



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**REDISEÑO DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO PROACTIVO DE MÁQUINAS EN
SKC MAQUINARIAS**

*PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN*

RODRIGO AMNER LÓPEZ SILVA

PROFESOR GUÍA
PATRICIO WOLFF ROJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
OSCAR BARROS VERA
EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC
FERNANDO HORMAZÁBAL NICOLÁS

SANTIAGO DE CHILE

2014

RESUMEN

El presente informe considera a la empresa matriz Sigdo Koppers como prestadora de servicios integrales a la minería e industria, sus definiciones estratégicas y su estructura corporativa y de negocios. Asimismo, se presenta al grupo de empresas SKC y a una de sus componentes (SKC Maquinarias), como objetos del estudio principal enfocándose en el área de Servicio Técnico y su relación clave y estratégica con el cliente.

Cabe mencionar que Sigdo Koppers ya tiene una posición estratégica como proveedor de servicios a la minería que quiere profundizar a partir de los innumerables proyectos de inversión que se están realizando en Chile y en la región y el constante crecimiento de esta industria.

El objetivo del proyecto es poder implementar una oferta inteligente a través de un servicio completo al cliente que permita dar un mantenimiento integral al parque de máquinas y unidades adquiridas, por lo que se incorporan herramientas tecnológicas que permiten, a partir de la interpretación de alarmas/fallas y su priorización, llevar a cabo servicios de mantenimiento proactivo, que reemplacen los servicios actuales de mantenimiento preventivo y correctivo. Estas alarmas/fallas son generadas directamente desde el software instalado en las distintas unidades de comando de cada una de las unidades en estudio y permiten, a partir de su interpretación y priorización, definir planes de acción inmediatas para cada una de éstas.

La metodología utilizada corresponde a la aplicación del Rediseño de los Procesos de Negocios basado en Patrones de Macroprocesos sustentada en herramientas tecnológicas, de manera de llevar a cabo el alineamiento estratégico respecto de los pilares fundamentales determinados por Sigdo Koppers como Proveedor Estratégico para la Minería y la Industria y permite acercarse a los fundamentos básicos determinados por SKC Maquinarias, como son los pilares de “Orientación a la Excelencia” y “Servicio al Cliente”. Todo lo anterior, se plasma en la incorporación de una “Oferta Inteligente de Mantenimiento Proactivo”, que encamina los primeros pasos hacia un posicionamiento estratégico de “Integración Total” con el Cliente.

La prueba de concepto llevada a cabo durante el 2014, generó un incremento promedio de las horas disponibles de casi un 5% para los equipos estudiados, respecto del último cuatrimestre del 2013, horas que van directamente a producción y que en términos de servicio cumplen con los objetivos trazados para el proyecto.

DEDICATORIA

A MIS HIJOS

PABLO, MAXIMILIANO Y CONSTANZA

QUE SON MI FUENTE INAGOTABLE DE INSPIRACIÓN Y AMOR

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, POR ESTAR SIEMPRE A MI LADO

A MIS HIJOS PABLO, MAXIMILIANO Y CONSTANZA, POR PERMITIRME
MOSTRARLES QUE SIEMPRE SE PUEDE SER MEJOR

A MIS PADRES, POR SER PARTE INTEGRANTE DE MIS ÉXITOS

A MI HERMANO CÉSAR, POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO

A ANA MARÍA Y LAURA, POR SU APOYO INCONDICIONAL

A DON OSCAR BARROS, PATRICIO WOLFF Y ALEJANDRO QUEZADA, POR SU
CONTINUA GUÍA

A JOHN PLAUT, POR INSTARME A ESTUDIAR

A JUAN EDUARDO CORTEZ Y CLAUDIO SALGADO, POR DARME ÁNIMO Y
AMISTAD EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES

A SKC, POR PERMITIRME EJECUTAR EL PROYECTO

A FERNANDO HORMAZABAL, NICOLÁS VERDI Y FELIPE GUZMÁN, POR CREER EN
LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

A MIS COMPAÑEROS DE MAGISTER, POR SER MIS AMIGOS A TODA PRUEBA

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO, POR APOYARME DIARIAMENTE

A CRISTALYS Y SONDA, POR AYUDARME A DESARROLLAR EL PROYECTO Y SER
PROVEEDORES CERCANOS

A DON CÉSAR LEIVA, LA SRA CRISTINA, IGNACIO, INA Y TODO EL PERSONAL
“DEL RÁPIDO”, POR SU ATENTO Y CONSTANTE APOYO

TABLA DE CONTENIDO

SIGDO KOPPERS.....	1
SK COMERCIAL.....	6
SKC MAQUINARIAS.....	11
SERVICIO TÉCNICO SKC MAQUINARIAS.....	13
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	19
MAPA ESTRATÉGICO DE SERVICIO TÉCNICO.....	39
POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	41
MODELO DE NEGOCIOS.....	43
ARQUITECTURA DE PROCESOS.....	44
VARIABLES DE DISEÑO.....	52
REDISEÑO DE PROCESOS.....	58
DETALLE DEL REDISEÑO.....	79
ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE APOYO.....	87
CASOS DE USO.....	88
DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	92
DIAGRAMA DE CLASES.....	96
CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	98

PROTOTIPO.....	105
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO – PRUEBA DE CONCEPTO.....	117
GENERALIZACIÓN DEL PROYECTO – FRAMEWORK.....	137
EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	147
GESTIÓN DEL CAMBIO.....	165
CONCLUSIONES.....	177
BIBLIOGRAFÍA.....	185
ANEXOS.....	186

SIGDO KOPPERS

Sigdo Koppers (SK) es uno de los más importantes grupos empresariales chilenos con trayectoria reconocida en ámbitos de la innovación y competencia, que ha logrado un crecimiento sostenido en su volumen de negocios gracias a la capacidad de identificación de oportunidades de inversión y desarrollo.

SK se organiza en tres áreas de negocios como son el Área de Servicios, el Área Industrial y el Área Comercial y Automotriz, contemplando cada una de éstas los siguientes aspectos:

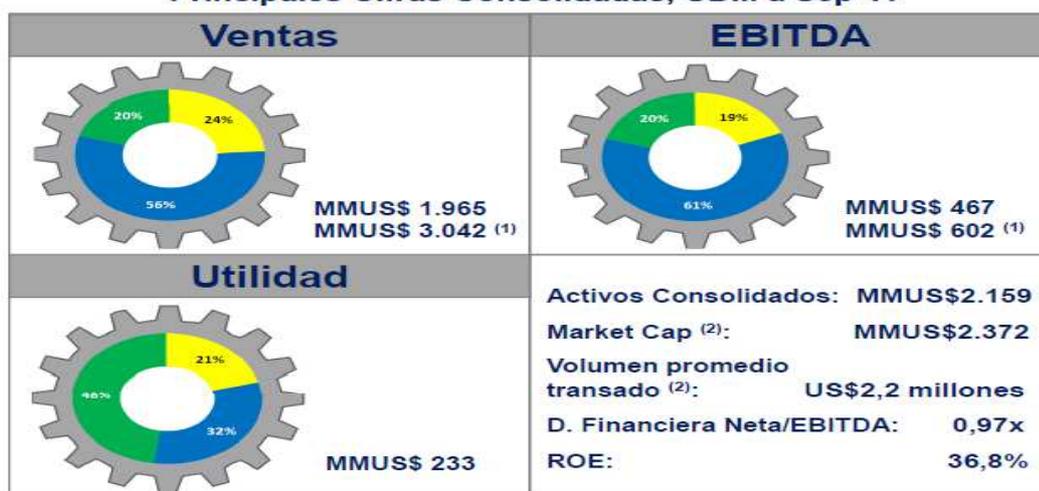
- Área de Servicios: se encuentran los negocios de construcción y montaje industrial, y de transporte y logística.
- Área Industrial: se encuentran las compañías de fragmentación de roca, producción y comercialización de bolas de molienda y piezas de desgaste para la minería e industria, además de la producción de películas plásticas de alta tecnología y del sector petroquímico.
- Área Comercial y Automotriz: se encuentran empresas de representación, distribución y arriendo de maquinaria y comercialización de automóviles.

La siguiente figura muestra las principales cifras financieras a Septiembre del 2011.



Sigdo Koppers S.A.

Principales Cifras Consolidadas, UDM a Sep-11



⁽¹⁾ Cifras agregadas incluyen SKBergé.

⁽²⁾ Al 22 de marzo de 2012

⁽³⁾ MMUS = US\$ millones

■ Servicios
 ■ Industrial
 ■ Comercial y Automotriz

Sigdo Koppers en la Industria Minera

La consolidación de SK como proveedor estratégico de la industria minera a partir del año 2010, se ha materializado a partir de una serie de transacciones comerciales e inversiones que la han consolidado con una fuerte posición de liderazgo tanto a nivel nacional como internacional. Con esto, SK pretende aprovechar el crecimiento dado por las oportunidades que representan las grandes inversiones que se realizarán en el rubro minero tanto en Chile como en el exterior.

Inversión Proyectada en Chile en Minería (Millones de US\$)

SECTOR	Anterior a 2011	2011	2012	2013	2014	2015	Posterior a 2015	Total	% Part.
1) Minería del Cobre (1.1 + 1.2 + 1.3)	3.331	5.721	6.012	7.951	7.064	7.312	16.955	54.346	81,2%
De los cuales:									
1.1) CODELCO	369	2.674	3.447	3.883	2.599	2.487	9.005	24.464	36,6%
1.2) Gran Minería Privada	2.932	3.010	2.355	3.718	4.300	4.790	7.950	29.055	43,4%
1.3) Mediana Minería	30	37	210	350	165	35	0	827	1,2%
2) Minería del Oro y Plata	715	675	1.150	2.010	1.975	2.150	1.150	9.825	14,7%
3) Minería del Hierro y Min. Industriales	316	740	900	245	138	120	260	2.719	4,1%
Inversión Total (1+2+3)	4.362	7.136	8.062	10.206	9.177	9.582	18.365	66.890	100,0%

Fuente: Elaborado en COCHILCO, con antecedentes de cada proyecto disponibles en fuentes públicas

Misión

“Contribuir al progreso de Chile, mediante la venta de los productos y servicios que presta la compañía, a través de sus empresas filiales o coligadas, entregando a nuestros clientes la más alta calidad, generando valor a nuestros accionistas y oportunidades de desarrollo a nuestra gente.”

Visión

“Ser reconocidos como la mejor empresa, en los diversos sectores en los que participamos y ser considerados como socio estratégico por nuestros clientes y proveedores, permitiéndonos crecer de manera continua y sostenible.”

Valores

- *Búsqueda de la excelencia en todo lo que hacemos.*
- *Compromiso permanente con nuestros clientes, sus valores y necesidades.*
- *Comportamientos éticos, justos y responsables con nuestros clientes, proveedores, colaboradores y la comunidad.*
- *Respeto irrestricto con nuestros colaboradores y/o asesores y sus familias.*
- *Compromiso con el desarrollo sostenido y sustentable, respetando y cumpliendo las normas medio ambientales.*
- *Compromiso permanente con la comunidad.*

Foco estratégico

El foco estratégico corresponde a ser un proveedor integral de productos y servicios para la Minería e Industria.

Creación de Valor

Sigdo Koppers opera apoyando fundamentalmente en 5 bases principales de creación de valor:

- *Visión Empresarial de Largo Plazo*
- *Desarrollo y expansión para ser un proveedor integral de productos y servicios para la Minería e Industria*
- *Liderazgo de mercado y tecnológico y presencia internacional*
- *Alianzas estratégicas con principales empresas de nivel mundial*
- *Explotación de Sinergias*

Estructura Corporativa

Las actividades de SK se organizan en tres áreas de desarrollo que agrupan empresas de la construcción y montaje industrial, transporte y logística, servicios de fragmentación de roca, producción de películas plásticas de alta tecnología, del sector petroquímico, y de representación, distribución y arriendo de maquinarias y comercialización de automóviles, según la figura siguiente.



La estructura corporativa de SK está diseñada en torno a las tres áreas de negocio, de forma de potenciar los conocimientos específicos de cada una de ellas:



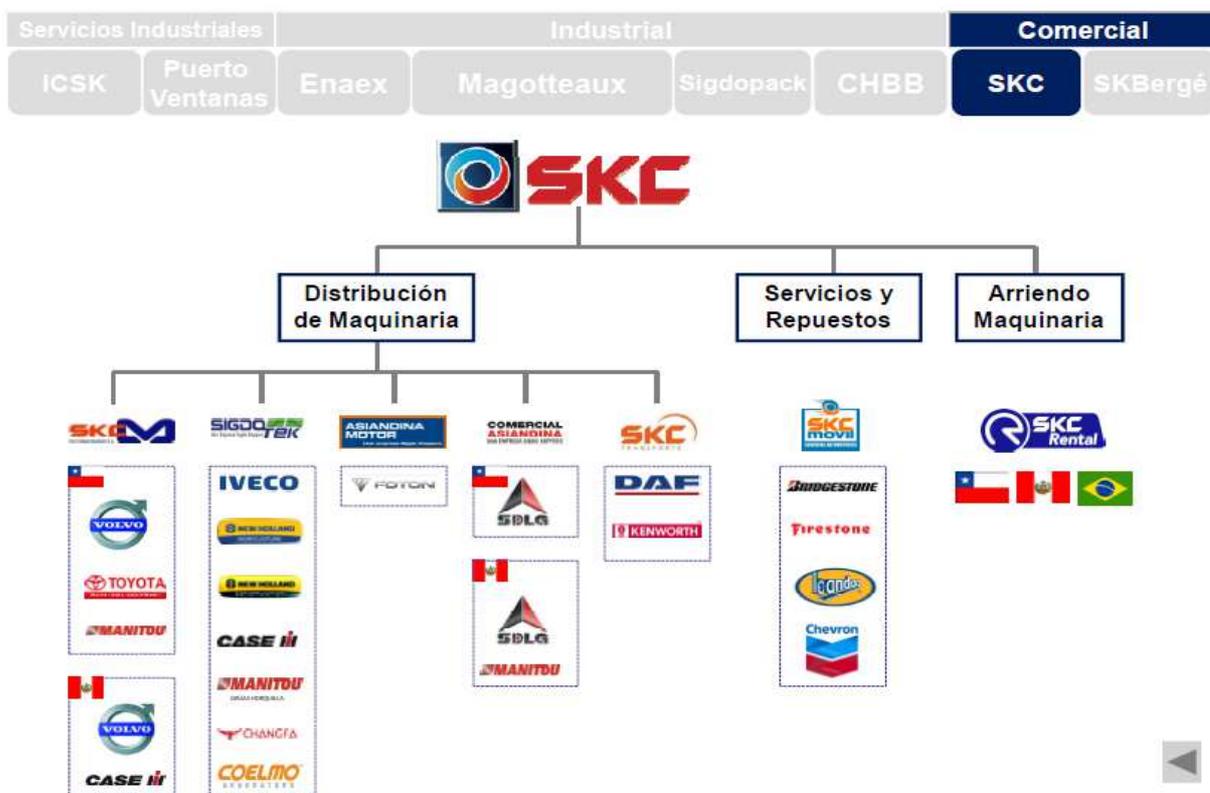
Foco estratégico en la minería

SK está presente en todas las etapas de la cadena de valor en la Minería, como es el Desarrollo, la Operación, el Proceso y la Venta y Logística. En cada una de éstas etapas, empresas del grupo SK tienen como objetivo ser líderes y apuntar, en su conjunto e individualmente al foco estratégico definido.



Dentro del área de negocios comercial y automotriz y enfocado en la operación respecto de la estratégica relación con la minería, se encuentra el grupo SK Comercial.

SK COMERCIAL



SK Comercial (SKC) cuenta con presencia en Chile, Perú y Brasil (Curitiba), entregando servicios integrales que incluyen, además de la venta y arriendo de equipos y maquinarias, asistencia de post venta, respaldo técnico, repuestos y capacitación de operadores y mecánicos.

Los principales clientes de SKC corresponden a actores importantes de las industrias de la minería, construcción, agricultura, forestal y transportes (terrestre y aéreo).

SKC y sus filiales especializadas, representan a reconocidas marcas, como Volvo Construction Equipment, Toyota Industrial Equipment, Manitou, Case, Iveco, New Holland Construction y New Holland Agriculture, además de camiones Foton, Neumáticos Bridgestone-Firestone y equipos SDLG. Además, durante febrero del año 2012, SK Comercial suscribió un acuerdo con la empresa norteamericana Paccar Inc., tercer mayor fabricante de camiones pesados del mundo, para representar en Chile a sus reconocidas marcas de camiones Kenworth y DAF, los cuales son distribuidos a través de la nueva filial SKC Transporte.

Filiales de SK Comercial

La estructura de SK Comercial está conformada por empresas diferenciadas de acuerdo a las áreas de negocios que desarrollan y marcas que comercializan, como son:

SKC Maquinarias S.A.: Con sucursales en todo Chile, representa las marcas Volvo Construction Equipment, Toyota Industrial Equipment y Manitou. Además, opera en Perú como representante de Volvo Construction Equipment y Case.

Sigdotek S.A.: Representa a importantes marcas de maquinarias, como Case Agriculture, New Holland Construction y New Holland Agriculture, Changfa, Manitou Grúas Horquillas e Iveco, las que distribuye en Chile a través de sus divisiones Agrícola, Construcción, Transportes, Repuestos y Servicio Técnico.

SKC Rental S.A.: Provee servicios de arriendo de equipos y maquinarias para los sectores minería, industrial, construcción y forestal. Posee un parque de maquinarias de más de US\$160 millones de equipos industriales y de movimiento de tierra de las más prestigiadas marcas a nivel mundial, los que son periódicamente renovados. En Chile, SKC Rental, es el líder en el mercado de arriendo de maquinaria y en Perú (donde replicó el exitoso modelo de negocio de SKC Rental Chile) se ha transformado en uno de los líderes, además de tener presencia en Brasil, donde comenzó sus operaciones durante el cuarto trimestre de 2010.

SKC Servicios Automotrices S.A.: Empresa especializada en servicios de mantención de automóviles, camionetas y camiones, posee una red de atención con talleres en las principales ciudades de Chile. Además posee la representación exclusiva de destacadas marcas de neumáticos y lubricantes como son Bridgestone-Firestone y Chevron.

Asiandina Motor S.A.: Creada en 2009, comercializa y distribuye la marca Foton, líder en el segmento de camiones livianos en China, su país de origen, con un 30% de participación de mercado.

Comercial Asiandina S.A.: Desde el año 2009 participa en el negocio de venta de maquinaria para los mercados minería, industrial, construcción y forestal, representando en Chile la marca de origen chino SDLG, y en Perú las marcas SDLG y Manitou.

SKC Transporte: Creada en febrero de 2012, comercializa en Chile las marcas de camiones Kenworth y DAF (Paccar Inc.).

Resultados SK Comercial 2011

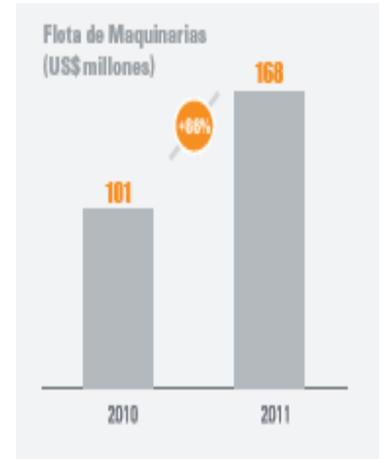
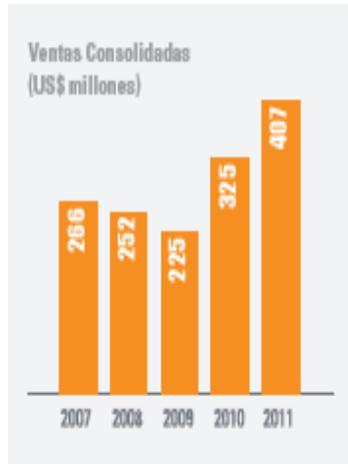
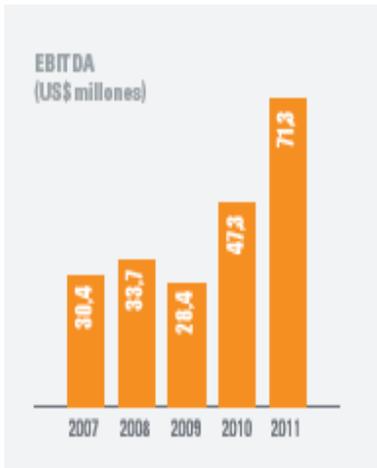
Los ingresos consolidados de SKC alcanzaron más de US\$400 millones durante el año 2011, incrementándose en más de un 25% respecto al ejercicio 2010. Este crecimiento, está dado en gran medida por los resultados obtenidos por las filiales de distribución de maquinaria, en particular SKC Maquinarias y Sigdotek, en línea con el aumento de importación de bienes de capital en Chile. Por su parte, los ingresos totales de las filiales de distribución de maquinaria en Perú (SKC Maquinarias y Comercial Asiandina) en conjunto mostraron un significativo crecimiento en los ingresos.

El EBITDA consolidado de SKC logró los US\$71 millones a diciembre de 2011, lo que representa un importante crecimiento de 37% respecto al año 2010. Este incremento operacional se explica principalmente por el buen desempeño operacional de las filiales de arriendo de maquinaria, donde SKC Rental Chile muestra un incremento de 44% en su EBITDA mientras que SKC Rental Perú aumentó su EBITDA un 61%.

Al 31 de diciembre de 2011 el margen EBITDA consolidado de SKC alcanzó un 17%, lo que refleja el alto crecimiento que ha tenido en los últimos años el negocio de arriendo de maquinaria, representado por mayores márgenes.

La utilidad neta de SKC alcanzó los US\$27 millones al 31 de diciembre de 2011, generando un crecimiento significativo del 37% respecto al año anterior. Este resultado se explica por el efecto combinado de un mayor dinamismo en la distribución de equipos y por el buen desempeño del área de arriendo de maquinaria.

Los siguientes gráficos, muestran la positiva evolución de los resultados de SKC en el tiempo, reflejada en el EBITDA, mayores Ventas Consolidadas y el aumento de la cantidad de Flota de Maquinarias.



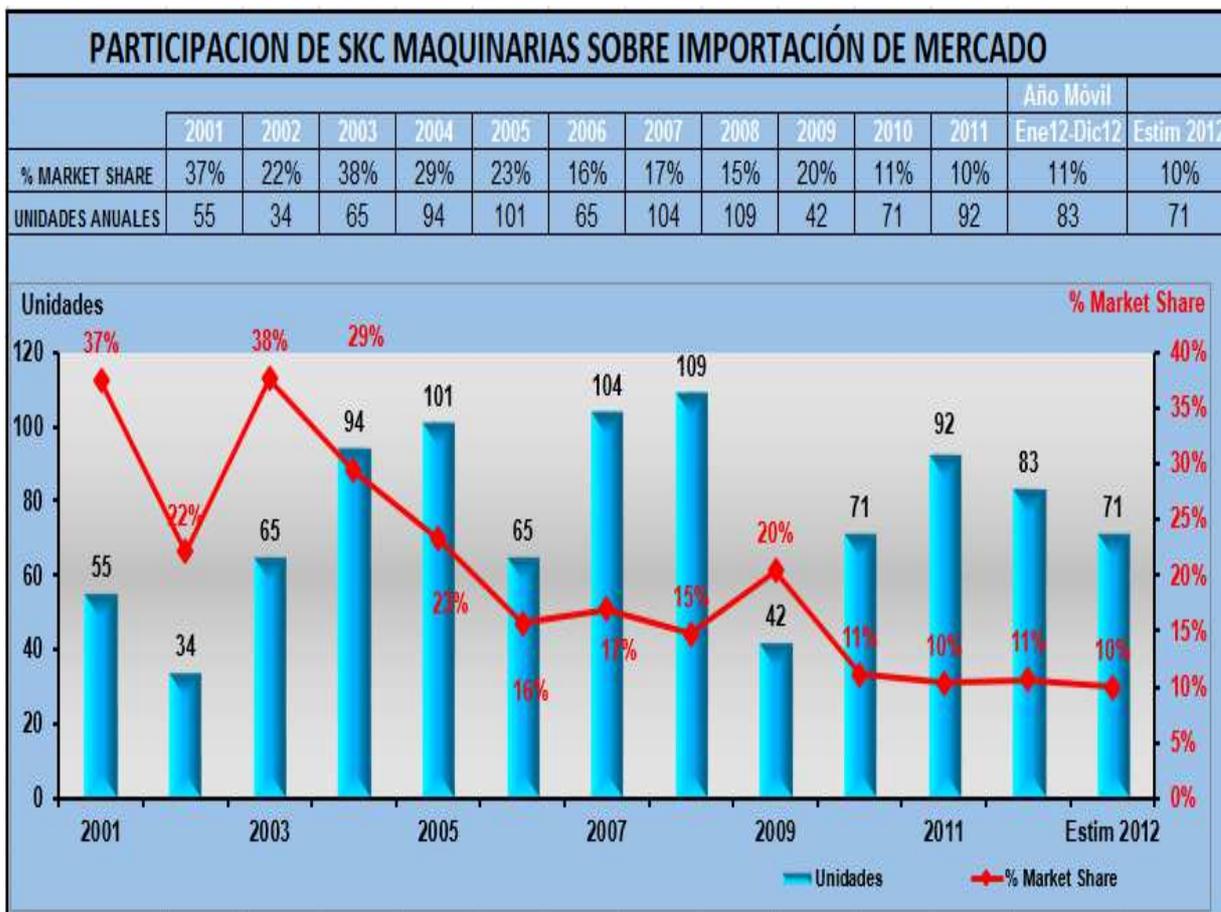
Resultados Memoria SKC 2011

Participación de Mercado

SK Maquinarias consiguió una participación de mercado de un 10 % en la línea de negocios “Big Line”, con una venta anual de mas de 200 unidades respecto los casi 1900 unidades del mercado considerado, tal cómo se refleja en la imagen siguiente.



Esta información, al compararla con los datos de los años anteriores que se muestran en la figura siguiente, muestra una caída considerable desde mas de un 30% hasta un 10% del año 2012.



Para el análisis de esta tesis, se considera a la Empresa SKC Maquinarias, dentro de la cual se analiza el área de Post-Venta, específicamente el proceso de Servicio Técnico y los procesos y metodologías actualmente en uso y que son presentadas al cliente final como de alta calidad y enfocada directamente en la productividad.

SKC MAQUINARIAS

SKC Maquinarias S.A. (SKCM) nació con la misión de brindar al mercado la más alta calidad y variedad en maquinaria especializada para las áreas de Minería, Construcción y Forestal e Industrial. La empresa importa y comercializa equipos de las más prestigiosas marcas de nivel mundial, entregando además, servicio técnico, repuestos e insumos en todas sus sucursales, garantizando la plena satisfacción de sus clientes a lo largo de todo el país.

Misión

"Representante de productos de alta calidad, en conjunto con un soporte confiable y a tiempo de manera de lograr completa satisfacción de parte del cliente junto a una adecuada rentabilidad para SKCM."

Visión

"Un equipo humano enfocado al mérito del producto y al mejor retorno de la inversión del cliente."

SKC Maquinarias S.A. distribuye marcas de clase mundial como Volvo (Equipos de Construcción, Minería y Forestal), Toyota (Equipos Industriales), Manitou (Equipos de Manipulación Todo Terreno) y Taylor (Equipo de gran tonelaje y Porta Contenedores), contando con el adecuado servicio técnico y una completa variedad de repuestos para cada máquina comercializada en todo Chile, asegurando los más altos niveles de tecnología y productividad.

- **VOLVO** : Excavadoras, Cargadores Frontales, Camiones Articulados, Motoniveladoras, Retroexcavadoras, Mini cargadores y Rodillos Compactadores.
- **TOYOTA** : Grúas Horquilla Eléctricas 4 ruedas, Grúas Horquilla Combustión, Grúas Horquilla Eléctricas 3 ruedas, Apiladores Eléctricos operador de pie, y Apiladores Eléctricos operador sentado.
- **MANITOU** : Grúas Horquilla Todo Terreno y Manipuladores Telescópicos.

SK Maquinarias está estructurada en torno a dos áreas determinadas, como son: Venta de Unidades y Post- Venta, las cuales se dividen a su vez en División MCF, División Compactos, División Industrial y División Usados en el primer caso y División Repuestos y División Servicio Técnico en el segundo.

Segmentación de Clientes

SKC Maquinarias ha dividido su estructura comercial de acuerdo a las marcas que representa, de modo que posee las líneas relacionadas a las marcas Volvo, Toyota y Manitou. Derivado de estas marcas se consideran las líneas de negocios de Equipos Mayores, Equipos Compactos, Equipos Industriales en los aspectos de Unidades y Repuestos y Servicio Técnico en los aspectos de Post-Venta, además de la línea de Equipos Usados.

Para efectos del mercado, el Tipo de Cliente objetivo está representado por:

- Contratista o Productor (Mandante), Local, Nacional o Internacional con flotas desde 2 hasta 100 unidades
- Empresas de Arriendo de Local, Nacional o Internacional con Flota Independiente o Distribuidor
- Gubernamentales Local, Regional, Nacional o Internacional enfocados en Ayuda, Rescate y Desarrollo

A nivel de Segmentos de mercado, el foco está en:

- Agricultura
- Minería
- Sector Energético
- Infraestructura Pesada
- Servicios Públicos
- Carreteras
- Edificación
- Reciclaje y residuos
- Forestal

SERVICIO TÉCNICO SKC MAQUINARIAS

Misión Servicio Técnico SKC Maquinarias

“Lograr, en nuestros clientes internos y externos, la mayor satisfacción posible con la experiencia de uso de los equipos, con las marcas representadas y con la marca SKC Maquinarias, sin ser una carga financiera para la empresa.”

A medida que se cumple la misión indicada se logrará:

- Ser el motor que impulsa la venta del “2do equipo” (Fidelización).
- Permitir que los márgenes de las ventas de las Áreas Comerciales y Repuestos contribuyan directamente al resultado de la empresa. (No reducir los resultados operacionales de la Empresa).
- Convertirse en un distribuidor atractivo para las marcas más importantes del mercado.

Visión Servicio Técnico SKC Maquinarias

“Contar con una Asistencia Técnica que vaya un paso delante de los requerimientos de nuestros Cliente y de los Talleres de Servicio. Entregando soluciones a problemas técnicos, capacitando y vigilando la calidad del servicio que prestamos.”

A partir de la visión se pretende:

- Establecer un Desarrollo Comercial en Servicio Técnico, agresivo, pero responsable, entregando paquetes de soluciones que permitan a nuestros clientes concentrarse en su propio negocio.
- Consolidar la eficiente Gestión de Talleres y Servicios, para convertirse en un ejemplo de manejo de talleres de Servicio Técnico de Maquinaria Pesada e Industrial.

La importancia de la Post Venta para SKC Maquinarias

Un servicio de post-venta de calidad es la herramienta que SKC Maquinarias utiliza para mantener a sus clientes satisfechos, entregándole niveles de excelencia que reafirman el compromiso como proveedores integrales y profundiza el nexo con el cliente para no terminar la relación con la venta final de la unidad, sino que hacerla perdurable en el tiempo.

La estrategia post-venta para SKC Maquinarias, permite mantener relaciones de largo plazo con los clientes, fortaleciendo los vínculos de confianza y cercanía, de modo que entregar servicios de calidad, que son indispensables para mantener permanentemente las relaciones comerciales. La post-venta ofrecida por SKC Maquinarias por lo tanto, es un servicio brindado directamente a los clientes entregándole una gama de repuestos originales y servicios de primer nivel, poniendo a sus profesionales y técnicos a disposición, de manera de continuar con el esfuerzo original de ventas mediante acciones posteriores, lo que en el rubro de las maquinarias es muy importante, ya que genera sinergias proveedor-cliente que asegura una relación comercial duradera. Así mismo, los clientes pueden contar con un soporte técnico confiable, rápido y seguro, además de mantener el valor de las unidades a través de la reposición de los repuestos originales necesarios para los equipos en mantenimiento y su vida útil posterior.

La relación de SKC Maquinarias con el cliente en este caso, se afianza mediante los servicios de post-venta, los que generan confiabilidad y apoyo, utilizando como pilares los factores de cobertura (a través de las sucursales antes mencionadas), el uso de repuestos originales y técnicos de primer nivel.

Las estrategias actuales de eficiencia en la post-venta, generan como resultado clientes satisfechos con las unidades adquiridas, por lo cual la política de negocios de SKC Maquinarias apunta a ofrecer a sus clientes las mayores facilidades para que su equipo tenga un óptimo funcionamiento a través del tiempo.

Soporte Técnico

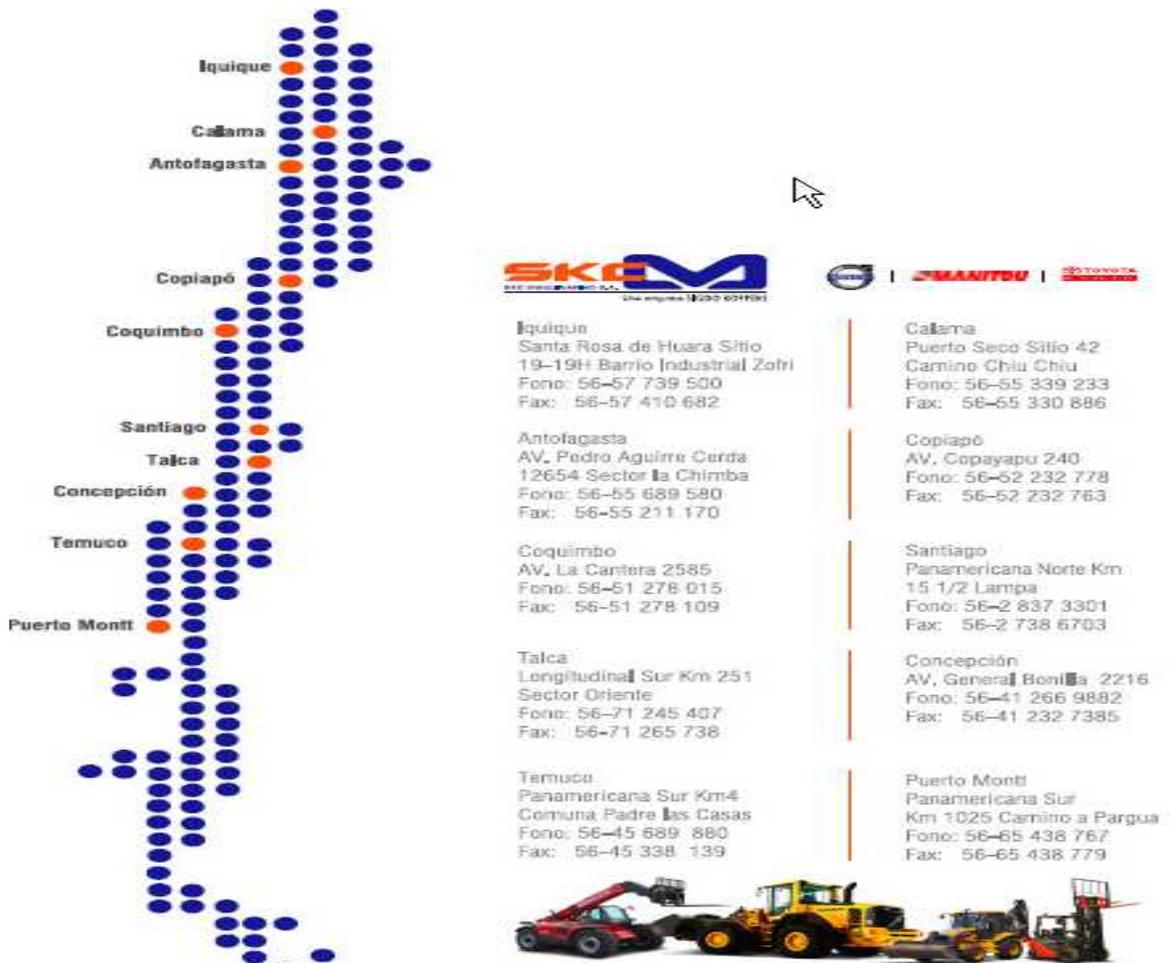
La asistencia de personal especializado de SKC Maquinarias, con habilidades técnicas y conocimiento de la maquinaria, es de total relevancia para los clientes, de modo que dicha asistencia debe comenzar desde el momento de instalación del equipo, reafirmando esto en caso de desperfectos, ya que se requiere un rápido servicio de reparación que marque la diferencia a la hora de mantener un cliente “contento” en el largo plazo, por lo que el tiempo de reparación de una máquina que genera pérdidas económicas por el tiempo inactivo y el servicio oportuno que pueda solucionar complicaciones en un breve espacio de tiempo, son de vital importancia.

Sucursales y Cobertura

La división de Servicio Técnico de SKC Maquinarias, cuenta con una red de sucursales a lo largo del país de manera de ofrecer un servicio efectivo y con el más alto estándar de calidad y profesionalismo, beneficiando al usuario con la máxima disponibilidad de servicio de sus unidades y a un mínimo costo.

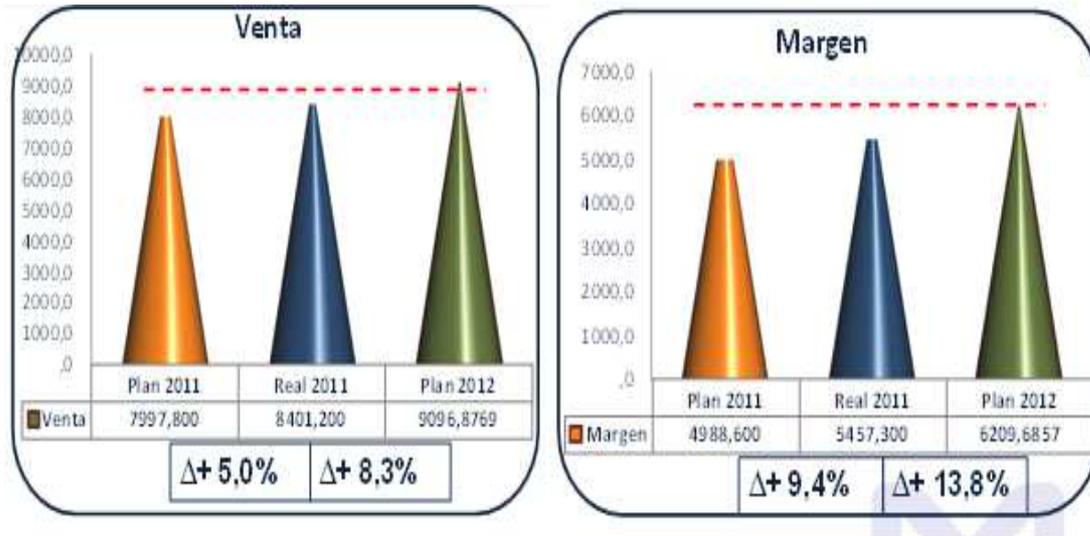
Mapa de Sucursales Servicio Técnico SKC Maquinarias

Como se muestra en la figura siguiente, SKC Maquinarias posee sucursales en las principales ciudades del país, lo que representa una ventaja en términos de la cobertura de servicios que SKC Maquinarias pretende ejercer.



Desempeño Servicio Técnico SKC Maquinarias

Las siguientes figuras representas el desempeño de Servicio Técnico SKC Maquinarias en el Desempeño año 2011, considerando márgenes y ventas acumuladas y el presupuesto en cada caso para el año 2012.



Resultados SKC Maquinarias 2011 y Plan 2012

Oferta Servicio Técnico SKC Maquinarias

La oferta de servicio técnico SKC Maquinarias contempla los aspectos correctivos y preventivos clásicos de los servicios de mantenimiento, los que se reflejan en el listado siguiente:

Servicios de Mantenimiento Preventiva

Servicio que cubre todas las mantenciones según el avance horario de los equipos, como son mantenciones de 250 h, 500 h, 1.000 h, 2.000 h., etc.

En este servicio se pueden incluir reportes del estado de los equipos, los que ayudan a su seguimiento constante y a la realización de las próximas mantenciones.

Servicio “Full Service”

Corresponde a las mantenciones y reparaciones preventivas totales de los equipos, donde los eventos de mantención están contemplados totalmente, pudiendo optarse además, por una garantía extendida de los componentes mayores.

Este servicio incluye, análisis de aceites y elementos de recambio tales como: motor diésel, bomba hidráulica, motor de partida, alternador y transmisión.

Como ventajas del servicio se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- Mantenciones programadas.
- Valores en U\$ por horas a un valor fijo mensual.
- Repuestos originales y con un amplio stock.
- Asistencia técnica constante por un personal de primer nivel.

Servicio de Inspección

Este tipo de contrato de servicios le permite la alternativa de mantener su propio equipo de técnicos, obteniendo la garantía de que se tendrán visitas fijas de un supervisor técnico de SKC Maquinarias quién le proporcionará información precisa del estado de sus equipos, evaluando la calidad de operación, mantención y funcionamiento.

El reporte gráfico y técnico que proporciona el supervisor será de gran ayuda para el buen funcionamiento y prolongación de la vida útil de sus equipos, pudiendo así pronosticar posibles fallas y programar las reparaciones correspondientes, aumentando así la disponibilidad de la inversión.

Beneficios del Servicio de Mantención

- *Repuestos originales.*
- *Mayor precio de reventa de sus equipos.*
- *Valores conocidos en sus costos de mantención.*
- *Respaldo constante de nuestras fábricas representadas.*

- *Asistencia técnica de primer nivel.*
- *Garantía extendida a los componentes mayores.*
- *Respaldo de más de 20 años de presencia en el mercado nacional.*
- *Mayor disponibilidad de sus equipos.*
- *Disponibilidad garantizada (servicio full service).*

Otros servicios asociados a los servicios de mantención son:

- *Análisis programado de aceite (SK-Check).*
- *Inspecciones técnicas.*
- *Recomendaciones de repuestos.*
- *Actualizaciones.*
- *Capacitación*
- *Garantía*

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

Servicio técnico, su importancia de cara al cliente.

El servicio técnico no es simplemente un servicio de reparación o mantenimiento, es la imagen de la empresa ante al cliente y el técnico es parte fundamental de esa imagen por su contacto directo con el cliente. Por eso, los técnicos que realizan este servicio han de tener pleno conocimiento de la importancia de su labor.

Una buena relación con el cliente, fomentada con información y comunicación, potenciará su confianza en la empresa, logrando la fidelización del cliente.

El técnico ha de resolver los problemas y de ser posible, anticiparse a ellos, detectar anomalías incluso antes de que el cliente tenga conocimiento de ellas y, lo más importante, dar soluciones no problemas. Además se ha de establecer una comunicación continua, preguntar al cliente por sus necesidades, ver si se le puede ayudar en algo más, hay que hacer ver al cliente que la empresa está para darle un servicio y ayudarle en todo lo posible.

Es normal también, el disponer de encuestas de satisfacción, ya que esto permite evaluar el grado de satisfacción del cliente con nuestra empresa, evaluar el desempeño del técnico, ver puntos de mejora y detectar nuevas necesidades del cliente.

El 40% de los clientes lo abandonará después de cometer dos errores en el servicio y el 59% cambiará de empresa para obtener un mejor servicio.

El riesgo de un mal servicio es la pérdida de clientes, por eso es muy importante que el técnico tenga pleno conocimiento de su labor, más allá de la parte técnica.

El negocio del mantenimiento en la Minería

El proyecto se encauza en la proyección de la inversión en el sector minero, que supera los 60.000 millones de dólares para los próximos años, llevando los niveles de producción de cobre a bordear los 7 millones de toneladas. Esta situación, dará al negocio minero una magnitud tal que

sólo el componente mantenimiento representará un negocio mayor al de sectores importantes en la economía nacional como los asociados al vino, salmones o celulosa.

Costos de Mantenimiento Minería:

- Expertos indican que el mantenimiento representa un 60% de los costos totales de la industria, mientras que otras más conservadoras hablan de un valor en torno al 25%, lo que refleja la alta variabilidad en las estructuras productivas de la industria y el papel del mantenimiento en ellas.
- Los costos de la minería constituyen un negocio casi tan importante como la industria en sí misma.
- Gasto en mantenimiento del orden de 30% del costo total, lo que equivale a US\$ 5.946 millones el año 2010 o 3% del PIB nacional.
- Para la gran minería del cobre el mantenimiento representa aproximadamente el 31%, para la mediana minería representaría en torno al 22%

Estrategia de Mantenimiento

En la industria actual, en la que los procesos tienen alta injerencia, los directivos tienen como objetivo central, la reducción de los costos de producción por lo que hacen grandes esfuerzos en ese sentido, sin embargo casi un tercio de los costos de mantenimiento se desperdician. Esta paradoja es observada en muchas empresas dedicadas a la producción, por lo que SKC Maquinarias considera que ese factor, puede ser aprovechado para mejorar el nivel de gastos actuales de los clientes al ofrecerles una estrategia de mantenimiento enfocada en la confiabilidad, manteniendo los niveles de servicio del parque de máquinas, su funcionalidad y productividad, a través de la generación de acciones de mantenimiento proactivo.

En muchas industrias, el costo de mantenimiento representa alrededor de un 14% del costo de los bienes vendidos, por lo que el disminuir esos valores lo hace claramente un objetivo relevante, considerando su representatividad en término de valores y la posibilidad de ser controlable en término de estrategias de mantenimiento, por lo que la optimización del retorno de inversión sobre el mantenimiento es ahora una estrategia clave para los equipos.

Tal como se introdujo el concepto de estrategia de mantenimiento que permita disminuir los costos de producción de los clientes, vamos a revisar por qué se debe considerar esta estrategia y que impacto tiene en el negocio del mantenimiento.

En primera instancia, vemos que sin una estrategia de mantenimiento bien definida, en la operación se pueden ver los siguientes patrones:

- *Las fallas de equipo provocan pérdida de producción y costosas reparaciones.*
- *Las fallas de equipo suceden una y otra vez.*
- *Los programas de mantenimiento son los mismos para todo el equipo similar, sin importar la aplicación o el impacto económico.*
- *No existen estándares o mejores prácticas.*

Una estrategia de mantenimiento apunta a mejorar estos aspectos y puede aplicarse a estos patrones, de manera de mejorar el proceso y reducir los costos, de tal forma que una buena estrategia de mantenimiento puede ser tan importante para los resultados de la empresa como su programa de calidad.

Las estrategias de mantenimiento se construyen con base en uno o más de cuatro enfoques básicos existentes para mantenimiento.

- *Reactivo*
- *Preventivo*
- *Predictivo*
- *Proactivo*

Mantenimiento Reactivo

En términos de mantenimiento, el concepto de "*que funcione hasta que falle*" o reactivo, corresponde al enfoque más antiguo, en donde el equipo no se repara o reemplaza hasta el momento que falla. Pero al utilizar este enfoque de mantenimiento, las empresas tienen las siguientes consecuencias:

- *Costosos tiempo muertos, ya que el equipo falla casi sin advertencia, por lo que el proceso puede estar detenido hasta que se solucione la falla, resultando en menor operación y pérdida de ingresos.*
- *Mayores costos de mantenimiento, por fallas no esperadas que pueden incrementar los costos de mano de obra por tiempo extra de trabajo y servicios adicionales, así como mayores costos por entregas apresuradas de las partes de reemplazo.*
- *Peligros de seguridad, por fallas sin advertencia que podrían generar problemas con el equipo en falla o con otras unidades afectadas.*

El mantenimiento reactivo puede ser adecuado en algunas circunstancias, tales como equipos no críticos o de bajo costo, sin riesgo de daño colateral o pérdida de producción, ya que tiene poco sentido cambiar un foco antes de que se funda por ejemplo, sin embargo es importante asegurarse de que una falla no creará una reacción en cadena hacia un equipo o funcionalidad más crítica.

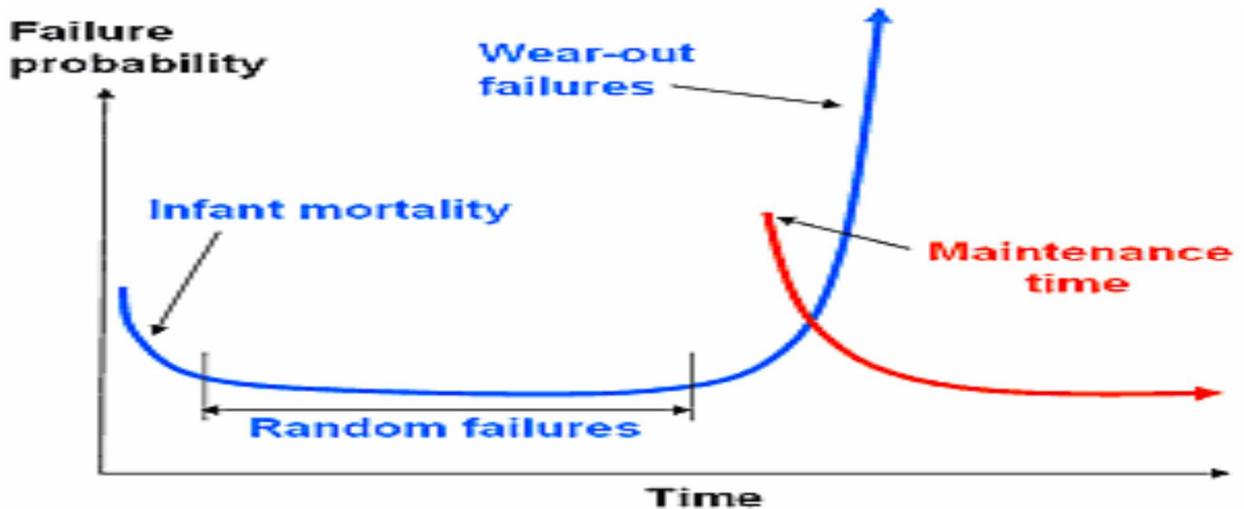
Para este tipo de mantenimiento, SKC Maquinarias tiene una oferta que permite dar servicios a los equipos que han tenido algún desperfecto, de manera de solucionar prontamente las fallas detectadas, llevándolos prontamente a operación.

Mantenimiento preventivo

El enfoque de mantenimiento preventivo se conoce como mantenimiento basado en tiempo o planificado. La finalidad de este enfoque de mantenimiento es mantener el equipo en una buena condición operativa, por lo que el servicio seleccionado y el reemplazo de partes se programan de acuerdo a un intervalo de tiempo para cada dispositivo (aunque éste no lo necesite).

Mientras que este enfoque puede revelar posibles problemas, la mayoría de las revisiones son innecesarias porque se realizan en sistemas y equipos que está en buen estado.

La siguiente curva muestra cómo el mantenimiento preventivo aplica al ciclo equipo-falla.



El ciclo de equipo-falla comienza típicamente con una alta probabilidad de fallas prematuras que resultan de errores de fábrica o de instalación. Posteriormente, la probabilidad de fallas se mantiene constante hasta que el equipo se comienza a desgastar.

El mantenimiento preventivo como enfoque de mantenimiento y considerando las características del ciclo de equipo-falla, se programa o planifica para que se ejecute antes de que la probabilidad de falla se incremente significativamente, de modo que el programa de mantenimiento rara vez es óptimo, ya que típicamente, el mantenimiento preventivo planeado se lleva a cabo demasiado pronto, lo cual incrementa los costos y disminuye la fiabilidad (el ciclo de falla comienza de nuevo con un mayor índice debido a errores de mantenimiento), o bien, el mantenimiento preventivo viene demasiado tarde, lo cual incrementa el riesgo de fallas por desgaste.

Para programar el mantenimiento correctamente, se necesita conocer la condición real del equipo y ser capaz de predecir cuándo ocurrirá la falla, de modo que esta condición de mantenimiento en base a algún indicador como es tiempo, kilómetros, horas de uso, etc. se vuelven ineficientes.

Cabe destacar que por requerimientos de garantía de fábrica, las unidades deben tener los ciclos de mantenimiento preventivo, pero el proyecto permite demostrar que el mantenimiento

proactivo como enfoque definido por SKC Maquinarias, permitiría generar más horas de producción al cliente final y mayor tiempo de duración de las máquinas, generando mayores ingresos para la compañía a través de una oferta que contenga estos mayores beneficios del cliente.

Entre las desventajas de depender sólo del enfoque preventivo se incluye:

- *Desperdicio*
Esto implica que hay grandes posibilidades de que el equipo o componente se reemplace mientras aun tengan tiempo de vida útil.
- *Costos de inventario*
Para administrar los servicios de mantenimiento preventivo, se debe contar con un mayor nivel de inventario del requerido sólo para soportar los programas de mantenimiento.
- *El desgaste depende del uso*
En aplicaciones de desgaste ligero, el equipo o unidad puede recibir mantenimiento excesivo e inclusive innecesario. Pero en aplicaciones de desgaste severo, el equipo o unidad puede no recibir mantenimiento suficiente.

Estas consideraciones son muy importantes, ya que el enfoque de mantenimiento preventivo considera pautas idénticas por modelo, sucediendo que para equipos idénticos con diferentes usos, se requieren diferentes intervalos de mantenimiento.

Dado que las prácticas preventivas son parte importante de la estrategia de mantenimiento de SKC Maquinarias, existe la necesidad de incluir también mantenimiento proactivo, entendiendo que las horas adicionales de disponibilidad de máquina, harán más productiva la unidad. El proyecto, permite identificar ventajas del mantenimiento proactivo en la estrategia de mantenimiento de SKC Maquinarias, que permiten mejorar la relación con el cliente y determinar mayores retornos por el hecho de modificar la forma de entregar el servicio, desde ciclos planificados o preventivos, a análisis más profundos sobre los modos de falla y sus causas, generando en definitiva mayor confiabilidad en la operación.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo determina, a través de la condición del equipo, la necesidad de servicio requerido, dejando de lado los intervalos de tiempo que propone el mantenimiento preventivo, de modo que el monitoreo o supervisión en línea de la condición, permite identificar cuándo el riesgo de desgaste comienza a aumentar y predecir cuándo la probabilidad de falla sea riesgosa.

Este enfoque permite ahorrar tiempo y recursos financieros debido a que permite corregir el problema antes de que el equipo realmente falle, lo que permite evitar costos por tiempos muertos y por reparaciones causadas por fallas inesperadas, así como los costos y pérdida de producción causados por mantenimiento preventivo innecesario.

El enfoque avanzado de mantenimiento predictivo permite frecuentemente modificar la definición de una falla, ya que tradicionalmente una falla se define como el punto donde el equipo se descompone y ya no está disponible para la producción. El cambio de enfoque, permite considerar una definición diferente que corresponde a que el equipo ya no puede producir la calidad adecuada a la tasa adecuada de producción y al costo adecuado. En este punto, la unidad está perdiendo rentabilidad y se debe considerar el mantenimiento.

Mantenimiento proactivo

Mientras que el mantenimiento predictivo usa monitoreo de condición en línea para ayudar a predecir cuándo ocurrirá una falla, no siempre identifica la causa raíz de la falla. En este esquema es donde el mantenimiento proactivo toma relevancia, ya que considera esta variable para complementar la información predictiva, identificado las causas y aislando la fuente de la falla.

Como ejemplo, se considera el caso de una bomba que tiene constantes fallas en sus rodamientos. Para este caso, el programa de monitoreo de condición o enfoque predictivo permite aplicar sensores de vibración a los rodamientos, monitorear la temperatura de los rodamientos y realizar análisis periódico del aceite lubricante, con lo que se tendrá una visión clara de cuándo ocurrirá una falla, pero no indica el porqué está fallando.

El enfoque de mantenimiento proactivo entonces, agrega alineación por láser y balanceo de equipo durante la instalación para reducir la tensión en los rodamientos, baja los índices de falla y extiende la vida de los rodamientos. Pero además, considera el paso siguiente encontrando las fuentes de falla (*revisar el procedimiento de limpieza pre ensamble por contaminación del componente*).

Al determinar la causa raíz y actuar para eliminarla, se prolonga la vida del equipo y además se eliminan fallas aparentemente aleatorias, evitado de esta manera reparar el mismo equipo por el mismo problema una y otra vez.

El mantenimiento proactivo incorporado por este proyecto para SKC Maquinarias, considera el monitoreo en línea de los componentes de las unidades en estudio a partir de sensores residentes en los distintos sistemas y subsistemas de las máquinas Volvo, las que son transmitidas directamente al sistema SK Signos desarrollado internamente, que ya considera la metodología de mantenimiento proactivo y donde se analizaron las probables causas de falla para cada evento, entregando inmediatamente la recomendación de servicio determinada, generando beneficios directos al cliente por las horas de producción adicionales.

Escogiendo una estrategia

Las estrategias de mantenimiento corporativas en general combinan más de una estrategia y en el caso de SKC Maquinarias por ser representante de la marca Volvo, debe considerar las pautas de mantenimiento para efectos de garantía. Pero el sentido de incorporar el mantenimiento proactivo (la tecnología, los procesos de negocios y la administración se incorporan en el proyecto para implementación), permite verificar las ventajas de asumir este enfoque respecto del preventivo o posterior a los plazos de garantía, usarlo directamente para aumentar la productividad y vida útil de las unidades.

Otro factor que se considera para la definición de la estrategia o enfoque y que se considera en el proyecto de tesis, tiene que ver con el costo y criticidad de las máquinas en estudio, ya que mientras estos aspectos sean más críticos o costosos, el potencial de daño será mayor, por lo que el enfoque proactivo en base a una estrategia de confiabilidad, permite dar mayor seguridad a la operación y por consiguiente, mayores beneficios.

Ventajas del Mantenimiento Proactivo

Un programa de mantenimiento proactivo exitoso, gradualmente eliminará los problemas de la máquina a través de un periodo de tiempo, lo que resultará en una prolongación importante de la vida útil de la máquina, una reducción del tiempo de inmovilización y una capacidad de producción extendida.

Una de las mejoras características de la metodología, es que sus técnicas son extensiones naturales de las que se usan en un programa predictivo y se pueden agregar a los programas existentes de mantenimiento.

El día de hoy es necesaria una política de mantenimiento equilibrada que incluya el uso apropiado de métodos preventivos, predictivos y proactivos.

Estos elementos no son independientes pero deben ser partes integrantes de un programa de mantenimiento unificado.

- *Capacidad de producción extendida*
- *Prolongación importante de la vida útil de la máquina*
- *Reducción del tiempo de inmovilización*
- *Confiabilidad*

Análisis comparativo RCM – TPM

Estrategia TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total)

TPM nació en Japón debido a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), para generar un sistema destinado a hacer factible la producción “Just in Time”, que tiene como objetivos principales, la eliminación sistemática de desperdicios.

Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista y sus objetivos fundamentales son:

- *Satisfacción del cliente*

- *Dominio de los procesos y sistemas de producción*
- *Integración con las personas a través del mantenimiento autónomo y el aprendizaje*
- *Mejora continua*

Y las bases fundamentales en las que se basa para su implementación son:

- *Mejoras Enfocadas - Kobetsu Kaizen*
- *Mantenimiento Autónomo - Jishu Hozen.*
- *Mantenimiento Planificado*
- *Mantenimiento de la Calidad - Hinshitsu Hozen*
- *Mantenimiento Temprano - Prevención del Mantenimiento*
- *Mantenimiento de las Áreas Administrativas*
- *Entrenamiento, Educación, Capacitación y Crecimiento*
- *Seguridad, Higiene y Medio Ambiente*

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

RCM es uno de los procesos o enfoques de mantenimiento desarrollados por la industria aeronáutica durante la década de los 60 y 70 con el objetivo de ayudar a las personas en la determinación de las políticas para optimizar las funciones de los activos físicos y administrar de mejor manera, las consecuencias de sus fallas.

El Mantenimiento RCM pone énfasis tanto en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas y causas de las mismas, mediante:

- *Integración de una causa de falla operacional con evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente, considerando ambos aspectos al momento de tomar decisiones de mantenimiento.*
- *Atendiendo las tareas de mantenimiento que tienen más incidencia en el funcionamiento y desempeño de las unidades, de manera de asegurar que la inversión en mantenimiento se realiza en donde va a generar mayores beneficios.*

Objetivos del RCM en SKC Maquinarias

El objetivo principal de RCM es reducir el costo de mantenimiento para aumentar las horas de producción de las unidades, enfocándose en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando acciones de mantenimiento que no son necesarias. De esta manera, se reemplazan las tareas de mantenimiento preventivo por uno de tipo proactivo, lo que permite optimizar los servicios entregados por SKC Maquinarias, tendiendo a proveer al cliente mayor vida útil de los activos y más productividad.

Este proceso paulatino, permite determinar las mejores opciones de servicio al cliente, de manera de entregar una mejor y más eficiente oferta.

Ventajas del RCM

Las ventajas que presenta la estrategia de mantenimiento RCM y que SKC Maquinarias considera para tomarlo e implementarlo como parte del proyecto de mejoramiento de la entrega de servicio al cliente son las siguientes:

- *RCM disminuye el mantenimiento rutinario ya existente en las empresas entre un 40% hasta un 70%.*
- *RCM permite identificar las causas de las fallas, además de las fallas mismas, de manera que se puede solucionar un problema de raíz antes que estar resolviendo sólo las consecuencias.*
- *RCM posee un lenguaje técnico común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.*

Ventaja del TPM Mantenimiento Productivo Total

Cómo ventajas relacionadas con la estrategia TPM, se pueden mencionar:

- *El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa.*
- *El personal tiene la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.*
- *Se ejecuta un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar desde uno hasta varios años.*
- *Hay lugar para el cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.*

Comparando ambas estrategias de mantenimiento (RCM y TPM), se puede determinar que ambas tácticas tienen ciertas bases relacionadas, mejorando las posiciones más tradicionales del mantenimiento preventivo, pero en definitiva SKC Maquinarias considera en primer lugar el RCM en base a las siguientes consideraciones:

- *El TPM busca devolver el equipo su estado funcional, mientras que el RCM erradica o controla las fallas.*
- *El TPM considera al operario y al personal en los servicios de mantenimiento, pero dado que las máquinas en estudio ya tienen incorporados todos los sensores que identifican fallas y modos de falla, es mucho más especializado el análisis técnico de los eventos obtenidos, que representan un estado real de parámetros definidos mucho más adecuado a los servicios y oferta que SKC Maquinarias quiere entregar, aumentando la eficiencia y mejorando el estándar de servicios entregados.*
- *El TPM mejora las habilidades del equipo de trabajo, mientras que el RCM además de considerar al equipo de trabajo y al personal técnico, determina en dónde debe hacerse la*

mejora a través del reconocimiento de la falla y del modo de falla, yendo en definitiva al origen del problema.

- *El TPM aumenta el mantenimiento preventivo y el RCM intensifica el mantenimiento predictivo, es decir, mejora las prácticas proactivas, aumentando el tiempo útil de producción. Este aspecto es clave para SKC Maquinarias, para entregarlo como un factor de negocio que aumente la eficiencia de la operación y genera mayores retornos para el cliente.*

El aspecto del RCM que representa la herramienta clave de éxito es la tecnología que permite reconocer los datos de fallas y modos de falla para presentar mejoras considerables en la eficiencia de uso de las unidades consideradas en el proyecto.

Metodología RCM

Dado que la metodología RCM, considerando sus características y ventajas para determinar las acciones a ejecutar, es la que encaja de mejor manera para representar la mejora en servicios que SKC Maquinarias considera como estrategia, se muestra a continuación el detalle de los aspectos representativos que determinan su metodología y su filosofía conceptual.

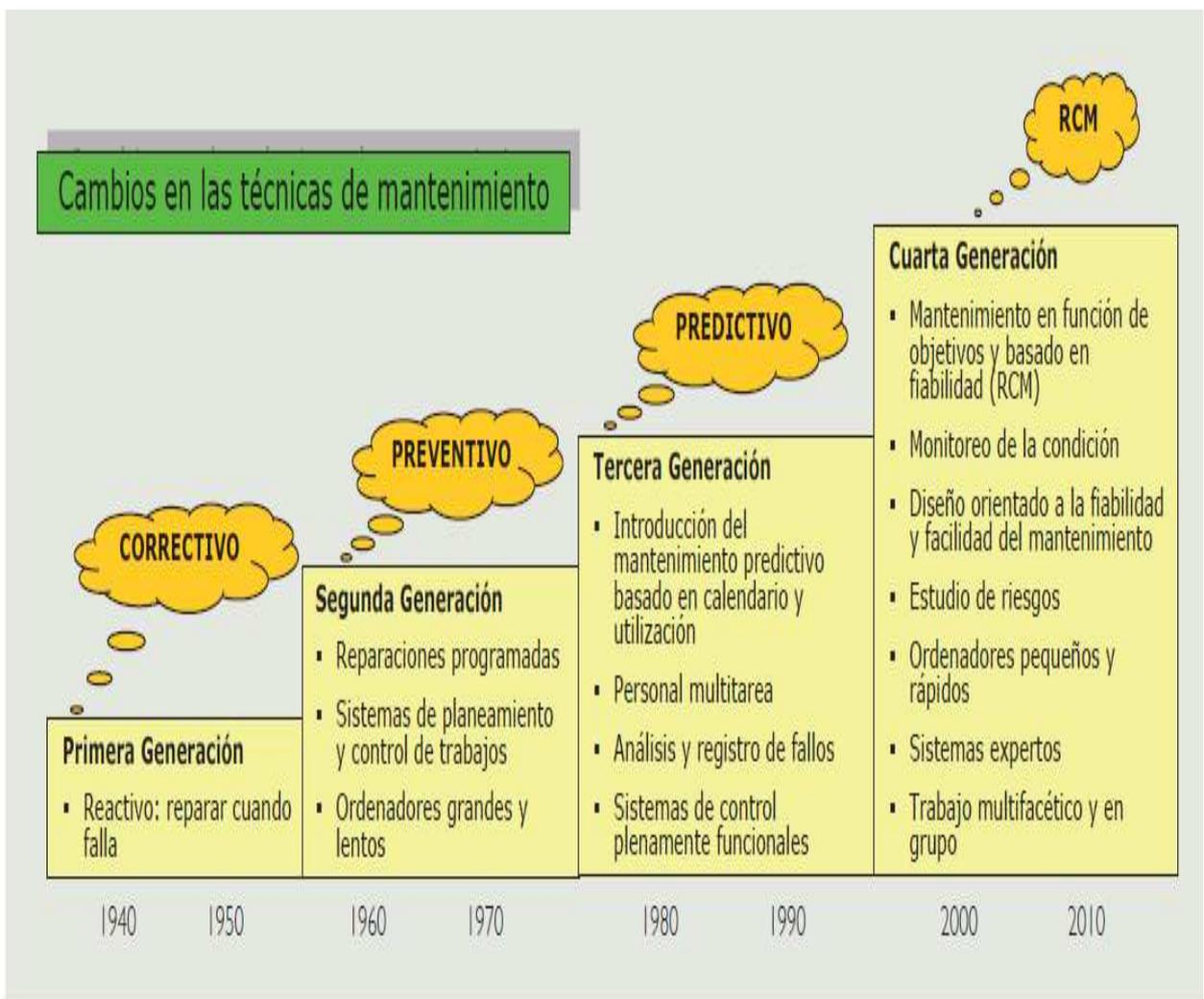
Es importante mencionar que RCM se complementa con la capacidad que tienen las unidades en estudio de incorporar la lectura en línea de las alarmas y fallas a través de los sensores incorporados, de manera de determinar a partir del esquema de aplicación, las acciones a ejecutar (a través de un árbol de decisión conceptual para cada alarma/falla) y las priorizaciones de las fallas que se generan a partir de la determinación de la criticidad de éstas.

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Las señales obtenidas desde las unidades, se obtienen a través de la comunicación de Caretrack (Sistema Telemático de Volvo) a través de una API, que genera automáticamente la información al sistema propio SK Signos, en donde se implementa las lógicas de negocio de generación de servicios de mantenimiento y priorización de fallas, propias de la metodología RCM.

Antecedentes RCM

En la década de 1950, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si tuviéramos hoy esa tasa de accidentabilidad, se estaría oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (considerando aviones de 100 pasajeros o más). De los accidentes registrados en esos tiempos, dos tercios eran causados por fallas en los equipos, lo que implicaba que al menos inicialmente y debido a la alta tasa de fallas, el enfoque debía centrarse en la seguridad de los equipos.



Como es algo normal, todos esperaban que las partes importantes se gastaran después de cierto tiempo de uso, por lo que la deducción lógica los condujo a creer que las reparaciones periódicas mejorarían el rendimiento de las piezas, lo que llevaría como conclusión que se podrían prevenir fallas. Por esos días, el mantenimiento sólo significaba Reparaciones Periódicas.

Como este tipo de mantenimiento no funcionó en la realidad, ya que los porcentajes de falla no se reducían, sino que por el contrario aumentaban, se tomó un nuevo camino que llevó al mantenimiento hacia un nuevo destino, el RCM.

A principios de 1960 y desarrollado por la Industria de la Aviación Civil Norteamericana, el RCM nace cuando las aerolíneas comprendieron que muchas de sus filosofías de mantenimiento eran no sólo costosas sino también altamente peligrosas. Lo que inspiró a la industria a sumarse a una serie de “Grupos de Dirección de Mantenimiento” (Maintenance Steering Groups - MSG) para reevaluar todo lo que estaban haciendo para mantener sus aeronaves operando. Estos grupos estaban formados por representantes de los fabricantes de aeronaves, las aerolíneas y la FAA (Fuerza Área Americana).

De todos estos análisis y de la historia de las transformaciones en la aviación comercial, se llegó a procesos analíticos y sistemáticos de mantenimiento que hizo de la aviación, la forma más segura para viajar”.

El resultado de incorporar esta metodología y tal como se mencionó anteriormente, derivó en el concepto ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar, lo que se representa en que los vuelos comerciales sufren menos de dos accidentes por millón, esto es, un accidente cada 3 semanas en el mundo, de los que las fallas de equipos representan cerca de 1/6.

La consecuencia de este proceso de revisión durante los años 60 y 70, derivó en la finalidad de determinar políticas de mejoramiento de las funciones de los activos físicos para manejar las consecuencias de sus fallas, teniendo como la consecuencia más efectiva, la metodología RCM.

Lo anterior llevó a que en los 70, el gobierno de los Estados Unidos quiso saber más acerca de la filosofía de mantenimiento de aeronaves, solicitando un estudio sobre el tema y sobre la injerencia en la industria aérea. El reporte indicado fue solicitado a Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines, quienes titularon su informe como “Reliability Centered Maintenance o RCM”

(Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o MCC), el que fue publicado en 1978 y sigue siendo aún, uno de los documentos más importantes en la historia del manejo de los activos físicos.

El Departamento de Defensa de Estados Unidos aprendió que la aviación comercial había encontrado un enfoque revolucionario para programar el mantenimiento y buscó beneficiarse de ésta experiencia, de modo que Nowlan y Heap fueron comisionados para escribir su versión del libro para el Departamento de Defensa, el cual estaba viendo en la aviación comercial formas para hacer menos costosos sus planes de mantenimiento. Una vez que el Departamento de Defensa publicó el libro de Nowlan y Heap, el ejército americano se propuso desarrollar procesos RCM para su propio uso: uno para el ejército, uno para la fuerza aérea, y otro para la armada.

Al mismo tiempo, otros especialistas en la formulación de estrategias se interesaron en la aplicación del RCM en industrias diferentes a la aviación. Dentro de éstos, el principal fue John Moubray y sus asociados, que trabajaron inicialmente con el RCM en industrias mineras y de manufactura en Sudáfrica bajo la asesoría de Stan Nowlan, y luego se ubicaron en el Reino Unido. Desde allí, sus actividades se han expandido para cubrir la aplicación del RCM en casi todos los campos del esfuerzo humano organizado, abarcando más de 42 países.

Cabe señalar, que a pesar que la aplicación de la metodología RCM, no parece contener lógicas complejas para su implementación, su incorporación, junto a un conjunto de sistemas que soportan lógicas de negocios consistentes, son una solución real frente a problemas complejos derivados del mantenimiento de máquinas, equipos, plantas de producción, etc. que se reflejan en aumentos de productividad y vida útil.

Información histórica

El contexto en el que se desarrolla el proyecto, tiene que ver con que no existe información histórica registrada en bases de datos que permitan desarrollar modelos matemáticos que generen acciones en base a la información registrada, de modo que el análisis de criticidad desarrollado en base a las consecuencias y frecuencias que podrían haber sido determinadas fácilmente desde algún repositorio de información, no fue posible.

En este caso, el registro de datos para la obtención de probabilidades y consecuencias, fue obtenido de información recabada con los expertos de SKC Maquinarias y de información de

fábrica, que fue asignada a cada modo de fallas y por el cual se priorizan las actividades de mantenimiento.

Cabe mencionar que la información del proyecto se está acumulando en base a todas las señales obtenidas directamente desde las máquinas, para generar los valores reales de la matriz de criticidad automáticamente.

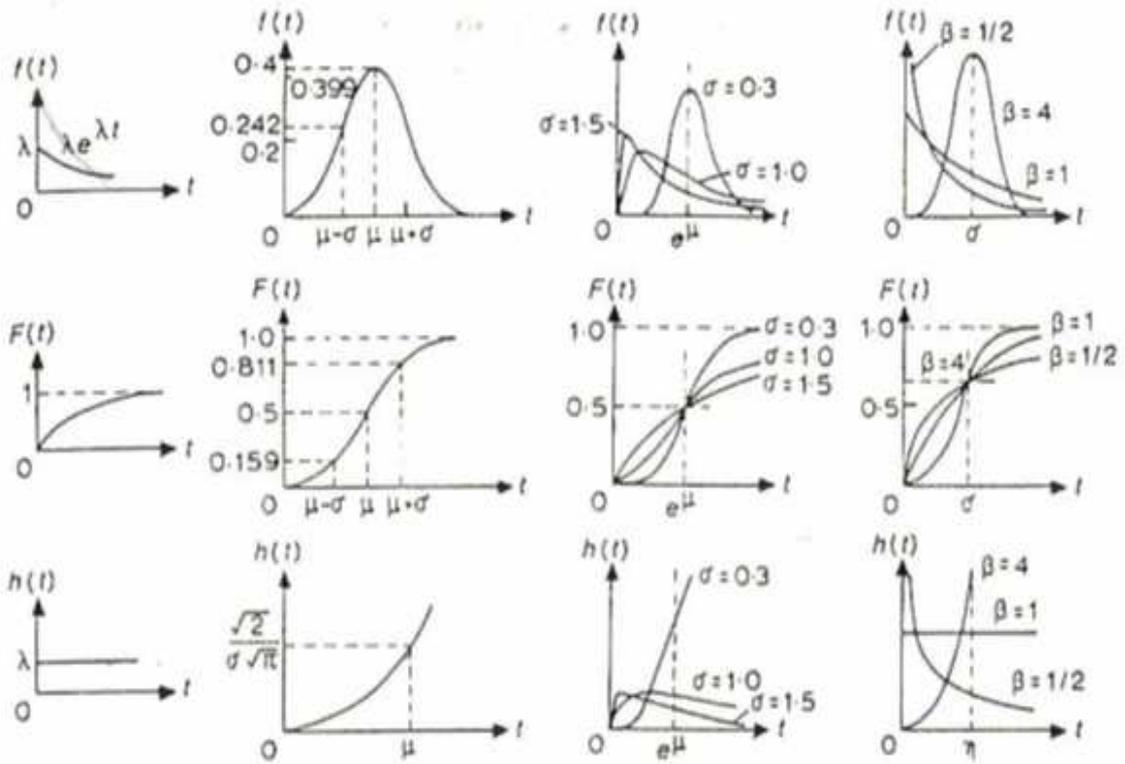
MATRIZ DE CRITICIDAD		CONSECUENCIA				
		A	B	C	D	E
PROBABILIDAD	5	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
	4	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	3	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy alto
	2	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	1	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto

Fuente: Introducción a la Confiabilidad Operacional. CIED. (2000).

El problema de no tener información histórica, también se refleja en la determinación del modelo automático de generación de acciones de mantenimiento, ya que en el contexto del proyecto, la confiabilidad se basa en el estudio de ocurrencia de las fallas, la cantidad, la gravedad, etc. que permiten generar métodos para generar procedimientos orientados a la estimación y optimización de las probabilidades de operación y buen funcionamiento.

De esta manera, la determinación de probabilidades de ocurrencia, obtenidas a partir del análisis de datos registrados a lo largo del ciclo de vida de un elemento o grupo de elementos, la ocurrencia de fallas, los modos de fallas y consecuencias y las actividades realizadas, que generan modelos como los siguientes, cuyas curvas varían dependiendo de la función a la que representan, no fue posible de determinar.

- Distribución Exponencial
- Distribución Normal
- Distribución Lognormal
- Distribución Weibull



En este sentido y dado que la metodología RCM lo admite como información la obtenida desde el conocimiento experto, respecto de las acciones a generar en cada caso y dado que el modelo considera un sistema automático que se basa en información en línea para generar acciones, se opta por un árbol de decisión conceptual que toma en consideración ambos orígenes de datos, los complementa y propone inmediatamente las opciones a ejecutar.

Es importante recalcar que para cada caso generado desde las máquinas implementadas, se está llevando el registro de todos los eventos sucedidos, de los modos de falla asociados, las propuestas de servicios y las actividades realmente ejecutadas. Toda esta información, en el futuro se considera incluirlas en modelos probabilísticos, que junto a los criterios expertos ya incluidos, pueden abordar más certeramente el nivel de confiabilidad determinado.

Árboles de Decisión

Un árbol de decisión es un modelo de predicción usado en el ámbito de la inteligencia artificial, que dada una base de datos, se construyen diagramas de construcciones lógicas, muy similares a los sistemas de predicción basados en reglas que sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva, para la resolución de un problema (Fuente Wikipedia).

El árbol de decisión considerado en el proyecto, es parte integrante del modelo de mantenimiento RCM, por lo que se incluyó su aplicación en el escenario actual que se encuentra sin información anterior registrada en alguna base de datos, dado su facilidad de incorporación, su esquema conceptual de desarrollo y la aplicabilidad al estado actual de desarrollo del mantenimiento en SKC Maquinarias. De esta manera, el árbol de decisión conceptual construido con la información experta de los técnicos de SKC Maquinarias, coincide perfectamente con la problemática actual del área de post venta y mantenimiento y no es necesario ser cambiada por alguna lógica diferente, ya que a pesar de ser una lógica simple, resuelve una problemática compleja cómo es el mantenimiento de máquinas y genera mejoras notorias en el rendimiento de éstas, a partir de la experiencia recogida del personal experto e información de fábrica.

Cabe mencionar que, la información recogida de la realidad, se sigue almacenando en bases de datos que contemplan el registro de todos los eventos, causas y soluciones planteadas y reales, de modo de componer futuros métodos de predicción que complementen el actual.

Motor de Reglas y Árbol de Decisión

Una regla es una clase de instrucción o comando que se aplica en una situación determinada; generalmente se pueden escribir con sentencias de la forma “If-Then”. A la sección “If” se le denomina parte izquierda (LHS - Left-Hand Side), predicado o premisa, que consta de una serie de patrones que especifican los hechos (o datos) que causan que la regla sea aplicable. A la sección “then” se le denomina parte derecha (RHS - Right-Hand Side), acciones o conclusiones, que detalla las acciones que se deben realizar en caso de que se satisfagan las premisas (sección “If”).

Por ejemplo, supongamos que dado un Vehículo y Conductor; si las siguientes condiciones se satisfacen, entonces se debe aumentar un 20 % el seguro del vehículo.

La regla se puede especificar de la siguiente manera:

If: (premisa)

El conductor tiene de 16 a 25 años.

Then: (consecuencia)

Aumentar un 20 % el seguro Premium

Una regla de negocio entonces, es una sentencia declarativa que aplica lógica o un cálculo predeterminado, cuyo resultado es el descubrimiento de nueva información o la toma de una acción a partir de una decisión.

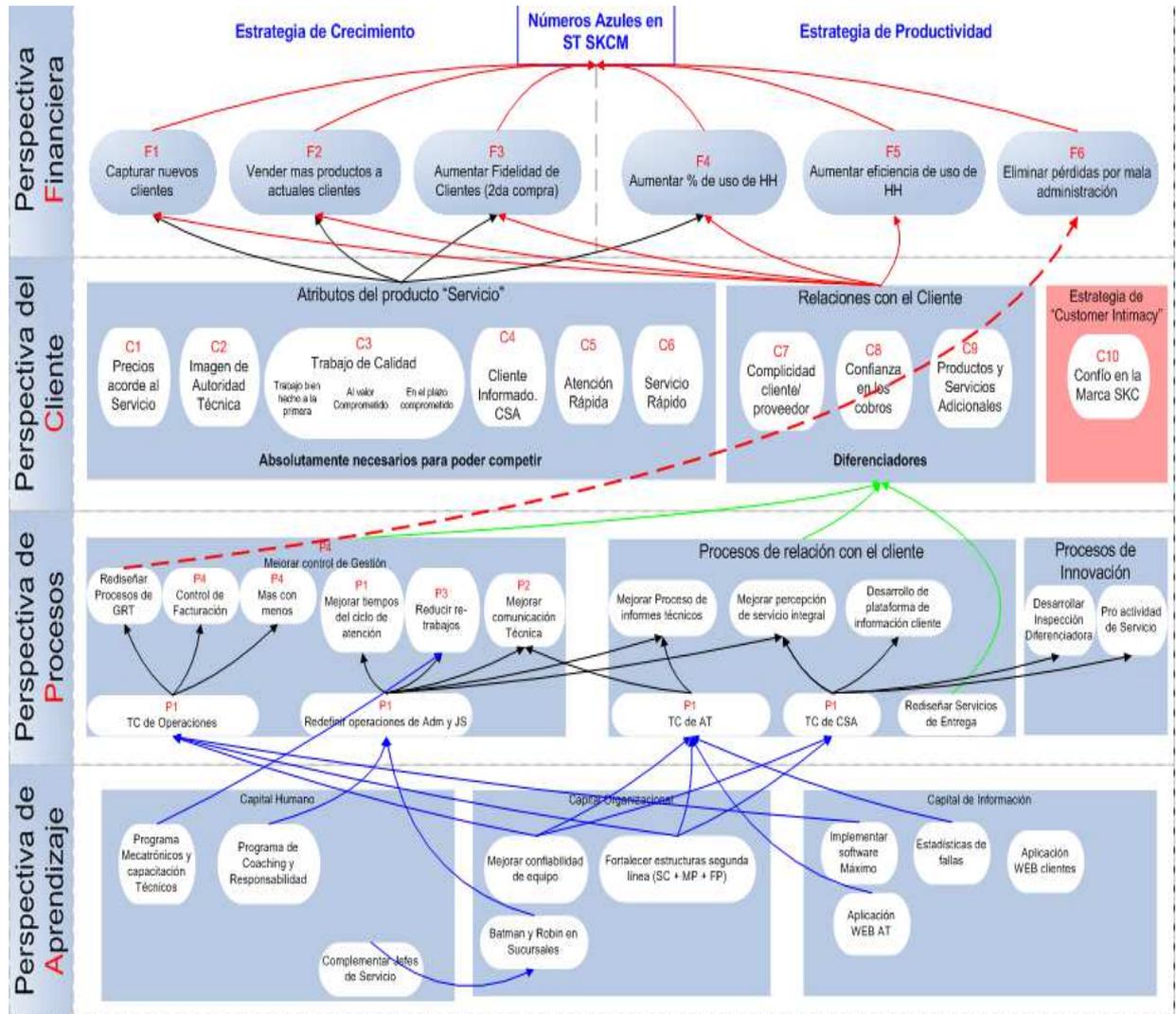
Tal cómo se presenta, un modelo basado en motor de reglas, podría haber sido contemplado para la implementación, generando los mismo beneficios de un árbol de decisión, pero el motor de reglas tendría que contener muchas condiciones en el “If” o varios “If” simultáneos o repetitivos para diferentes condiciones, lo que es mucho más difícil de exponer gráficamente que hacerlo con un árbol de decisión. Esto, porque a partir de las preguntas iniciales, se puede generar una serie de preguntas siguientes, que pueden ser repetitivas inclusive, hasta llegar a la consecuencia o al “Then”, como lo plantea el modelo de reglas.

De esta manera y al revisar con el conocimiento experto obtenido de los encargados técnicos del negocio y la información recabada de fábrica, la estructura de preguntas y sub preguntas, representando gráficamente como ramas dentro de un árbol de decisión conceptual, resulta bastante más simple y entendible por todos los actores relacionados al proyecto, que asimilaron inmediatamente la estructura y el modelo definido.

La decisión definitiva corresponde entonces a considerar la evaluación de las distintas acciones de mantenimiento a partir de la lógica de árbol de decisión, que a pesar de ser aparentemente una lógica simple, aporta a la solución de una situación compleja como es el de la necesidad de mantenimiento de las máquinas en estudio.

MAPA ESTRATÉGICO SERVICIO TÉCNICO

Balanced Scorecard Servicio Técnico SKC Maquinarias



El Mapa Estratégico corresponde al primer paso para la configuración de un Cuadro de Mando Integral o Balanced Scorecard, el cual se construye pensando en la evolución de la situación actual respecto del futuro, apoyándose en una representación gráfica, que permite visualizar la estrategia integral de Servicio Técnico de SKC Maquinarias, bajo las perspectiva financiera, de clientes, de procesos y de aprendizaje y las relaciones existentes entre ellas.

El Mapa Estratégico actual de Servicio Técnico representado en la figura anterior, visualiza desde de la Perspectiva de Aprendizaje, en especial del capital humano (Capacitación Técnica permanente) y de Información (Sistemas de Información, Tecnología Ad-Hoc, etc.), la evolución de los procesos internos hacia la “Relación con el Cliente” (Integración), pilar central de la estrategia corporativa de SKC Maquinarias. Estos factores apoyan directamente la estrategia de integración total con los procesos de mantenimiento del cliente, aspectos que se representan en el Mapa Estratégico como “Mejorar la Percepción de Servicio Integral” y “Desarrollar una Plataforma de Información al Cliente”, lo que en los aspectos financieros, permiten reforzar la “Estrategia de Crecimiento” a través de fidelizar a los clientes actuales, permitiendo llevar la relación de negocios hacia la integración con el total. Esto permite que el cliente se vea interesado en incorporar nuevas máquinas y unidades (“Vender más Productos a Actuales Clientes” y “Fidelización”) y representa en el mercado una oferta atrayente que permite “Capturar nuevos Clientes”.

Además, es importante considerar que existen aspectos financieros que deben ser medidos y cuyo uso debe ser eficiente, cómo son los Técnicos y los Talleres, ya que el mantenimiento debe considerar su ejecución en base a las limitancias y especialización que requieren estos aspectos.

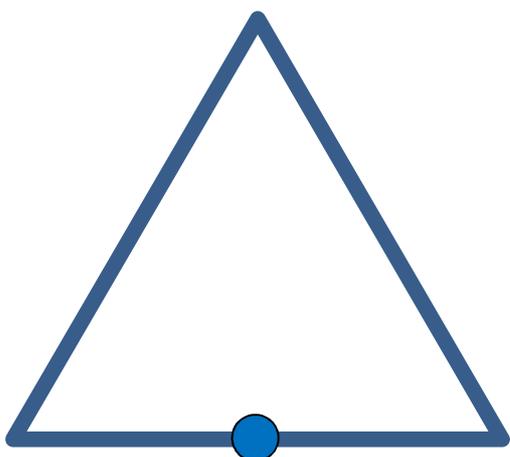
Todo lo anterior, se contrapone con la situación actual, ya que esta refleja que el nivel de servicio ejecutado no está acorde con la estrategia corporativa, como se visualiza en el Anexo I de la Tesis, donde se puede observar que los aspectos de “Orientación a la Excelencia” y “Orientación de Servicio al Cliente” fueron los peores evaluados en la encuesta interna de desempeño realizada a todo el personal de SKC Maquinarias en el año 2011.

Otro antecedente a considerar tiene que ver con el Anexo II de la Tesis, que muestra una encuesta de satisfacción realizada por Volvo a clientes en Diciembre del 2011, que refleja que los factores peor evaluados y bajo la meta definida por fábrica, corresponden a los relativos a Servicio Técnico, aspectos que se esperan mejorar con el desarrollo del proyecto de esta tesis.

POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO

En función del mapa estratégico actual de Servicio Técnico y considerando la metodología de la pirámide de HAX, la ubicación actual de Servicio Técnico de SKC Maquinarias se sitúa en el factor de “Atracción y Desarrollo del Cliente”, de manera que los aspectos de “Relación con el Cliente” y los “Servicios de Excelencia” son de total relevancia y representan la intensidad de posicionamiento actual de Servicio Técnico SKC Maquinarias.

El posicionamiento estratégico referido a “Atracción y Desarrollo del Cliente” tiene el foco particular en el Cliente, al cual se le pretende entregar servicios “a la medida” y de “calidad” debido al conocimiento de la marca y de sus necesidades particulares, basándose en la “Confianza en SKC” y en el conocimiento mutuo, con el objetivo de desarrollar una estrategia de fidelidad de largo plazo.



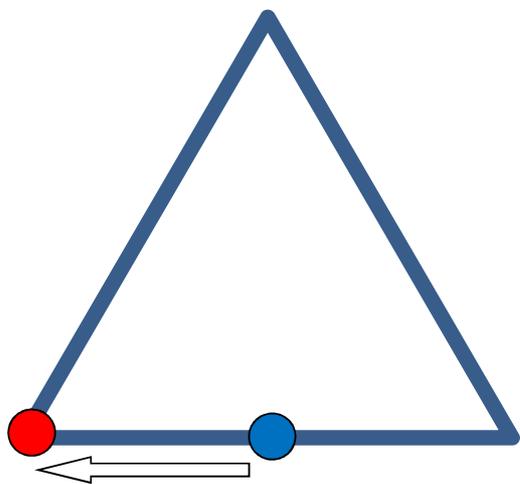
- Complicidad Cliente/Proveedor
- Confianza en los cobros
- Productos y Servicios Adicionales
- Confianza en la marca SKC
- Vender más productos a actuales Clientes
- Aumentar fidelidad de Clientes (2da Compra)

Atracción y Desarrollo del Cliente

- Se le brinda al cliente una experiencia única.

Claramente el objetivo estratégico a desarrollar corresponde a posicionarse como “Proveedor Integral”, ofreciendo una solución completa de “Excelencia y Calidad al Cliente”, que incorpore todos los aspectos relacionados a la post-venta de las maquinarias y unidades vendidas, teniendo como resultado la “Integración Total con el Cliente” en los aspectos de Mantenimiento y Servicio, ya que la oferta inteligente propuesta permite basar las acciones de mantenimiento en la confiabilidad, de manera que para las alarmas y fallas detectadas, se tienen proactivamente definidas las acciones y servicios a efectuar, impidiendo disminuciones de productividad para el cliente.

Estas acciones permiten direccionar el posicionamiento actual hacia la integración con el cliente en los aspectos de Servicio y Mantenimiento, tal como se indica en la figura siguiente.



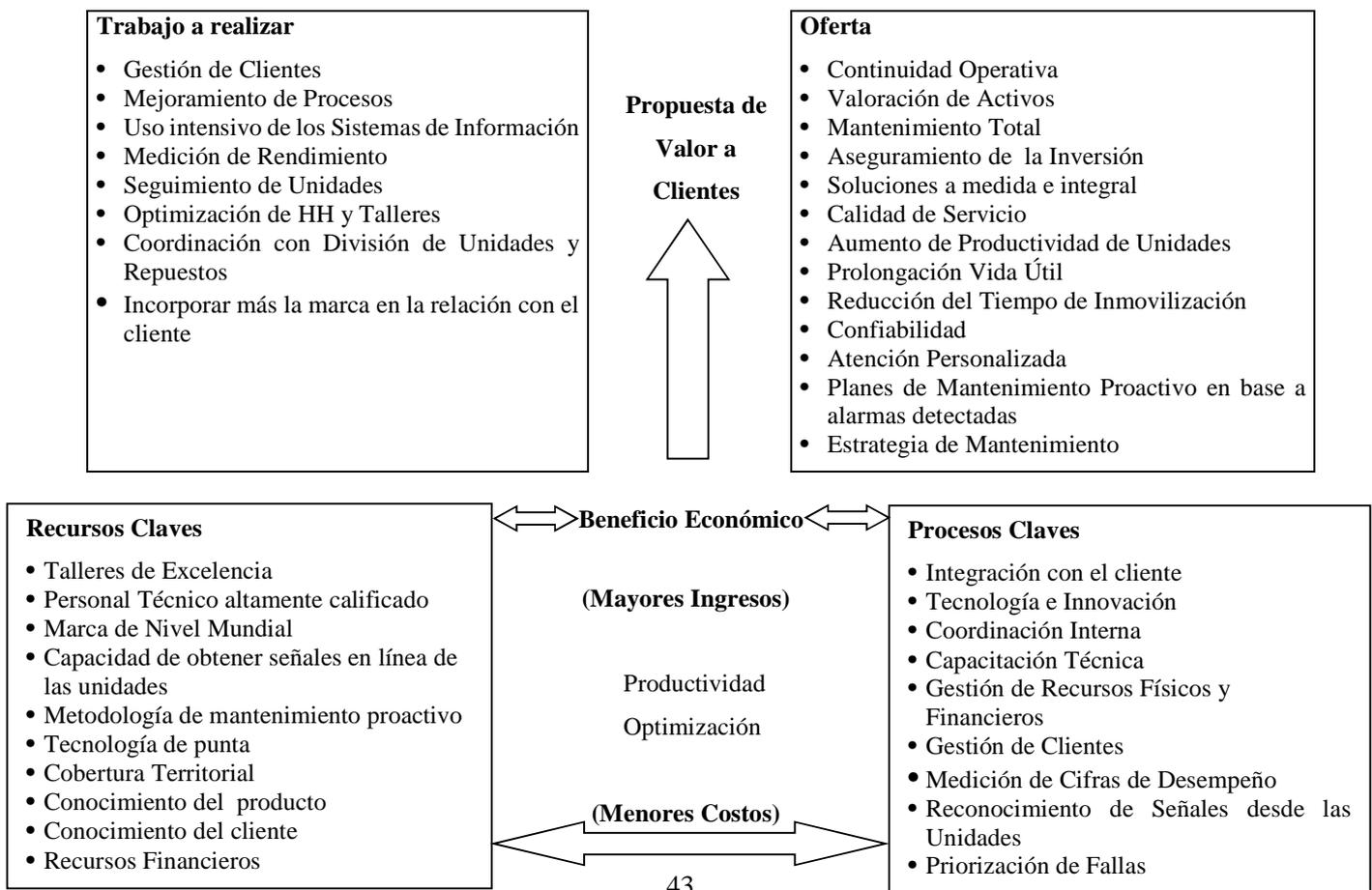
Evolucionar desde la posición actual hacia la Integración Total con el Cliente

MODELOS DE NEGOCIOS

El modelo de Negocios de “Integración con el Cliente”, es el destino inicial del camino que se pretende recorrer con el proyecto de Tesis y en cuyo resultado resalta la “Continuidad Operativa”, que permite mantener permanentemente en operación y con altos estándares de rendimiento al parque de unidades adquirido, dándole un valor superior a los activos contemplados.

La tesis, permite considerar aspectos como la incorporación de Herramientas Tecnológicas para llevar a cabo una oferta integral; esto es, basarse en un sistema de registro de antecedentes de las unidades que permita ser proactivo en las necesidades y acciones de mantenimiento, priorizarlas en función de la criticidad de los posibles fallos e incorporar oportunamente las variables de atención, a través de una solución tecnológica de reconocimiento automático de datos, transmitida a un sistema de análisis de información.

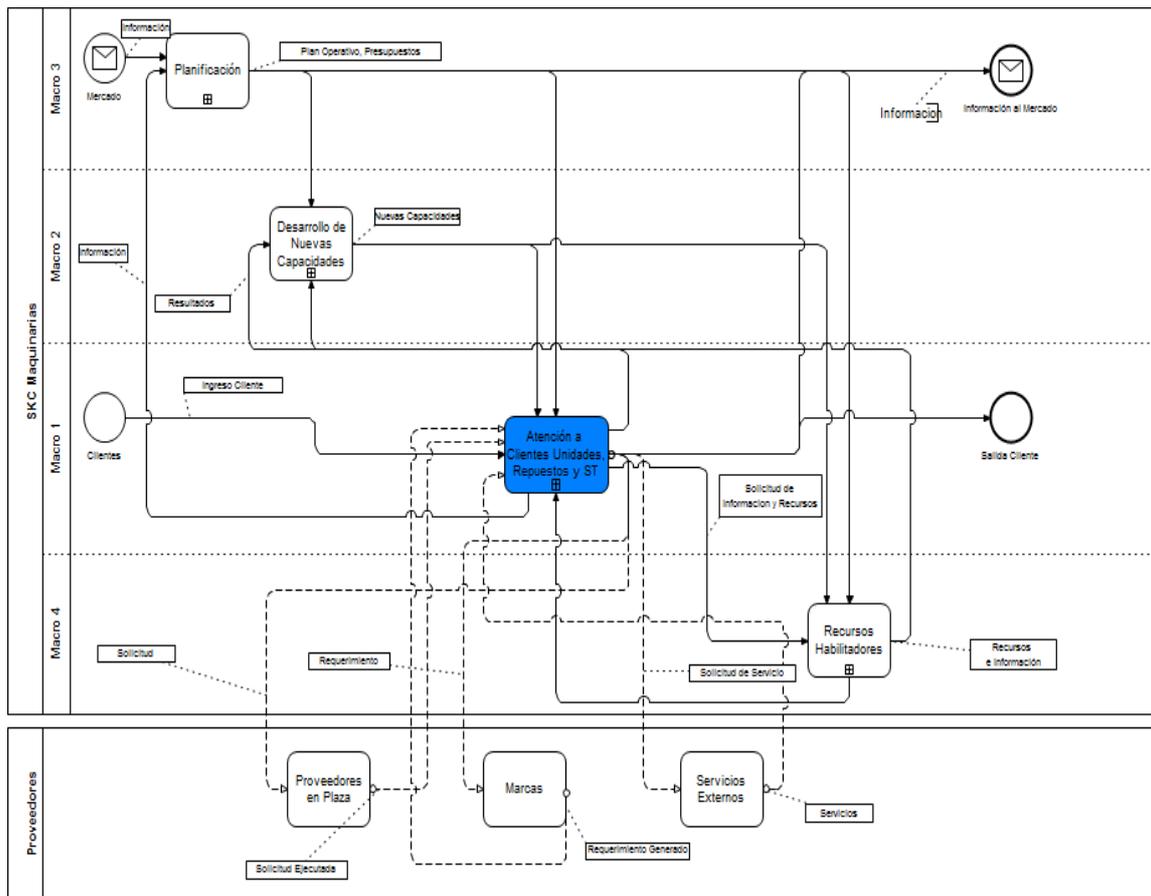
Modelo de Negocios Servicio Técnico



ARQUITECTURA DE PROCESOS

Las estructuras de Procesos que se representan a continuación corresponden a los definidos para el Servicio Técnico de SKC Maquinarias y son parte integrante de su situación actual, por lo que se representarán mediante IDEF0 para los niveles superiores y con Bizagi para los niveles inferiores.

SKC Maquinarias

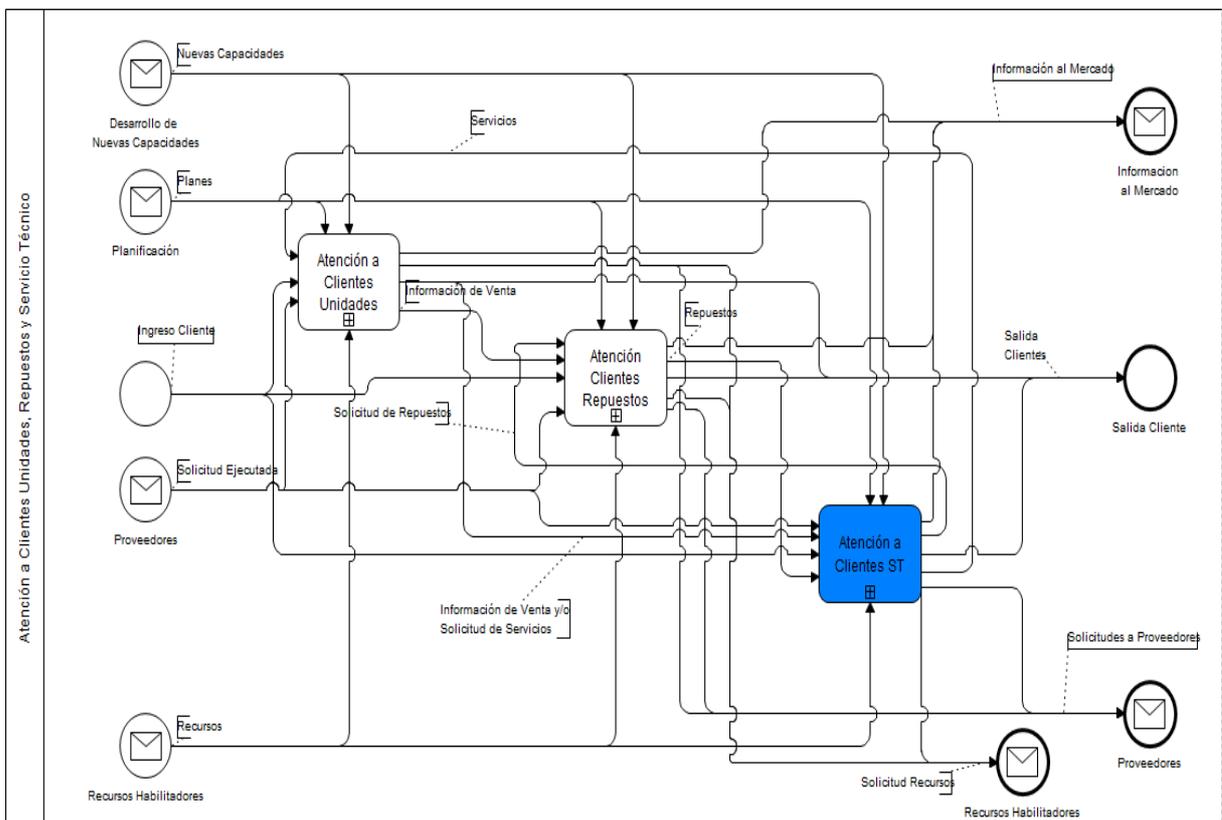


El presente modelo, representa el esquema general de procesos de SKC Maquinarias que determinan que el proyecto se enfoca en la Macro 1 de la metodología considerada, en donde se representan los procesos de negocios de Clientes de Unidades, Clientes de Repuestos y Clientes de Servicio Técnico.

En este esquema, se ven las relaciones existentes entre las otras Macros que entregan los lineamientos de planificación, las nuevas capacidades y los recursos básicos para la operación. Además, se observa la relación con el Cliente en los aspectos de ingreso de sus requerimientos y de los resultados de su atención.

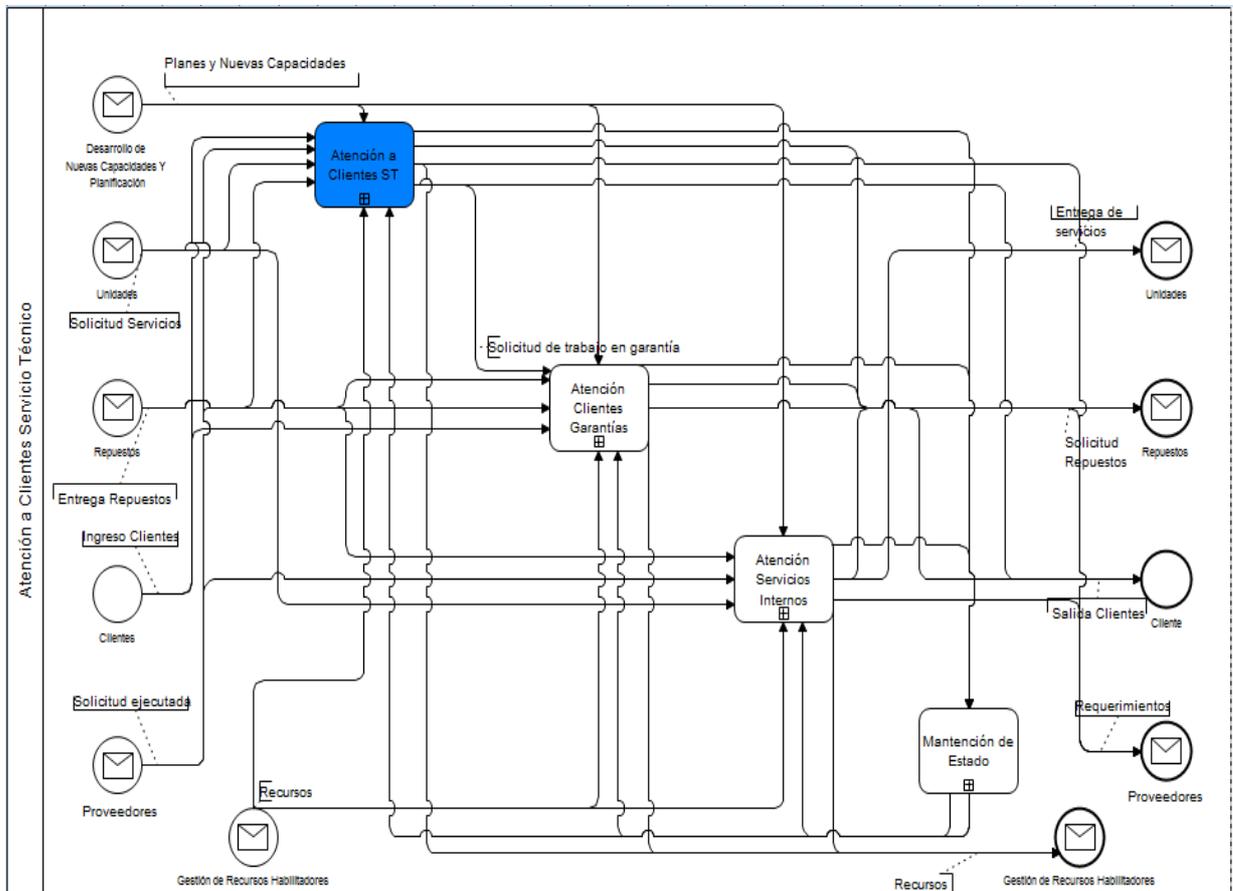
Otro aspecto básico, tiene que ver con la relación llevada a cabo con los Proveedores, ya que de ellos se obtiene los “Servicios Externos” como pinturas o servicios de análisis de muestras de lubricantes o información de las unidades a través de las “Marcas” y compras directas a “Proveedores Nacionales” denominadas “Compras en Plaza” que garantizan un tiempo reducido en la obtención de ciertos materiales requeridos para la entrega de servicios.

Atención a Clientes Unidades, Repuestos y Servicio Técnico



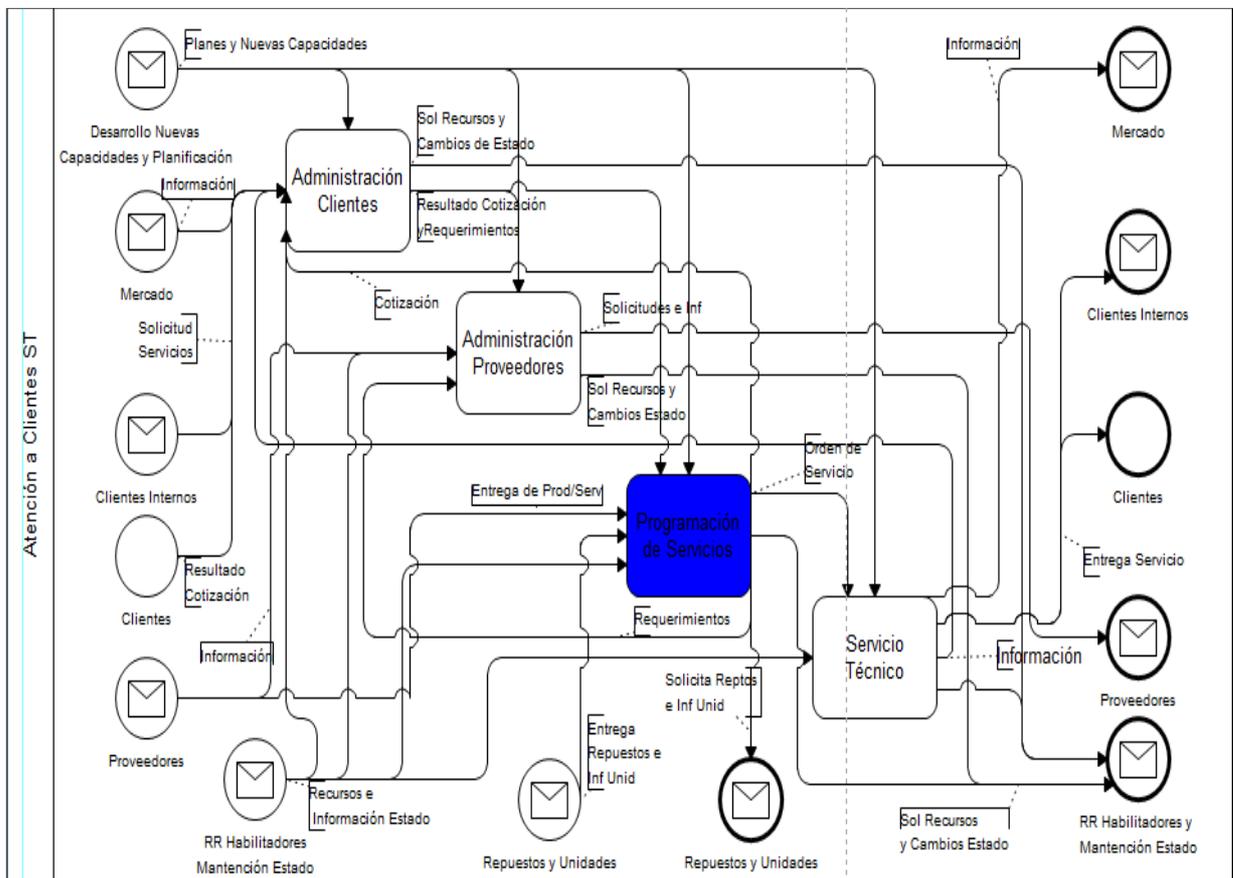
En esta figura, se separan los procesos de Unidades, Repuestos y Servicio Técnico de modo que los procesos se pueden detallar en forma independiente.

Atención a Clientes Servicio Técnico



En la figura, se desglosa el proceso de “Atención a Clientes de Servicio Técnico”, y se encuentran los procesos de “Atención a Clientes ST” (que se determina como objeto de la tesis), el proceso de “Atención a Clientes de Garantía” que representa el proceso utilizado cuando la unidad en mantenimiento se encuentra bajo garantía de fábrica, lo que representa un costo para la empresa que debe ser recuperado a través de un cobro a la fábrica y los “Servicios Internos”, que representan solicitudes de “Capacitación”, “Pre-Entrega” u otros, a pedido de los las áreas de negocios de Unidades y/o Repuestos. Además, se puede mencionar la relación con los procesos de Unidades y Repuestos, en este último caso, la entrega de repuestos y materiales necesarios para la generación de los servicios de mantenimiento.

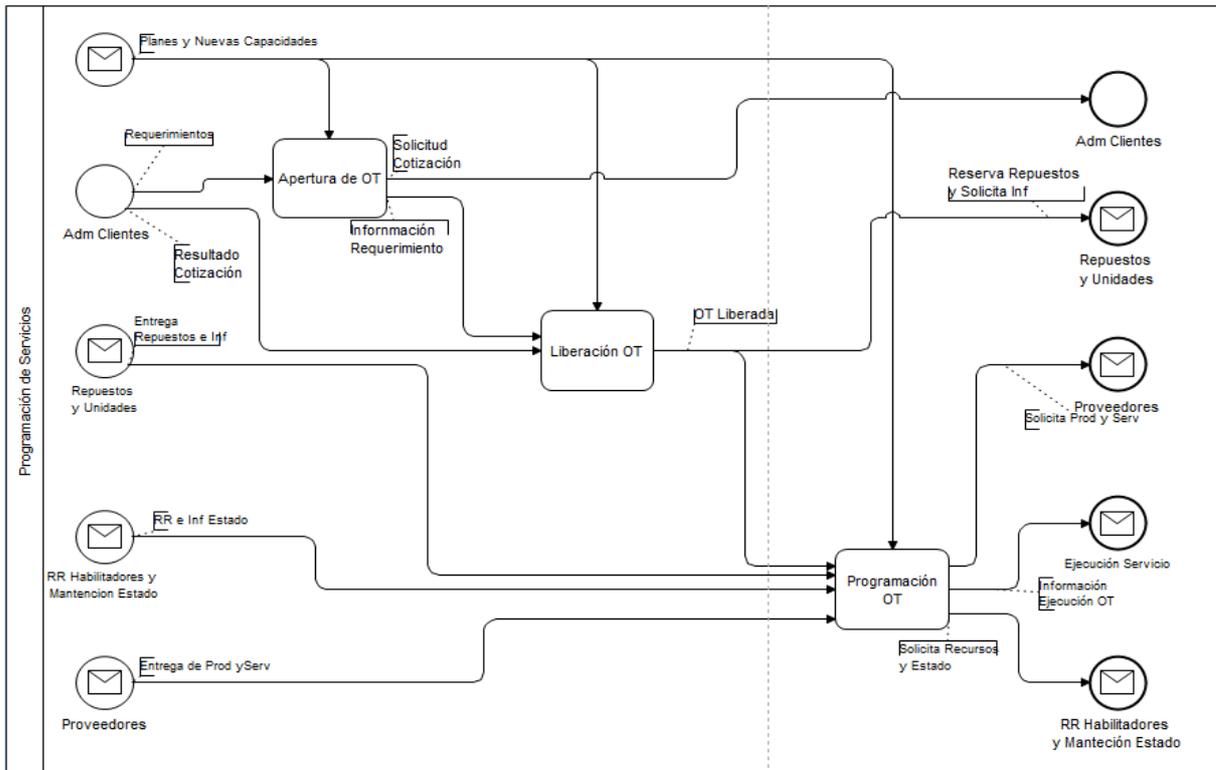
Atención a Clientes ST



En la figura se representa el desglose del proceso de Atención a Clientes de Servicio Técnico, en función de la Macro 1 de Procesos, por lo que se puede verificar que se encuentran en primer caso la Gestión de la Relación con Clientes, la Gestión de la Relación con Proveedores, la Gestión y Programación de la Producción y la Entrega de los Servicios.

El caso de estudio se realiza entonces, en la Programación de la Entrega de Servicios, en donde se detallan las modificaciones a los procesos a considerar para llevar a cabo los lineamientos estratégicos requeridos.

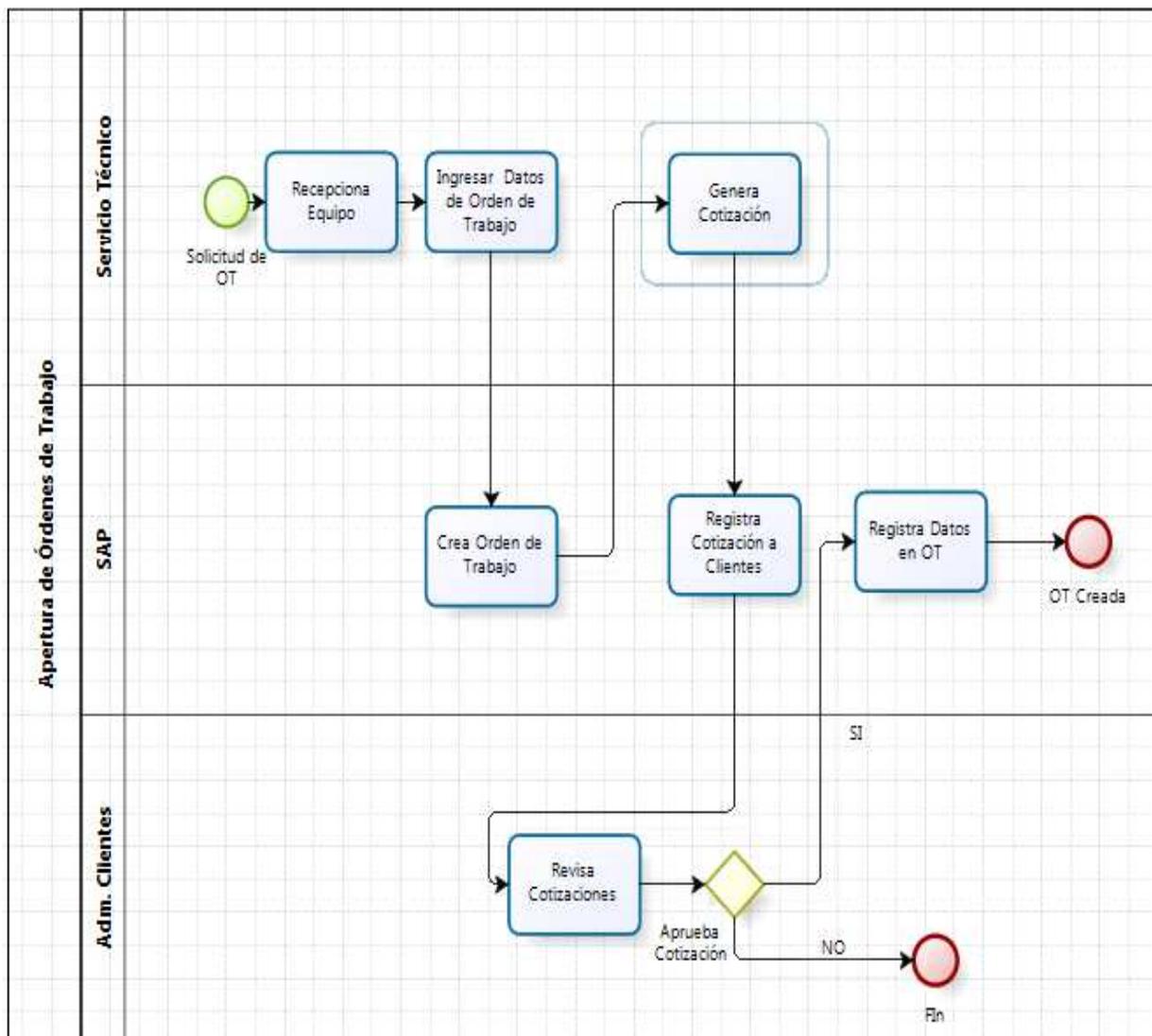
Programación de Servicios



La “Programación de los Servicios de ST”, se realiza a partir de las Solicitudes y Requerimientos generados de la Relación con Clientes, lo que determina la creación y apertura de una OT (orden de trabajo) en el sistema de información determinado para ello (CS-SAP), lo que puede llevar a solicitar una Cotización a Clientes (que debe aprobar para comenzar con el trabajo), de modo que se envía la Solicitud, a través de la Gestión de Clientes, para que sea visada.

Posterior a la autorización por parte del cliente, se lleva a cabo el proceso de liberar la orden de trabajo, lo que genera las solicitudes a repuestos y obtención de materiales. Por último, en la fase definitiva de programación, se considera la OT liberada y los aspectos de disponibilidad de Técnicos y Repuestos necesarios para el proceso de entrega del servicio. Además se consideran los servicios de proveedores externos (si es necesario) y se planifica el servicio requerido en función de la información y el mantenimiento a realizar.

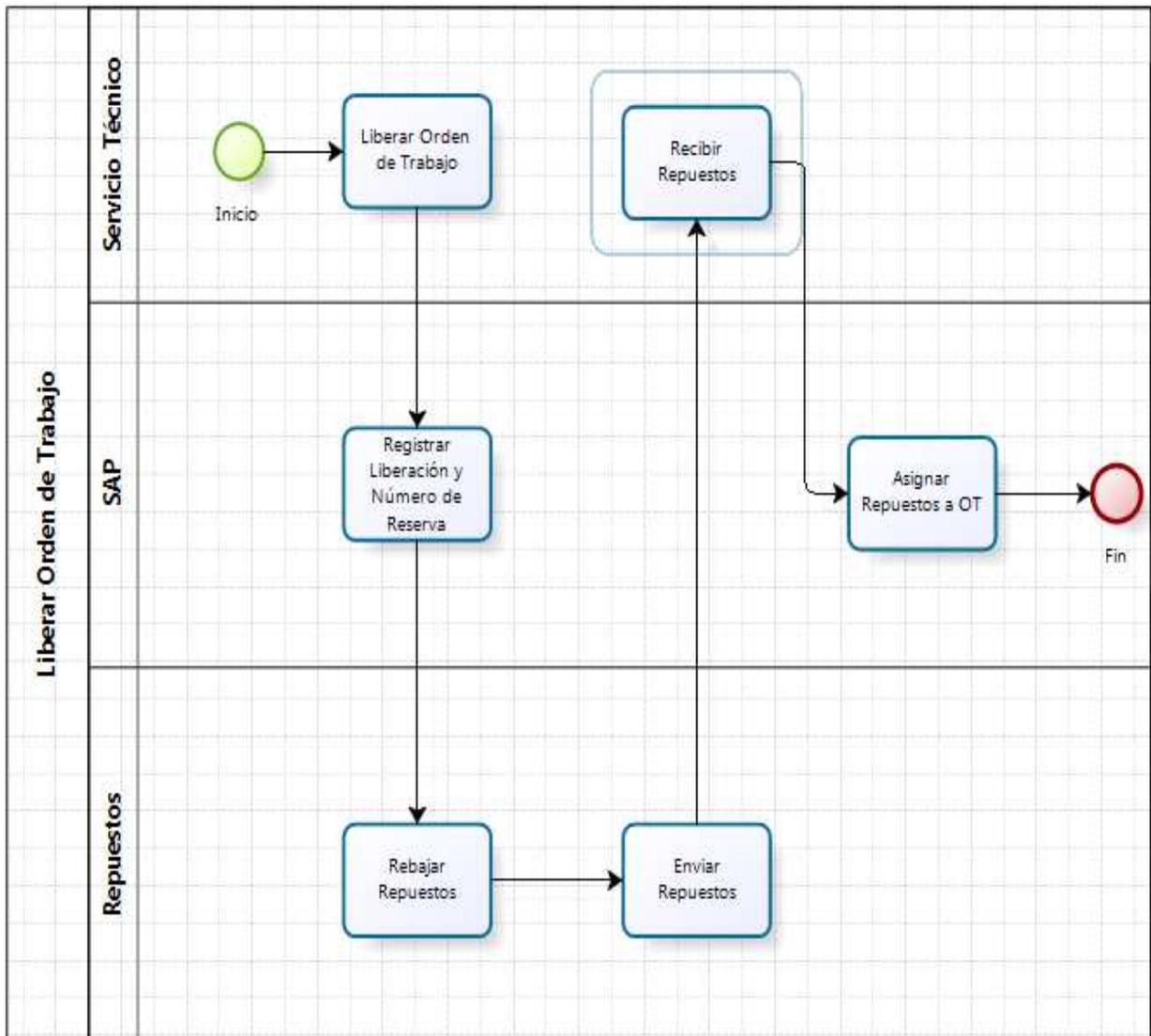
Apertura de Órdenes de Trabajo



En este esquema, se detalla el proceso de Apertura de una orden de trabajo, que considera la Recepción del Equipo como el punto inicial para la apertura de la Orden de Trabajo, la cual es ingresada en el sistema correspondiente.

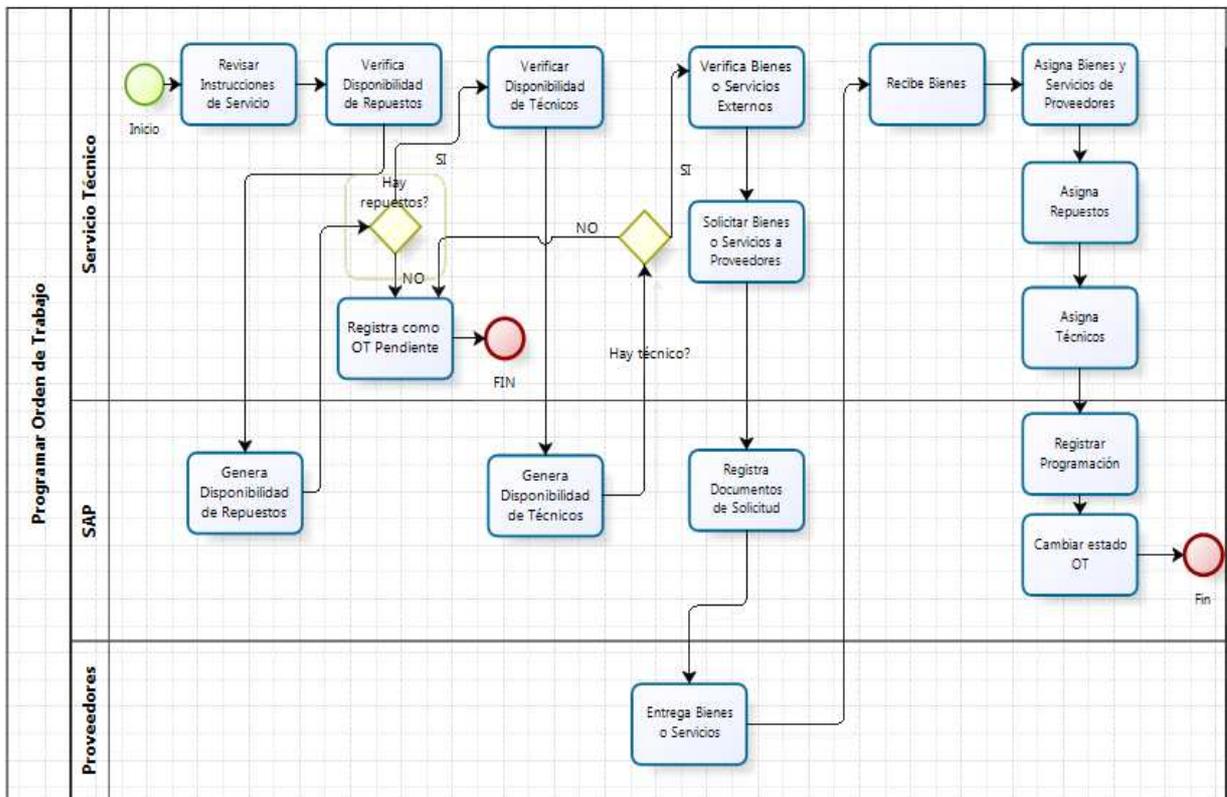
A partir de este proceso, se registra el proceso de Cotización, el cual es evaluado y analizado, permitiendo la aprobación del trabajo a realizar.

Liberar Orden de Trabajo



El proceso de liberación de la Orden de Trabajo, permite llevar a cabo la “Reserva de Repuestos” que determina un registro en SAP de lo requerido para ejecutar el mantenimiento, de manera de tener la seguridad de las existencias disponibles y asignadas a la orden de trabajo a partir de un número de registro del sistema,

Programar Orden de Trabajo



La programación de la orden de trabajo, permite considerar las solicitudes de servicio derivadas de las etapas anteriores, agregando la información de reserva de repuestos y disponibilidades de técnicos, lo que a través de los sistemas existentes, permite planificar los servicios solicitados y registrar la programación del servicio de mantenimiento.

Cabe mencionar que las solicitudes de servicio se refieren al mantenimiento correctivo que se genera a partir de las solicitudes directas de los clientes y al mantenimiento preventivo en función de las pautas de mantención de fábrica respecto de las unidades y marcas representadas que están relacionadas a los contratos ofrecidos actualmente.

Además, en esta etapa del proceso se verifica la necesidad de incorporar servicios o productos externos que se registran en el sistema de información SAP y que se solicitan a Proveedores, para satisfacer el requerimiento solicitado.

VARIABLES DE DISEÑO

Estructura de Empresa y Mercado

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
a. Estructura Empresa y Mercado		
a.1 Servicio Integral al Cliente	NO	Segmentación y Análisis de Clientes de manera de enfocar los Servicios de Mantenimiento Integrales
a.2. Lock-in sistémico	NO	NO
a.3. Integración con proveedores	SI Sistemas de Reposición de Marca integrado	Integración con Sistema CareTrack para la obtención de las alarmas de las Unidades Sistemas de Reposición de Marca integrado
a.4. Estructura interna: centralizada o descentralizada	Operación DESCENTRALIZADA Actividades Comunes CENTRALIZADAS	Operación DESCENTRALIZADA Actividades Comunes CENTRALIZADAS
a.5. Toma de Decisiones: centralizada o descentralizada	DESCENTRALIZADA Para ciertos niveles de Negocios	Apoyar con Tecnología la Toma de Decisiones Descentralizadas

En estas variables de estructura de empresa y mercado, se representa el desarrollo que el proceso de Mantenimiento actual de Servicios Técnico de SKC Maquinarias procura, lo que corresponde al enfoque en la ejecución de “Servicios Integrales al Cliente”, determinado como el aspecto clave para determinar una relación de largo plazo a nivel de post venta y servicios, lo que corresponde al objetivo de negocios deseado.

Otro aspecto importante puede llegar a ser la integración tecnológica con los proveedores, ya que la obtención de varios aspectos de mantenimiento, se hará a través de sistemas informáticos o servicios entregados por Volvo (en esta caso un API para acceder a la información de las máquinas) y que serán incluidos como parte de la oferta inteligente a desarrollar.

Anticipación

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
b. Anticipación		
b.1 Planificación de Mantenión de Unidades	SI - Por Catálogos de Fabricante para Mantenión Preventiva NO - Mantenión Correctiva	Incorporar componentes predictivos en la planificación (Análisis de Aceites, Análisis de Refrigerantes, Análisis de Combustible, Software de Seguimiento de Unidades y Obtención de Variables de Mantenimiento)
b.2. Monitoreo de las Unidades	NO	Uso de Tecnología que permita monitorear las Unidades e incorporar las variables de decisión de Mantenión (GPS, Registro de Horómetros, etc.)
b.3. Planificación de Talleres, Técnicos y otros Recursos	SI - Planificación en base a la Demanda	SI - Uso de la Tecnología incorporando los registros de Mantenimiento Proactivo
b.4. Planificación de Necesidades	SI - Planificación en base al Algoritmo de Reposición de Fábrica	SI - Incorporar registros de Mantenimiento Proactivo para planificar Repuestos, Servicios Externos, etc.

En las variables de anticipación es donde se refleja con mayor énfasis, el desarrollo del proyecto a implementar, ya que a partir de los servicios de mantenimiento correctivo (en base a fallas) y mantenimiento preventivo (en base a planes de mantenimiento), se incorpora la oferta de mantenimiento proactivo, por lo que los análisis automáticos de las variables determinadas y el monitoreo constante de las unidades cobran total relevancia.

El uso intensivo de tecnología en el seguimiento constante del parque de unidades, determinan además una mejor planificación de los recursos disponibles como son los técnicos, los talleres y las herramientas especializadas y permiten también generar mejores modelos de reposición de repuestos y provisiones de servicios externos requeridos.

Coordinación

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
c. Coordinación		
c.1 Reglas	Procesos Altamente Reglamentados	Definición de Reglas formales y automatizadas que permitan tomar decisiones de mantenimiento y que éstas sean entregadas a las áreas de gestión de clientes oportunamente. Reglamentar el flujo de información, productos y servicios con las áreas de repuestos y de unidades para la entrega oportuna de los servicios determinados.
c.2. Jerarquía	Estructura Jerárquica Administrativa	Uso excepcional de jerarquías.
c.3. Colaboración	Informal y No documentada	Incorporación de Herramientas corporativas de colaboración como Sharepoint y LYNC.
c.4. Partición	Estructura separada por Unidades, Repuestos y Servicio Técnico. Las actividades comunes se llevan a cabo Centralizadamente	Uso de información común para las distintas Unidades de Negocios (Unidades, Repuestos y Servicio Técnico).

Las variables de coordinación incorporan el uso de reglas formales y automáticas para las decisiones de mantenimiento, las que deben ser entregadas en base a reglas al proceso de relación con el cliente para la determinación oportuna de las opciones de servicio.

Para el caso de las jerarquías, se determina que la opción de esta variable debe ser incorporada en casos excepcionales que no estén considerados en el proceso y que alteren su correcta ejecución, además se deben incorporar “encargados” de procesos, quienes serán los encargados de ejecutar y validar la excepcional opción.

La colaboración debe estar determinada por la opción de incorporar y masificar el uso de herramientas tecnológicas de colaboración como son Sharepoint y Lync, de modo de automatizar la utilización común de la información para apoyar a todos los involucrados en el proceso. De esta manera, se podrá registrar y publicar la información de las unidades, mantenimientos realizados,

variables de decisión, análisis realizados y toda la información relevante, de modo de apoyar las decisiones tácitas de los encargados finales de ejecutar los servicios.

La variable de partición son reforzadas en el aspecto de mejor integración a través de una mejor comunicación y uso común de la información, ya que las áreas de Unidades, Repuestos y Servicio Técnico, ya presentan estructuras de negocios separadas y consideran servicios comunes y compartidos que permiten enfocarse a cada una de éstas en sus negocios correspondientes.

Prácticas de Trabajo

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
d. Prácticas de Trabajo		
d.1 Lógica de Negocio Automatizada o Semi Automatizada	NO	Automatizar decisión de mantenimiento de Equipos Automatizar disponibilidad de capacidades y uso de talleres, técnicos y otros recursos
d.2. Lógica de Apoyo a Actividades Tácitas	NO	Uso intensivo de tecnología y sistemas de información para apoyo de actividades tácitas
d.3. Procedimiento de Comunicación e Integración	SI	SI
d.4. Lógica y Procedimientos de Medición de Desempeño y Control	Realizadas por la Marca	Realizadas por la Marca

En esta sección, las variables de prácticas de trabajo permiten incorporar la tecnología y la automatización en la toma de decisiones de generación de servicios de mantenimiento, además de incorporar la automatización también en los aspectos de planificación de talleres y técnicos a partir de las solicitudes automáticas de mantenimiento generadas, lo que conlleva también la posibilidad de generar automáticamente los pedidos de reposición de repuestos o automatizar la relación con los proveedores, lo que implica evolucionar hacia una lógica de negocios automática o semi-automatizada.

Las actividades tácitas también se ven acompañadas de información a través del uso de herramientas colaborativas y tecnología que registran y disponen de la información relevante para que estas actividades se desarrollen de la mejor forma posible.

La comunicación e integración, se basan en la incorporación de herramientas tecnológicas como Sharepoint y Lync que mantengan información común de las áreas de negocios de Unidades, Repuestos y Servicio Técnico y permitan una comunicación fluida y coordinada.

Integración de procesos conexos

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
e. Integración de Procesos Conexos		
e.1 Procesos Aislado	NO	NO
e.2. Todos o la mayor parte de los procesos de un macroproceso	NO	NO
e.3. Dos o más macros que interactúan.	NO	NO

Respecto de la integración de procesos, se puede indicar que el proceso de mantenimiento proactivo propuesto no estará aislado, ya que está absolutamente integrado con los aspectos de gestión de clientes respecto de los servicios determinados. De la misma manera, la relación con la gestión de proveedores está muy integrada, ya que permite comunicar las necesidades de productos y servicios necesarios para la ejecución de los servicios de mantenimiento. A su vez, la generación definitiva de los servicios de mantenimiento son comunicados al proceso de realización del servicio con toda la programación realizada y determinada.

En definitiva, los procesos de la cadena de valor están absolutamente integrados para poder llevar a cabo el proyecto determinado.

En el caso de estudio, el detalle está determinado en profundidad por la solución de mantenimiento proactivo a incorporar, de manera que el proceso a considerar está asociado al sistema tecnológico debido a la obtención automatizada de la información de las unidades y los servicios de mantenimiento derivados, lo que implica que el rediseño de proceso importante afecta el proceso de gestión de la producción, en nuestro caso denominada como Planificación de Servicios.

Mantenimiento consolidada de estado

Variables de Diseño	Actual	Propuesto
f. Mantenimiento Consolidado de Estado		
f.1. Datos propios.	SI	NO
f.2. Integración con datos de otros sistemas de la empresa.	NO	NO
f.3. Integración con datos de sistemas de otras empresas.	NO	SI Con sistema de monitoreo de Unidades provisto por la Marca

En estas variables, la realmente considerable corresponde a la integración que se realiza con el sistema de monitoreo de unidades denominado Caretrack, de donde se obtiene la información relevante (datos de alarmas/fallas) para la generación de órdenes de Servicio de Mantenimiento.

REDISEÑO DE PROCESOS

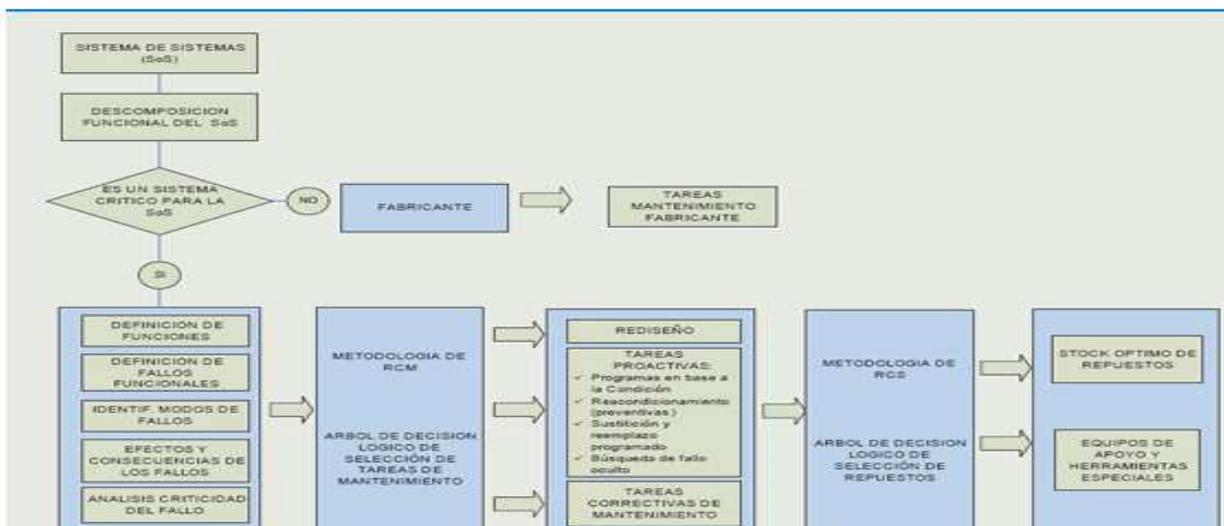
La oferta del proyecto indica la incorporación de la oferta de servicios de mantenimiento proactivo que complementa la oferta actual, de manera de aumentar la productividad de las unidades comercializadas.

- Servicios de Mantenimiento Preventiva
- Servicio “Full Service”
- Servicio de Inspección
- SERVICIO DE MANTENIMIENTO PROACTIVO

Esta oferta de servicios de mantenimiento se genera a partir de la obtención en línea de las alarmas y falla de las unidades que generan automáticamente acciones de mantenimiento proactivo. Estas acciones de mantenimiento proactivo, se generan a partir de la ejecución de la metodología RCM.

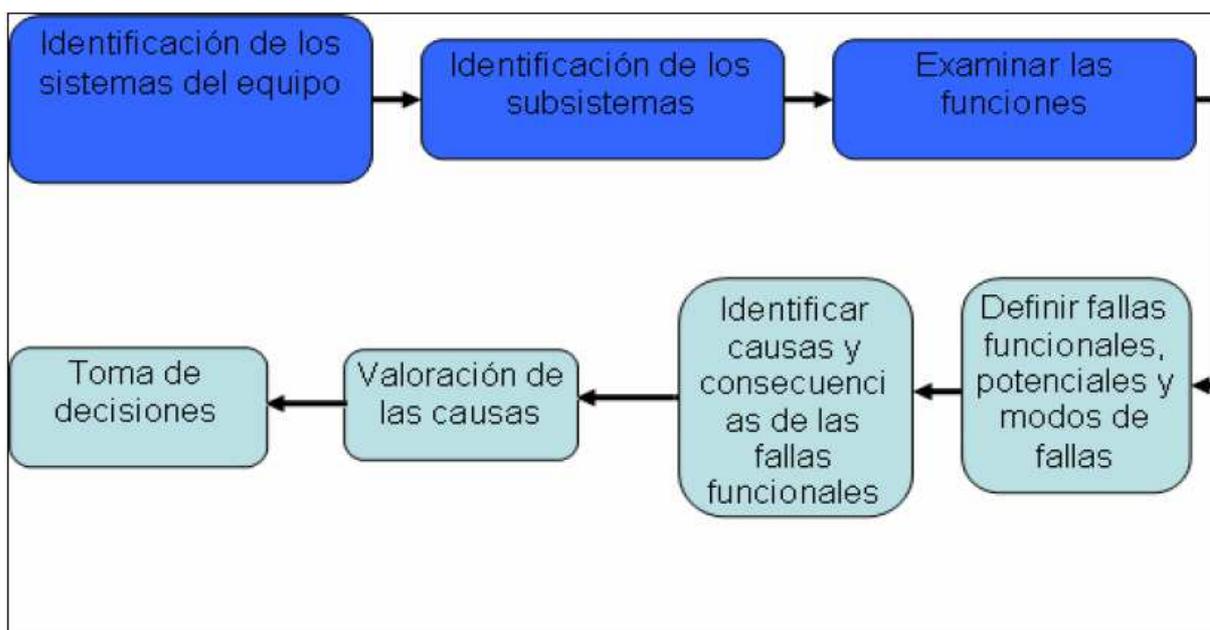
La metodología RCM (Reliability Centered Maintenance), corresponde a un proceso estructurado que permite definir estrategias de mantenimiento, para que los activos continúen cumpliendo con sus funciones, que se centra en el análisis de las fallas de un equipo, sus causas y las acciones a ejecutar.

Esquema de Aplicación



El esquema de aplicación de RCM, representa el marco teórico a considerar para la aplicación de las lógicas de determinación y priorización de acciones que se considerarán en el presente trabajo, ya que permite relacionar los eventos detectados en las unidades, a probables consecuencias determinadas a partir de los árboles de decisiones determinados y propuestas de servicio en cada caso. Estas consecuencias y opciones de servicios generadas, son priorizadas posteriormente y mostradas al experto para que determine el listado final de acciones a ejecutar.

Secuencia de Pasos de un análisis de Fallas RCM



La figura identifica la secuencia de pasos a considerar para un análisis de fallas para el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en donde como primera acción, se identifican los sistemas y subsistemas del equipo, además de cada una de sus funciones, luego de lo cual se definen las posibles fallas funcionales, las causas o alarmas y posibles consecuencias, asignándole a cada una de ellas una valoración en los términos antes mencionados, lo que deriva finalmente en la acción y decisión de un experto con los antecedentes indicados.

Regla de Generación de Acciones- Árbol de Decisión

Los árboles de decisión son excelentes herramientas para ayudar a tomar decisiones adecuadas entre varias posibilidades, ya que su estructura permite seleccionar una u otra opción en diferentes secuencias de análisis de manera de obtener las diferentes alternativas y decisiones posibles. En este caso, los resultados posibles corresponden a diferentes alternativas de opciones de mantenimiento o ningún tipo de mantenimiento y son consideradas en SKC Maquinarias como un elemento clave para determinar qué servicio ejecutar, además de ser un elemento conocido por el personal técnico que participa de la administración de los servicios planificados y considerado por la fábrica Volvo.

Los árboles de decisión, en este caso, son considerados como guías jerárquicas multi-vías, donde las respuestas obtenidas para las preguntas ejecutadas, son el criterio de diagnóstico para evaluar el tipo de mantenimiento a ejecutar. Lo que significa que en base a la jerarquía de decisiones, una decisión o camino lleva a otra decisión o camino, de manera que todas preguntas relevantes del modelo involucrado, se hayan considerado. De esta manera se determina como multi-vía porque pueden existir más de dos opciones y es una guía porque al responder conceptualmente una pregunta se determina a una decisión.

Como ejemplo y tomando en consideración la experiencia técnica de los expertos de SKC Maquinarias (ya que no se cuenta con información histórica, la que se pretende construir con este modelo), quienes determinan el camino que siguen las alarmas detectadas, se consideran los tipos de eventos como “Escondidos”, “de Seguridad”, “Ambientales”, “Operacionales” o “No Operacionales” y se consulta en ese orden.

Para el ejemplo, se considera el evento:

187 PPID 1418”-“La unidad de mando de la máquina (V-ECU) registra: La presión de frenos es < 9,0 MPa (1305 psi, 90 bares)”.

Dado esto, y considerando la secuencia lógica de la metodología RCM a implementar, se toma el modelo de árboles de decisión detallado en la próxima figura, y se pregunta:

“¿La pérdida de función causada por el modo de falla es evidente para el operador en condiciones normales?”.

La opción SI, indica una segunda pregunta (relativa a “Seguridad”),

“¿Podría este modo de fallo causar la pérdida de función o lesionar a alguien?”.

La opción NO, indica que se realiza una nueva pregunta (falla “Escondida”),

“Es técnicamente factible detectar la falla que esta ocurriendo o va a producirse y vale la pena hacerlo?”.

Así, sucesivamente se realizan las preguntas conceptuales sobre el evento descrito y se llega a determinar:

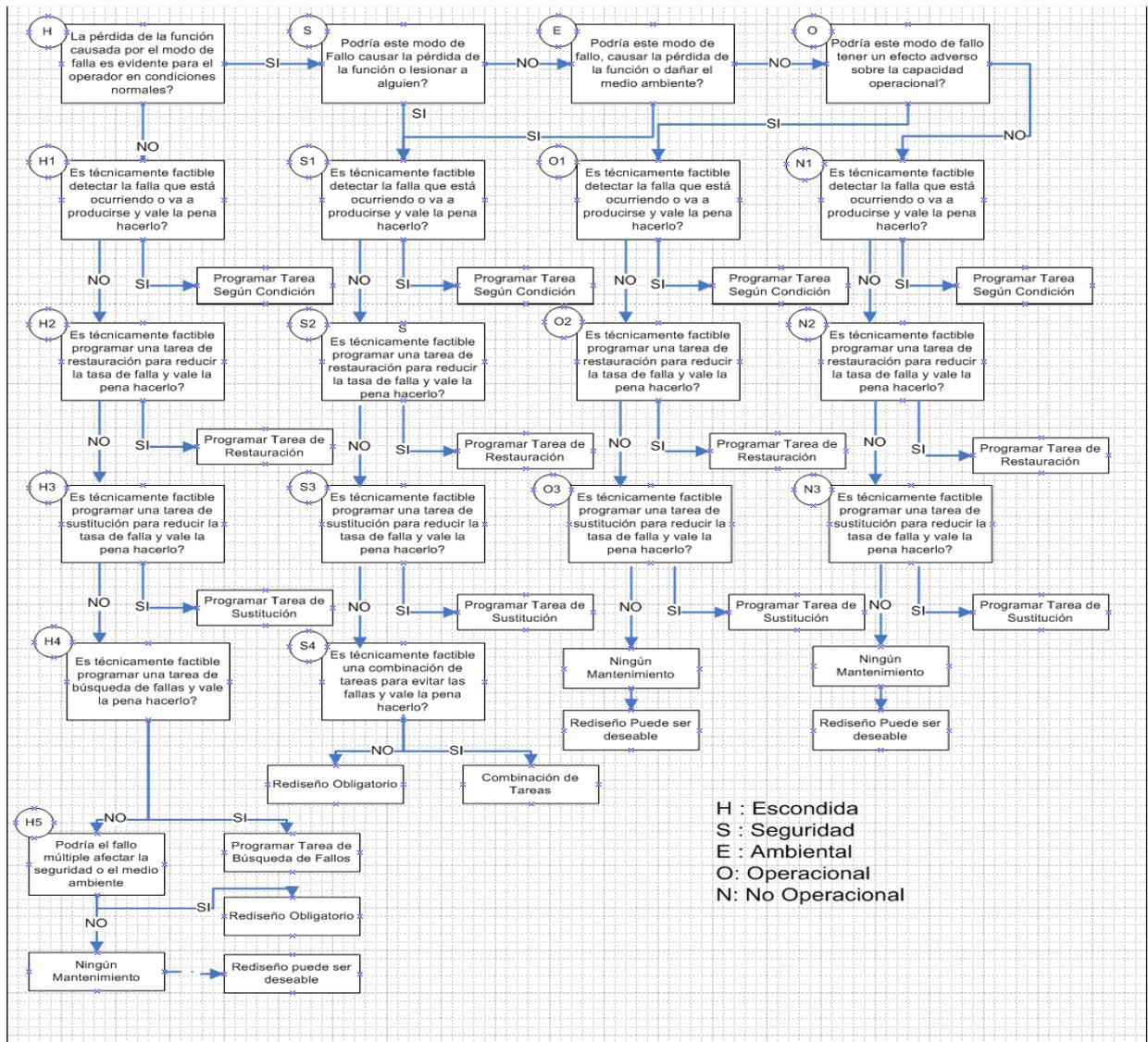
“Programar una Tarea según condición”, “Programar Tarea de Restauración”, “Programar Tarea de Sustitución”, “Programar Tarea de Búsqueda de Fallos”, “Rediseño Deseable”, “Rediseño Obligatorio” o “Ningún Mantenimiento”.

Posteriormente al camino recorrido y a la determinación de la acción a seguir, para el ejemplo se determina que *“Programar Tarea de Búsqueda de Fallos”*, lo que se traduce en realizar las siguientes actividades de mantenimiento:

- *Revisión sistema despresurizado al arranque*
- *Revisión falla en sensor sistema de frenos*

El árbol de decisión de acciones a partir de alarmas corresponde a la regla de negocio básica que permite generar las acciones de servicio proactivas, base de la presente tesis, de modo que corresponde al proceso central a definir.

En el caso de SKC Maquinarias, no existe información relevante en sistemas actuales o anteriores que permitan obtener las decisiones a partir de datos estadísticamente procesados, sino que las decisiones serán confeccionadas junto a los expertos de servicio técnico, sin desmedro que a partir del registro de la información y de las acciones ejecutadas, se podrá ir generando una base de datos representativa que permita obtener resultados más concluyentes respecto de la realidad y de las acciones relevantes a ejecutar.



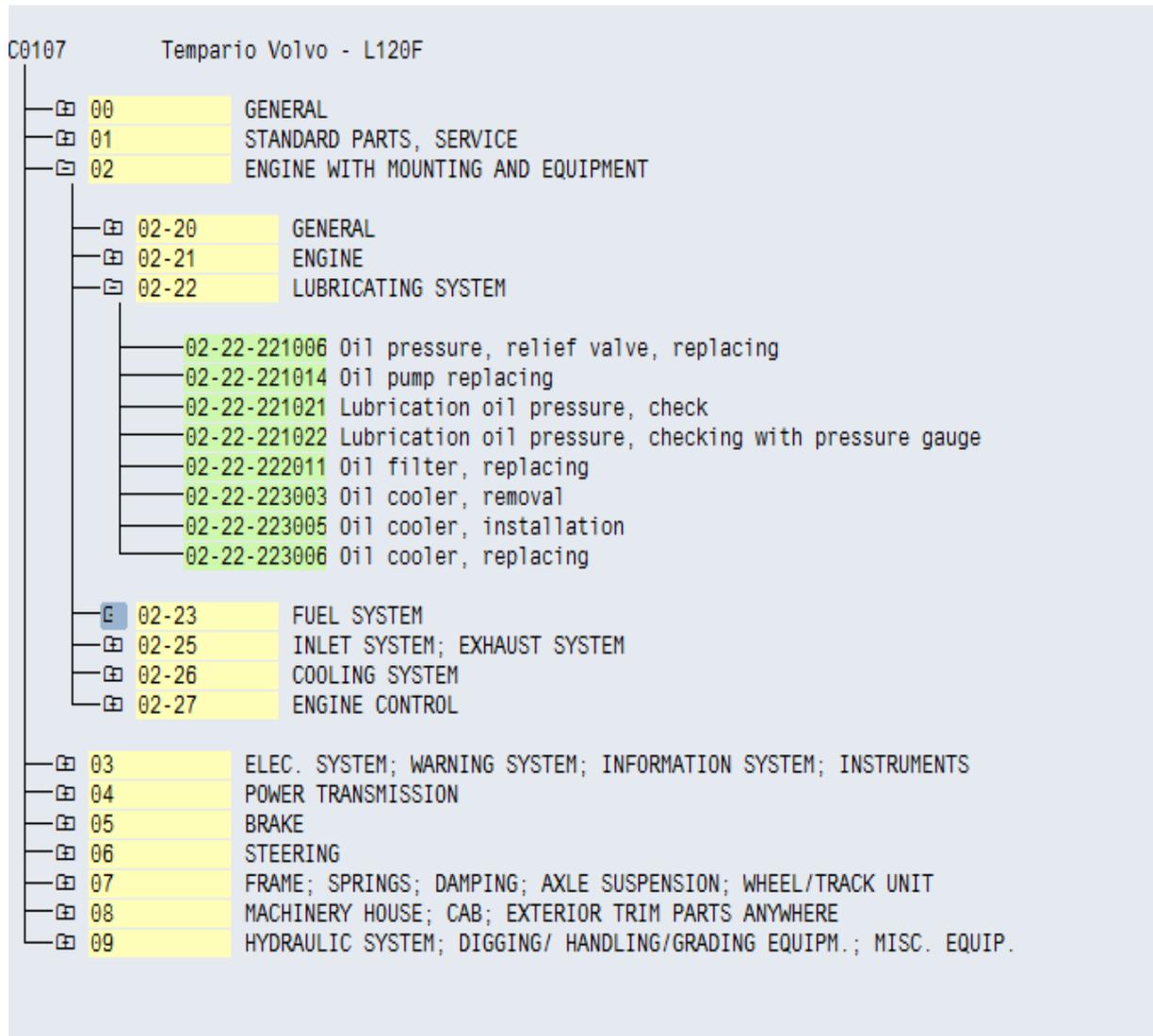
Para apoyar el esquema de realización de la metodología RCM, se determina una serie de alarmas que serán tomados como datos de ejemplo, además de los sistemas y subsistemas del cargador frontal de Volvo como el modelo a considerar en el proyecto.

Alarmas de Excavadora Volvo

Excavadora		
Machine	Alarm	Error Relacionado
EXC	Presión de Aceite del Motor	MID 128 PID 100 FMI 1
EXC	Caída de Presión Filtro de Aire	MID 128 PID 107 FMI 3
EXC	Temperatura del Refrigerante del Motor	MID 128 PID 110 FMI 0
EXC	Presión del Carter	MID 128 PID 153 FMI 0
EXC	Temperatura del Aceite del Motor	MID 128 PID 175 FMI 0
EXC	Agua en el Indicador de Combustible	MID 128 PID 97 FMI 0
EXC	Nivel de Aceite del Motor	MID 128 PID 98 FMI 1
EXC	Temperatura del Aceite Hidráulico	MID 187 PPID 1156 FMI 3

La figura muestra un listado de alarmas de una Excavadora de Volvo, junto al error o falla relacionado, de modo que a partir de una alarma considerada desde el sistema de reconocimiento de variables de Unidades de Volvo (Caretrack), se puede relacionar una posible falla y a partir de ésta, un factor de criticidad, que permitirá priorizar las distintas alarmas generadas, acciones posibles para cada una de ellas y solicitudes de servicio aprobadas por un experto que generen mantenimientos proactivos que permitan mantener el nivel de productividad de cada una de la unidades consideradas.

Sistemas y Sub Sistemas de Cargador Frontal



La figura representa las posibles fallas generadas, asociadas a los sistemas y subsistemas de un Cargador Frontal Volvo, modelo L120F, lo que representa la situación actual de ejecutar acciones a partir de fallas.

El modelo inteligente a implementar se basa en las mismas acciones a ejecutar, pero determinadas a partir de Alarmas (relaciona alarmas con posibles fallas) generadas automáticamente en un sistema centralizado y que serán categorizadas para que el experto las considere y toma la decisión de las acciones a ejecutar.

Reglas de Priorización de Acciones

La lógica de priorización de las alarmas considera la Regla de Priorización de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), cuya metodología se centra en el análisis de fallas de un equipo, sus causas y las acciones a ejecutar. De esta manera, la priorización considera el factor de Criticidad como el producto de las variables de Frecuencia de la falla y Severidad de la falla.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

De esta manera, Severidad corresponde a qué tan grave, puede ser la interrupción o falla de la función analizada en el sistema y Frecuencia corresponde a la facilidad con la que se puede presentar la falla mencionada.

Entonces la Criticidad, dependiendo de su valor permite identificar dentro de un conjunto de causas o alarmas asociadas a una falla funcional, las que deben ser estudiadas con mayor prioridad.

Por esto, se revisan los conceptos de severidad y probabilidad, que dan sustento a la criticidad como base fundamental del análisis de riesgo de los eventos analizados.

Severidad

Rango	Efecto	Comentario
1	Ninguno	La falla no tendrá efecto en el ambiente, la salud, la seguridad y la función del sistema
2	Muy leve	Perturbación menor funcionamiento. Posible acción correctiva durante el funcionamiento
3	Leve	Igual que la anterior pero con una acción correctiva que puede durar un poco mas
4	Entre leve y moderado	Perturbación menor, probabilidad de reacomodar la función del sistema o demora del proceso
5	Moderado	Demora del 100% del sistema o reacomodación total
6	Entre moderado y alto	Se pierde una parte importante de la función del sistema, demora en la reparación
7	Alto	Alta pérdida en al función del sistema, demoras mayores para restaurar su funcionamiento
8	Muy alto	Se pierde función, gran demora en la reparación
9	Riesgoso	Inconvenientes graves en cuanto a seguridad, salud y ambiente. Falla avisara antes de su ocurrencia
10	Riesgoso	Igual anterior, falla ocurrirá sin advertencia

En este caso, la severidad de fallas determina qué efectos puede tener en la unidad, si es que esta no es atendida prontamente, definiéndose desde el valor 1 (menos riesgoso) al nivel 10 (el más riesgoso). Cada uno de estos valores junto con el factor de probabilidad, determinan la criticidad de la falla, permitiendo priorizarlas y determinar acciones a ejecutar.

Probabilidad de Ocurrencia

Rango	Probabilidad	Comentario
1	1/10000	Probabilidad remota, no se espera falla
2	1/5000	Probabilidad baja
3	1/2000	Probabilidad baja
4	1/1000	Ocasional
5	1/500	Moderada
6	1/200	Moderada
7	1/100	Alta
8	1/50	Alta
9	1/20	Muy alta
10	1/10	Muy alta

Las probabilidades de ocurrencia determinan la posibilidad de que la falla ocurra en base a estadísticas de fallas para cada uno de los modelos considerados, de modo que en base a la experiencia, se determinará el valor correspondiente a cada una.

Esta información estadística es considerada a partir de los datos registrados en el sistema de mantenimiento utilizado, la que debe ser revisada y validada por los expertos de servicio, quienes determinan en definitiva las probabilidades de falla de los equipos VOLVO a considerar.

Fallas Funcionales más comunes

Fallas 2006					
Mecanicas	C	E	K	B	Total
Vehiculo sin embrague	1	1			2
Vehiculo desforzado	1	1			2
Recalentamiento	3	1			4
Rotura radiador	4	1			5
Fuga válvula relee	2	0			2
Ruido en caja y caja neutralizada	2	1			3
ruido transmisión	2				2
ruido motor	2				2
rotura manguera radiador	2				2
no le entran cambios	2				2
Trailer frenado		2			2
Se reventó abrazadera turbo			2		2
Eléctricas	C	E	K	B	Total
Alternador no carga	5	2		1	8
Vehiculo se apago y no prende	8	1		1	10
Vehiculo desforzado	1	1		0	2
Vehiculo no acelera	4	0		0	4

La figura muestra la cantidad de fallas para los modelos C, E, K y B durante el año 2006 tomados como ejemplos y que representa las probabilidades de ocurrencia para cada una de las fallas descritas. De esta tabla estadística, se derivan los factores de probabilidad de ocurrencia que junto con los valores de severidad de las fallas, completarán los valores de criticidad para cada caso, los que determinan las prioridades para cada uno de los casos.

Análisis de Causas de las Fallas

Falla Funcional	Mode de Fallas	Causas	Probabilidad (Rango)	Severidad	Criticidad
Vehículo desforzado	Mecanico	Limpieza Filtro	5	2	10
		Falla Inyector	2	6	12
		Caducidad Filtro combustible	7	2	14
		Desajuste manguera turbo	4	6	24
		Desajuste filtro de combustible	3	6	18
		Combustible contaminado (agua)	2	7	14
		Estallo turbo	2	7	14
		Obstrucción Filtro de combustible	4	2	8

La figura muestra un ejemplo sobre la derivación de la criticidad de una falla en función de la probabilidad de ocurrencia y de la severidad, ambos factores que conforman la criticidad final, valor que determina la prioridad de la falla y que es mostrado al experto para que tome una decisión en base a datos predefinidos. Cabe mencionar que la solución tecnológica a incorporar, considera cómo factor relevante, las alarmas generadas por las unidades, de modo que debe existir una relación entre alarmas y fallas que permita considerar el factor de criticidad de la falla como un valor inherente a la alarma, de manera de tomar las acciones de mantenimiento en forma proactiva, es decir, antes de que la falla ocurra.

La incorporación e implementación de la metodología RCM, junto a una serie de herramientas, sistemas tecnológicos y procesos de negocios, soportan lógicas de negocios consistentes, que permiten generar soluciones reales y robustas frente a problemas complejos

derivados del mantenimiento de máquinas y equipos, aumentando los márgenes de productividad, vida útil y valorización de activos, tendiendo en definitiva y a través de servicio de excelencia, hacia la integración con el cliente en este tipo de servicio.

Objetivo de Proyecto

El problema que se resuelve con el proyecto tiene que ver con el enfoque hacia el cliente y el servicio de excelencia en mantenimiento, determinados como pilares de la estrategia de negocios de SKC Maquinarias, incorporando un Rediseño Inteligente de la Oferta de Servicios de Mantenimiento (Proactivo), que modifica la forma de enfrentar la relación con el cliente, desde una situación pasiva o a la expectativa de la ocurrencia de eventos que afectaran la vida útil de las máquinas, a una acción totalmente dinámica que genera acciones proactivamente. De lo anterior, se desprende que lo rescatado por el proyecto es aumentar la productividad de las unidades en estudio y lo que busca es modificar el esquema de mantenimiento desde pautas estáticas en base a horas de utilización, a servicios de mantenimiento proactivos optimizando las detenciones y mejorando el tiempo de uso y disponibilidad de la máquina en producción.

De esta manera, las lógicas de negocios de “Determinación de Acciones de Mantenimiento” a partir de señales obtenidas desde las máquinas y la “Priorización de las Fallas” en base a los datos de criticidad determinados, además de la inclusión de la estrategia de mantenimiento RCM, apoyan decididamente la estrategia de “Integración a Nivel de Servicios” con el Cliente, ya al generar mayor productividad de las máquinas al resolver las fallas proactivamente, SKC Maquinarias está en la posición de tener el control del mantenimiento de las máquinas o venderlas con servicios integrales, entregándole al cliente lo que le importa, es decir, la operación y la producción.

Cabe recalcar, que la lógica de negocios usada, a pesar de no ser compleja, busca generar un impacto radical en la estrategia de negocios de SKC Maquinarias, usando la metodología definida, el rediseño de procesos y la tecnología adecuada, cómo una solución real a problemas complejos como el mantenimiento de equipos.

Situación Actual



Proyecto



Mantenimiento Proactivo

Mantenimiento Proactivo es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos.

Ventajas del Mantenimiento Proactivo

Un programa de mantenimiento proactivo exitoso gradualmente eliminará los problemas de la máquina a través de un periodo de tiempo, lo que resultará en una prolongación importante de la vida útil de la máquina, una reducción del tiempo de inmovilización y una capacidad de producción extendida.

Una de las mejoras características de la política, es que sus técnicas son extensiones naturales de las que se usan en un programa predictivo y se pueden agregar a los programas existentes de mantenimiento preventivo.

El día de hoy es necesaria una política de mantenimiento equilibrada que incluya el uso apropiado de métodos preventivos, predictivos y proactivos, ya que estos elementos no son independientes y deben ser partes integrantes de un programa de mantenimiento unificado, lo que se refleja en:

- *Capacidad de producción extendida*
- *Prolongación importante de la vida útil de la máquina*
- *Reducción del tiempo de inmovilización*
- *Confiabilidad*

El negocio del mantenimiento en la Minería

El proyecto se encausa en la proyección de la inversión en el sector minero, que supera los 60.000 millones de dólares para los próximos años, llevando los niveles de producción de cobre a bordear los 7 millones de toneladas. Esta situación, dará al negocio minero una magnitud tal que sólo el componente mantenimiento representará un negocio mayor al de sectores importantes en la economía nacional como los asociados al vino, salmones o celulosa.

Costos de Mantenimiento Minería:

- *Expertos indican que el mantenimiento representa un 60% de los costos totales de la industria, mientras que otras más conservadoras hablan de un valor en torno al 25%, lo que refleja la alta variabilidad en las estructuras productivas de la industria y el papel del mantenimiento en ellas.*
- *Los costos de la minería constituyen un negocio casi tan importante como la industria en sí misma.*
- *Gasto en mantenimiento del orden de 30% del costo total, lo que equivale a US\$ 5.946 millones el año 2010 o 3% del PIB nacional.*
- *Para la gran minería del cobre el mantenimiento representa aproximadamente el 31%, para la mediana minería representa en torno al 22%.*

Importancia del Servicio Técnico

Servicio técnico, su importancia de cara al cliente.

El servicio técnico no es simplemente un servicio de reparación o mantenimiento, es la imagen de la empresa ante al cliente y el técnico es parte fundamental de esa imagen por su contacto directo con el cliente. Por eso, los técnicos que realizan este servicio han de tener pleno conocimiento de la importancia de su labor.

Una buena relación con el cliente, fomentada con información y comunicación, potenciará su confianza en la empresa, logrando la fidelización del cliente.

El técnico ha de resolver los problemas y de ser posible, anticiparse a ellos, detectar anomalías incluso antes de que el cliente tenga conocimiento de ellas y, lo más importante, ***dar soluciones no problemas.***

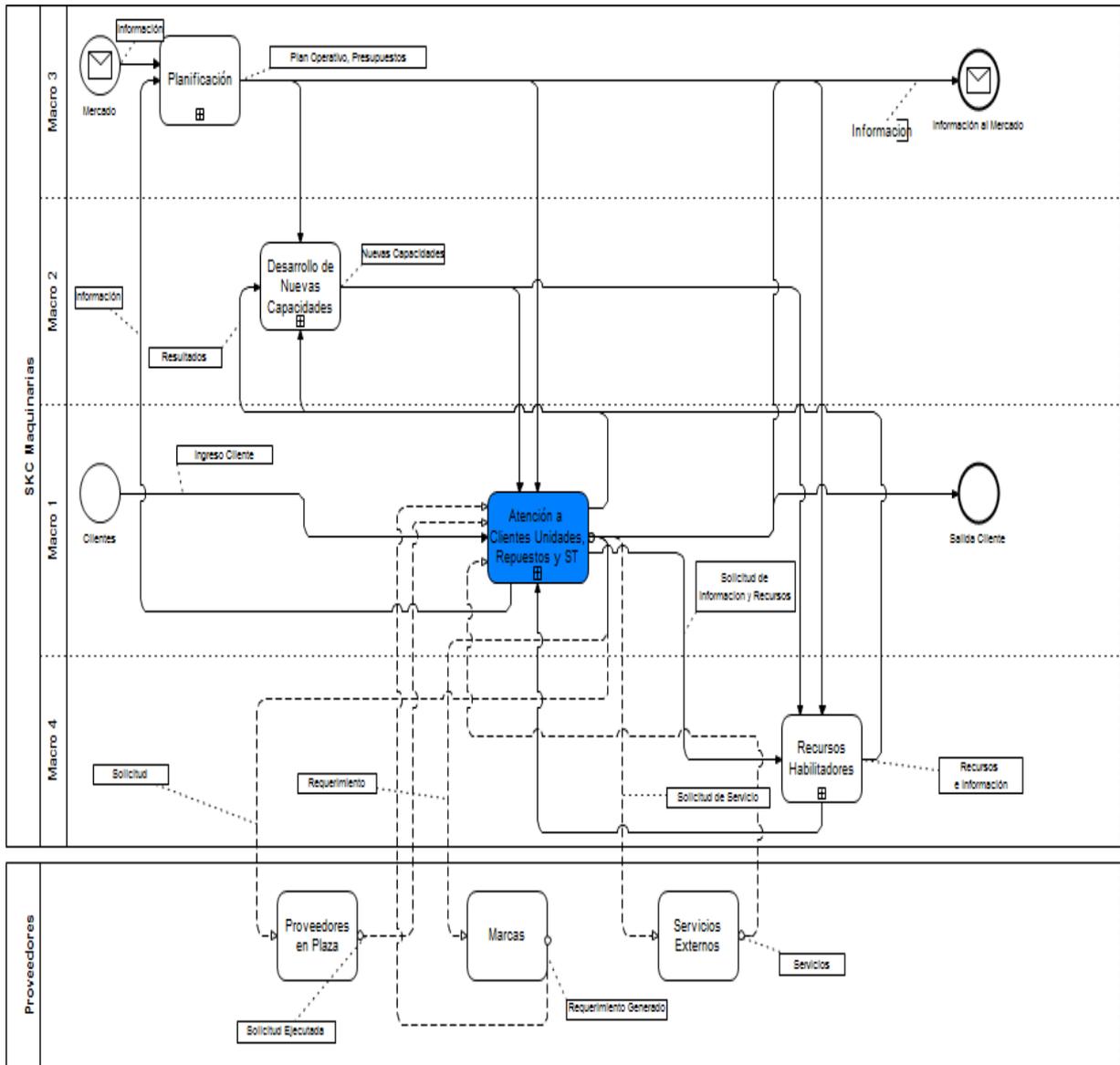
Además se ha de establecer una comunicación continua, preguntar al cliente por sus necesidades, ver si se le puede ayudar en algo más, hay que hacer ver al cliente que la empresa está para darle un servicio y ayudarle en todo lo posible.

Es aconsejable además, profundizar la relación con el cliente y su visión del servicio entregado a través de encuestas más precisas o explícitamente de servicio, ya que esto permite evaluar el grado de satisfacción del cliente con nuestra empresa, evaluar el desempeño del técnico, ver puntos de mejora y detectar nuevas necesidades del cliente.

El 40% de los clientes le abandonará después de cometer dos errores en el servicio y el 59% cambiará de empresa para obtener un mejor servicio.

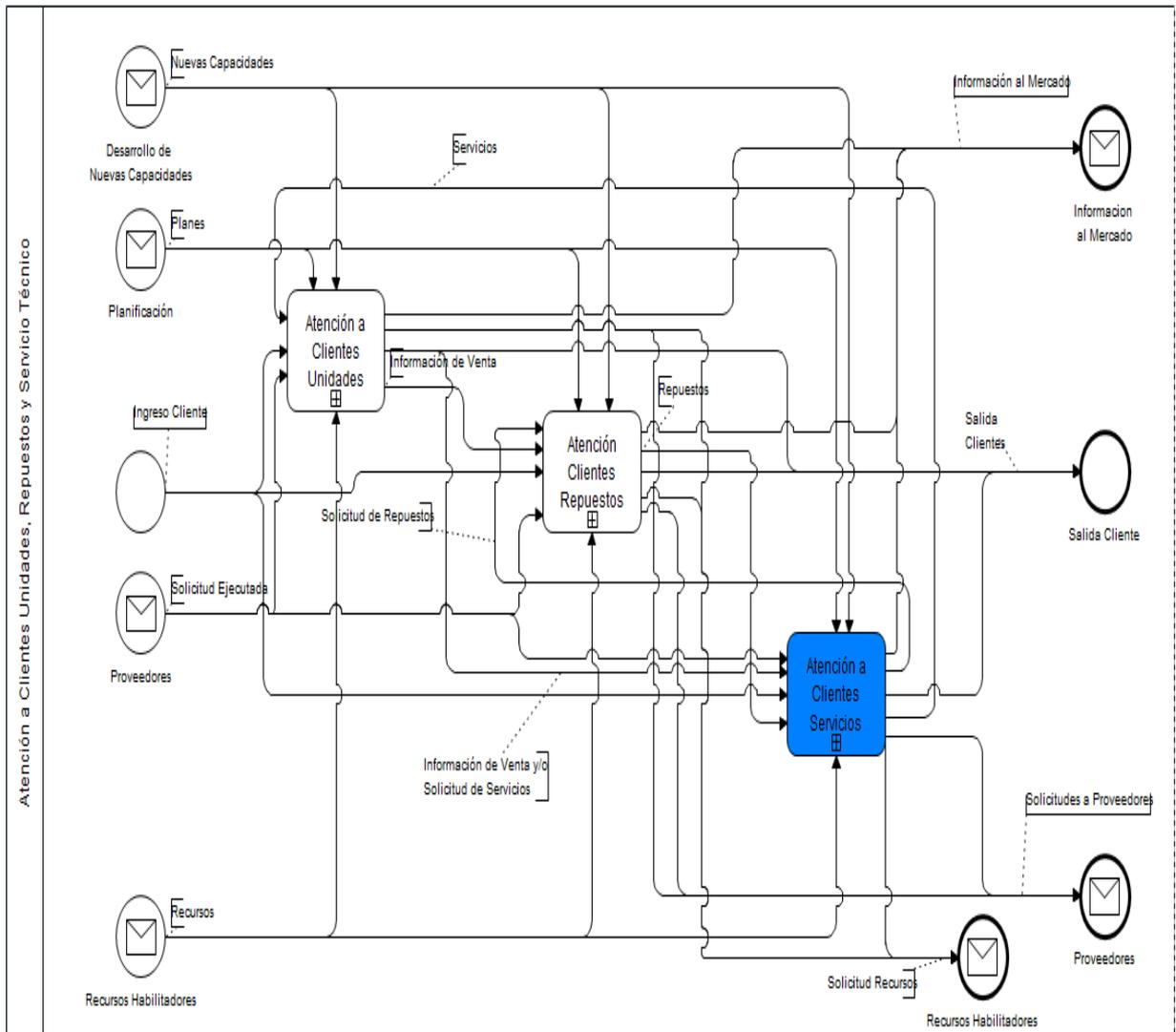
El riesgo de un mal servicio es la pérdida de clientes, por eso es muy importante que el técnico tenga pleno conocimiento de su labor, más allá de la parte técnica.

SKC Maquinarias



El marco inicial, respecto del rediseño de proceso corresponde a la situación actual de los procesos de “Atención a Clientes de Unidades, Repuestos y Unidades”, que mantienen sus relaciones y que a través de la Macro 1 de Patrones de Procesos, llevan a cabo una Oferta de Servicios inteligente, asociada a la entrega de servicios de mantenimiento basados en la proactividad.

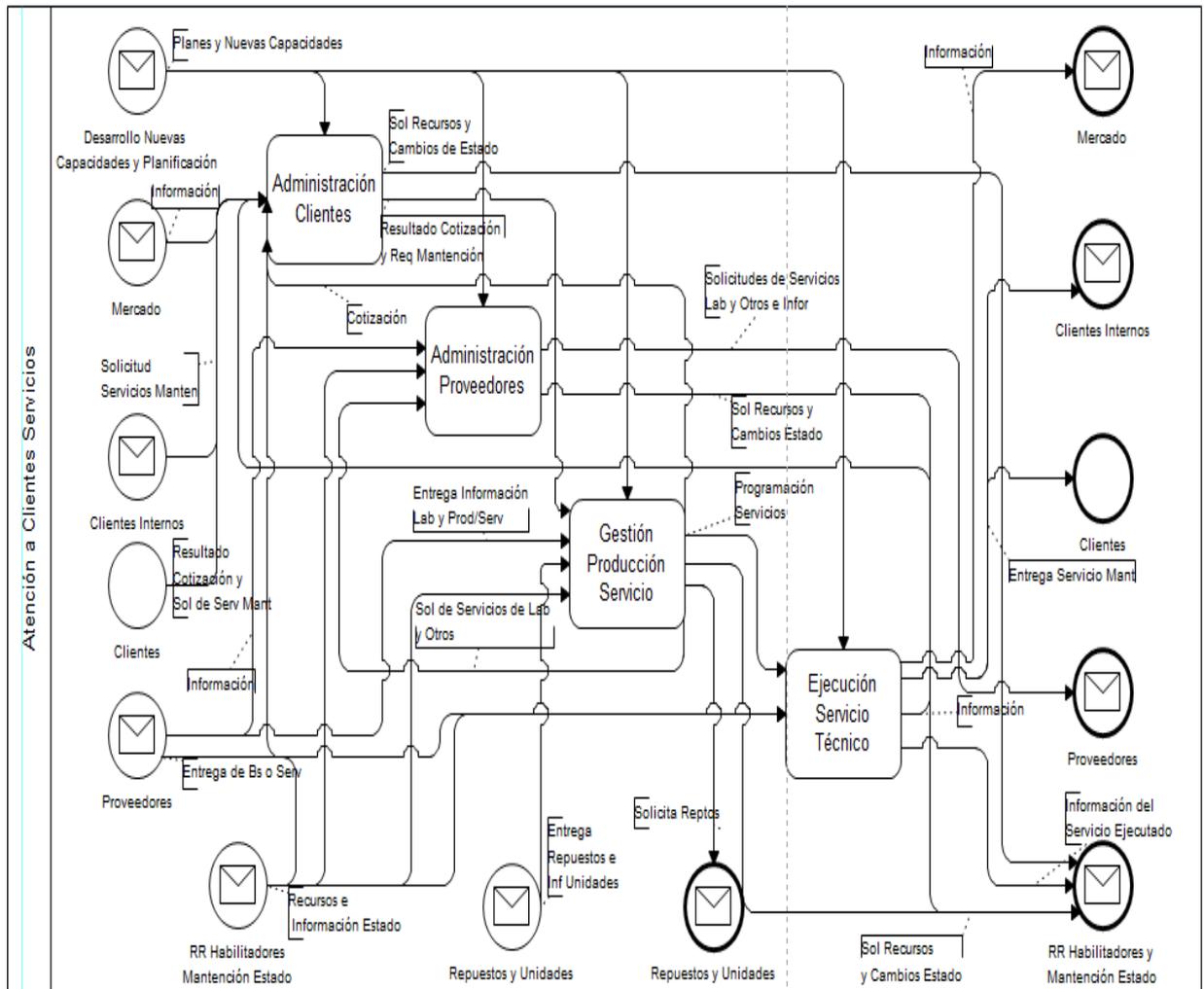
Atención a Clientes Unidades, Repuestos y Servicio Técnico



En este caso, la figura muestra la separación de los servicios entregados a las diferentes áreas de negocios y que representan los distintos procesos a clientes ofrecidos por SKC Maquinarias.

El enfoque del proyecto está centrado en la cadena de valor de “Atención a Clientes de Servicio” de SKC Maquinarias, de modo de incorporar una oferta de negocios más atractiva para el cliente, ya que incorpora el aumento de la productividad de las unidades en operación, al mayor nivel posible, lo que es posible a partir de la ejecución de “Servicios de Mantenimiento Proactivo”, que son desarrollados en adelante.

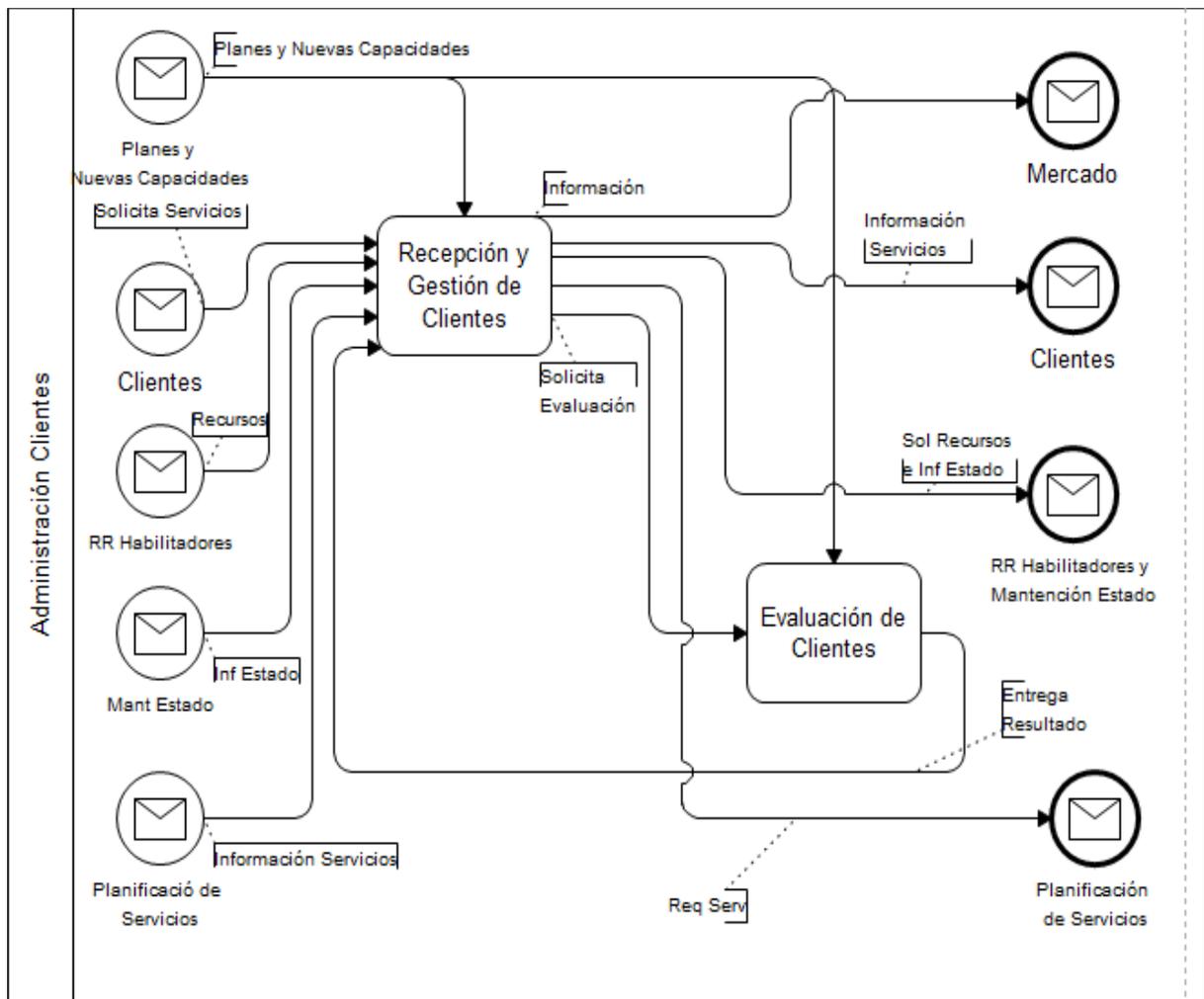
Atención a Clientes Servicios



La Oferta de Mantenimiento Proactivo, representa la mejora en la Atención a Clientes de Servicios, que en esta etapa se desglosa en función de la “Administración de Clientes”, “Administración de Proveedores”, la “Gestión de Producción de Servicios” y la entrega de los servicios a través de la “Ejecución de Servicio Técnico”.

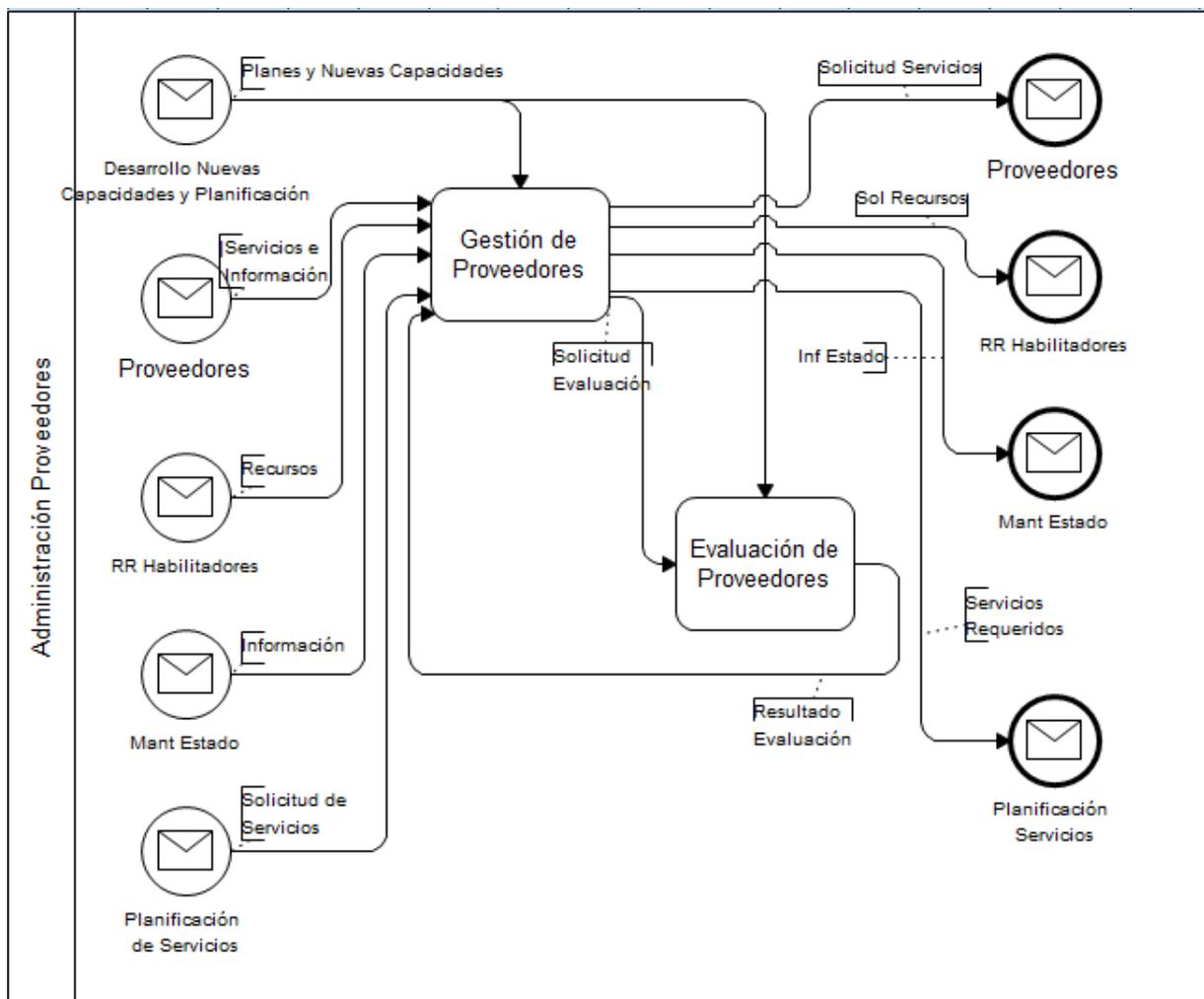
El enfoque del rediseño del proceso se concentra en la etapa de “Gestión de Producción de Servicios”, en donde se determinan las acciones de servicios proactivos a ejecutar, además de la consolidación de las distintas solicitudes de servicios generadas y la determinación final de las acciones a ejecutar que se asocian a las capacidades disponibles, lo que definitivamente genera la programación de mantenimiento.

Administración Clientes



En esta figura, se visualiza la relación con el cliente en donde se toman los requerimientos de servicios y se lleva a cabo la evaluación respecto de ejecutar o no los servicios solicitados. También, se puede validar las solicitudes de información y servicios generados desde el proceso de planificación y que son considerados dentro del proceso de negocios referenciado, generando como resultado, las evaluaciones de clientes correspondientes y los requerimientos de servicios aprobados.

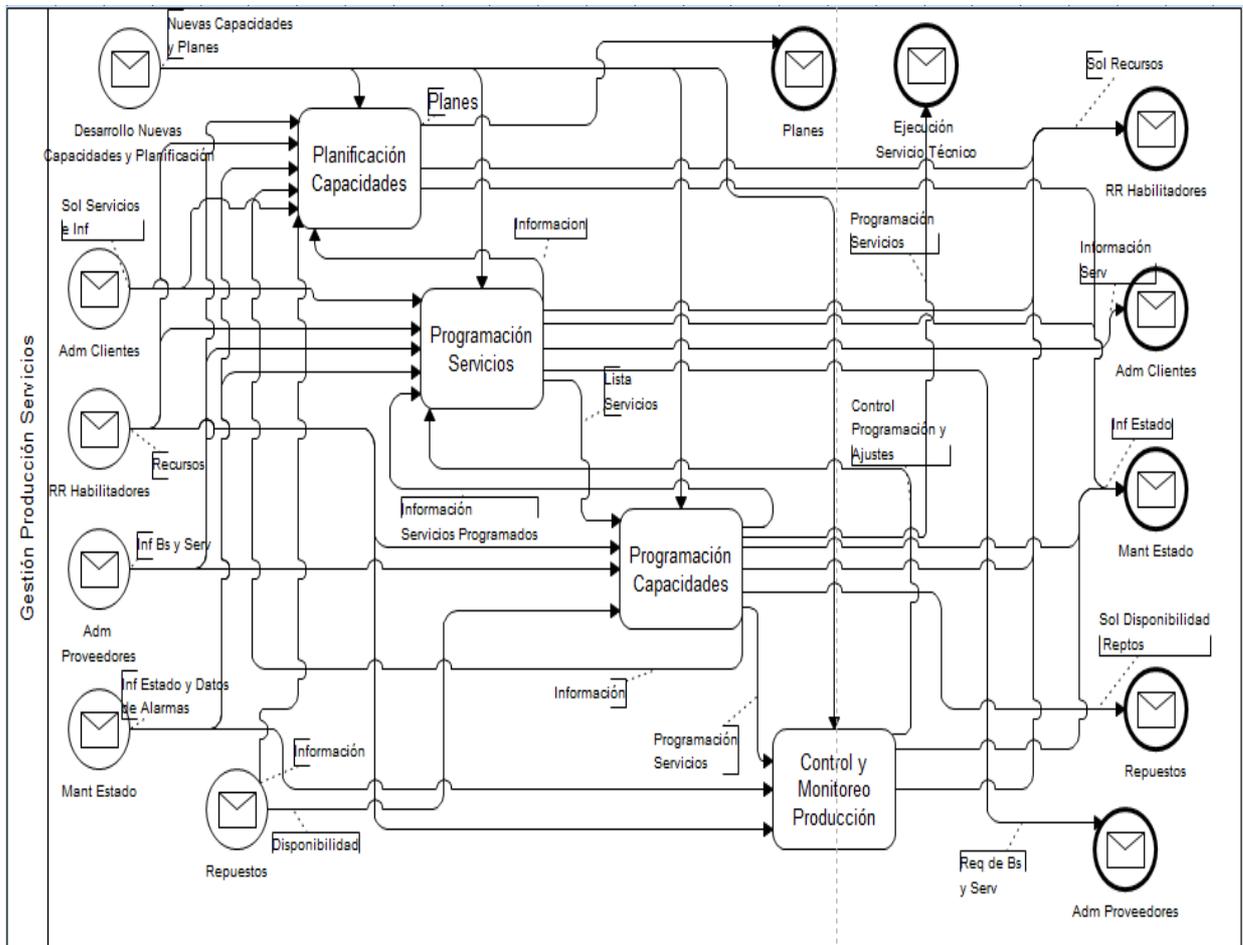
Administración de Proveedores



En esta etapa se visualiza la relación y administración de Proveedores que permite validar los servicios y productos entregados, generando una evaluación de la relación para cada caso.

En el caso del "Mantenimiento Proactivo", la relación con los Proveedores puede llegar a ser muy importante, ya que dado que SKC Maquinarias requiere muchas veces de apoyo de bienes y servicios externos que permiten generar de mejor manera la oferta de servicios de mantenimiento proactivos inteligente propuesta.

Gestión Producción Servicios

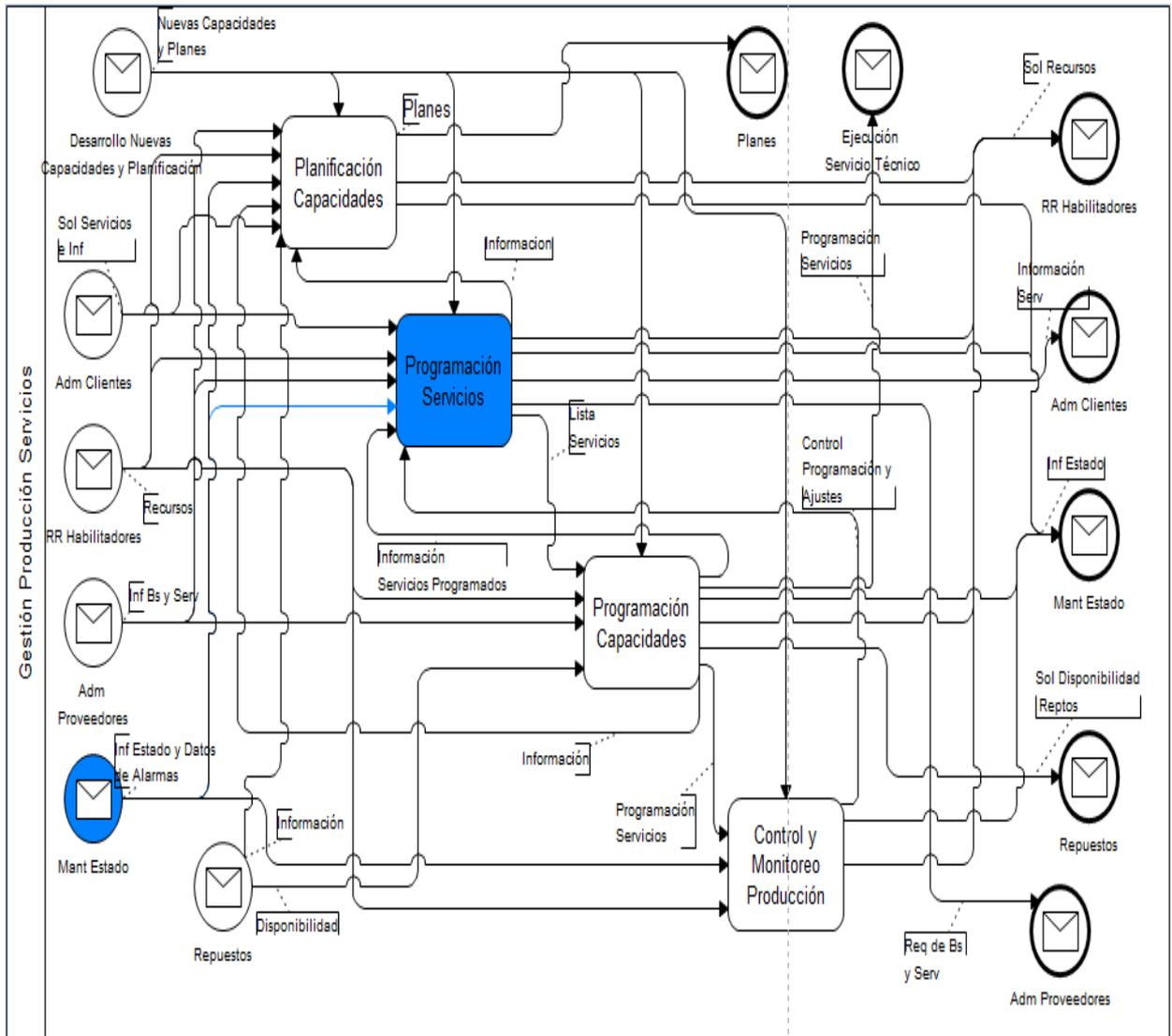


La Gestión de Producción de Servicios incorpora la obtención de información de alarmas desde un sistema tecnológico de reconocimiento de datos generado desde la unidad o máquina en estudio (Caretrack) a través de Mantenimiento de Estado, que revisa las variables de determinación de servicios de mantenimiento proactivo, permitiendo comparar los datos obtenidos con un registro de acciones de servicio propuestas, de tal manera de considerarlas en la programación de las actividades a ejecutar.

La anticipación en la generación de las posibles actividades de mantenimiento, permite administrar de mejor manera las capacidades limitadas, obteniendo como resultado un mejor uso de los recursos.

DETALLE DEL REDISEÑO

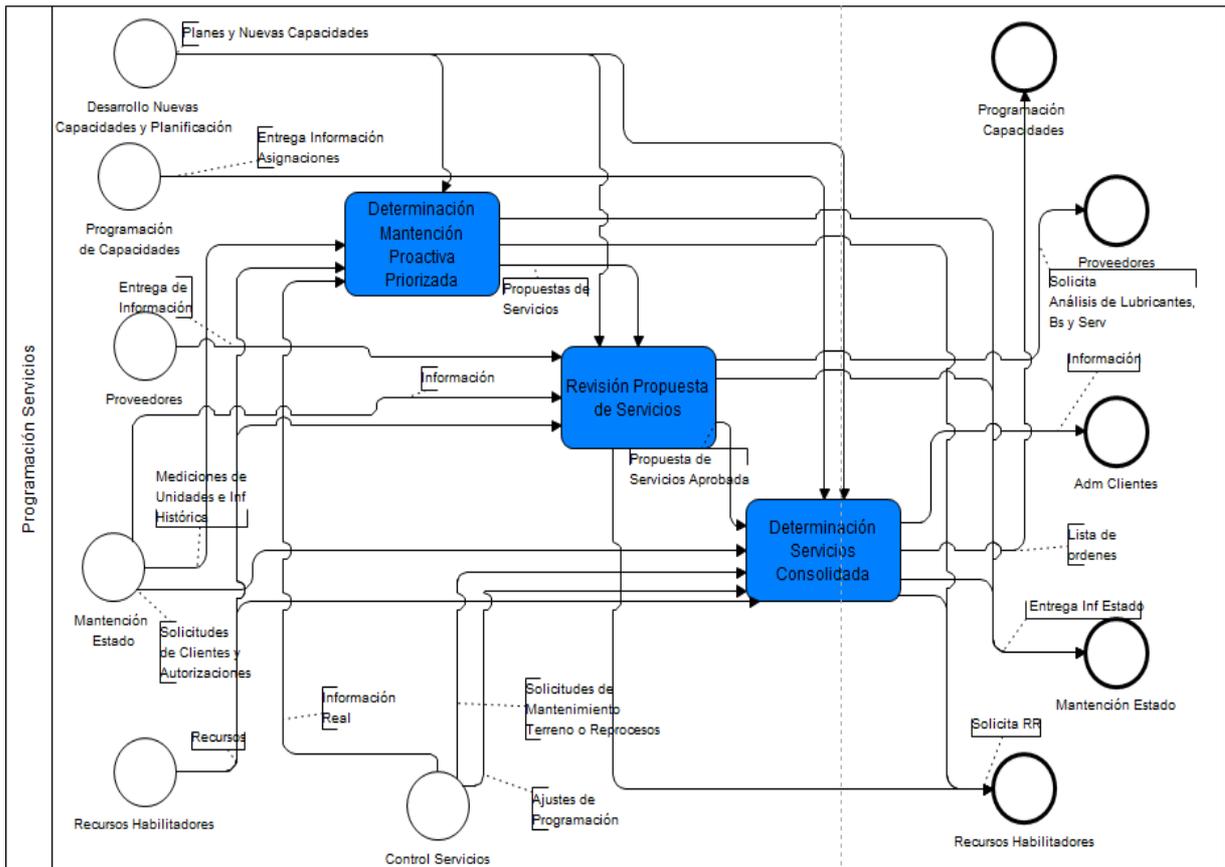
Gestión de Producción Servicios



El rediseño implica modificar la “Gestión de Producción de Servicios” incorporando, a través de la Mantenición de Estado, los datos de alarmas y fallas procesados directamente desde las Unidades, los que son enviados a la Programación de Servicios de Mantenimiento, en donde se generan solicitudes de mantenimiento priorizadas, que junto a las solicitudes directas de servicio generadas por Clientes y solicitudes de reprocesos y ajustes de programación, forman la base de

información que generan las listas de acciones y órdenes de servicios a ser procesadas, luego de lo cual y en base a las disponibilidades, se lleva a cabo la asignación de las capacidades disponibles generando como resultado, el “Programa de Servicios”, registrado como órdenes liberadas en el sistema SAP.

Programación de Servicios



La información de las unidades llega al proceso de Programación de Servicios de Mantenimiento, que está conectado con un repositorio de información que registra la identificación única de la unidad (chassis), las Alarmas y Fallas, la unidad de comando afectada, el componente, las mediciones, etc., componiendo en definitiva, la historia completa de la máquina.

La información entonces, se valida con los datos registrados y definidos como variables de decisión y acciones de mantenimiento a realizar, generando a través del sistema un listado de acciones propuestas.

El proceso permite obtener la información en tiempo real de la operación de cada una de las unidades, la cual es procesada por servicio técnico, quién determina las órdenes a registrar en el Sistema SAP, obteniendo de esto, un número de identificación de la Orden de Trabajo, la Unidad a la cual se le realiza el mantenimiento, el cliente y los datos del tipo de servicio a realizar.

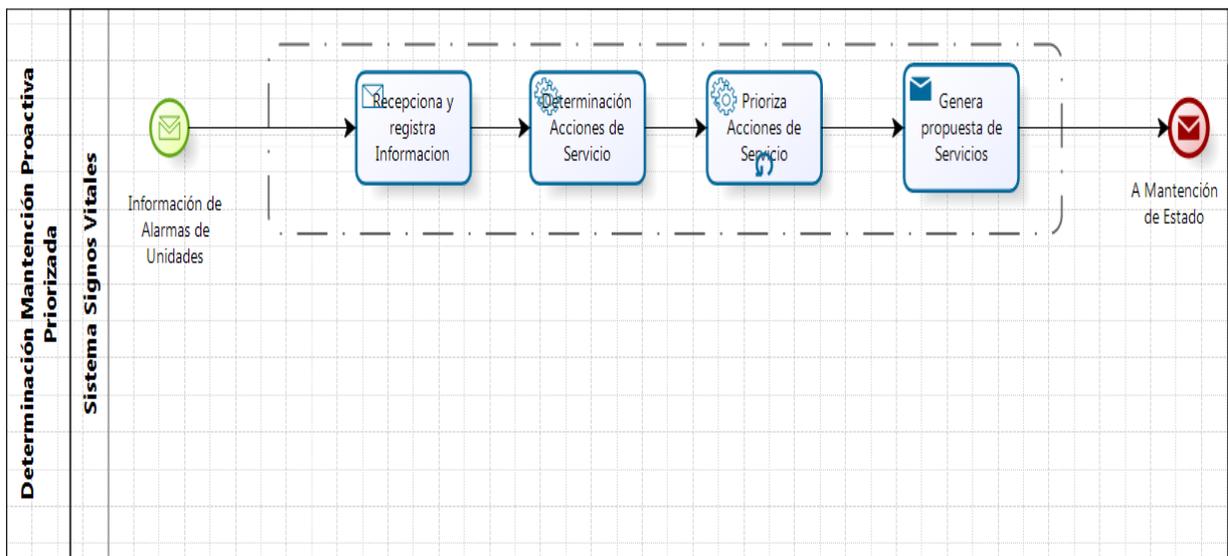
Las variables que se consideran en el proceso son:

- *Identificación de la Unidad*
- *Fecha/Hora del Evento (Alarma/Falla)*
- *Identificación de la Unidad de Mando (Motor, Display de Información, W-ECU, ECC-ECU, Unidad de Mando del Vehículo, V2ECU)*
- *Tipo de Componente*
- *Componente (Elemento de Arranque, Temperatura Enfriador, Nivel de Aceite Motor, Temperatura del Refrigerante, etc.)*
- *Alarma/Falla*

En definitiva, el proceso a rediseñar y contemplar en el proyecto, corresponde a la Programación de Servicio de Mantenimiento, proceso que se ve afectado por la información de las Unidades recopiladas a través del Software de reconocimiento y que tienen como resultado, la obtención de una propuesta de servicios a través de una Orden de Trabajo de mantenimiento generada por el área de servicios, que es registrada en el Sistema Customer Service (CS) del Sistema SAP.

Determinación de Mantenimiento Proactiva Priorizada

Dentro del proceso a rediseñar, la “Determinación de Mantenimiento Proactiva Priorizada” concentra en gran medida las acciones inteligentes a considerar para aumentar la productividad de las unidades y generar la información para las acciones proactivas de mantenimiento. Estas acciones inteligentes y en las que se basa el proyecto de mejora para el área de mantenimiento de SKC Maquinarias, se desarrollará en el acápite **Regla de Generación de Acciones - Árbol de Decisión y Reglas de Priorización de Acciones** en el Capítulo “Marco Teórico Conceptual”, ya que contemplan las lógicas importantes para el desarrollo del proyecto.



En este caso, el Sistema SKSignos, a través de la API de Caretrack (Sistema de Reconocimiento de Eventos de Unidades Volvo), obtiene la información de las Alarmas/Fallas generadas en las Unidades de Volvo y ejecuta la lógica de “Determinación de Acciones de Servicio” y de “Priorización de Acciones”, las que generan un listado priorizado de acciones o propuesta de servicios.

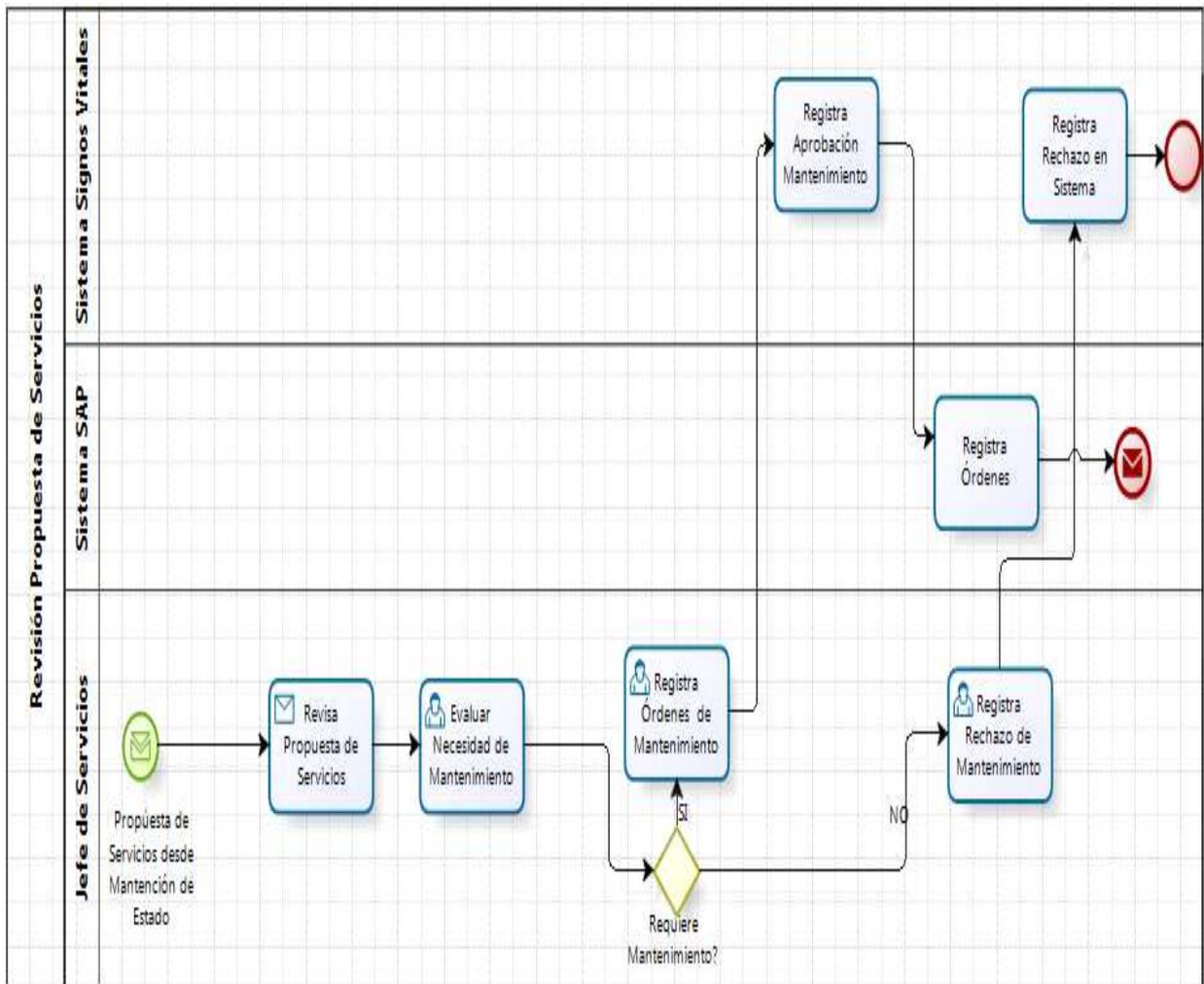
La “Determinación de Acciones de Servicio” contiene la lógica de negocios a considerar a partir de la metodología considerada, que se refleja en un árbol de decisiones conceptual detallado en la descripción del marco teórico que sustenta el proyecto.

Posteriormente y ya obtenidos las acciones propuestas, se ejecuta el proceso de Priorización de Acciones en base a la metodología antes mencionada, generando un listado de acciones ordenado en base a la criticidad de la posible falla y representado de la manera siguiente:

$$(Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia)$$

La metodología que se considera en esta etapa, corresponde a RCM (Reliability Centered Maintenance) y se explica posteriormente con mayor grado de detalle.

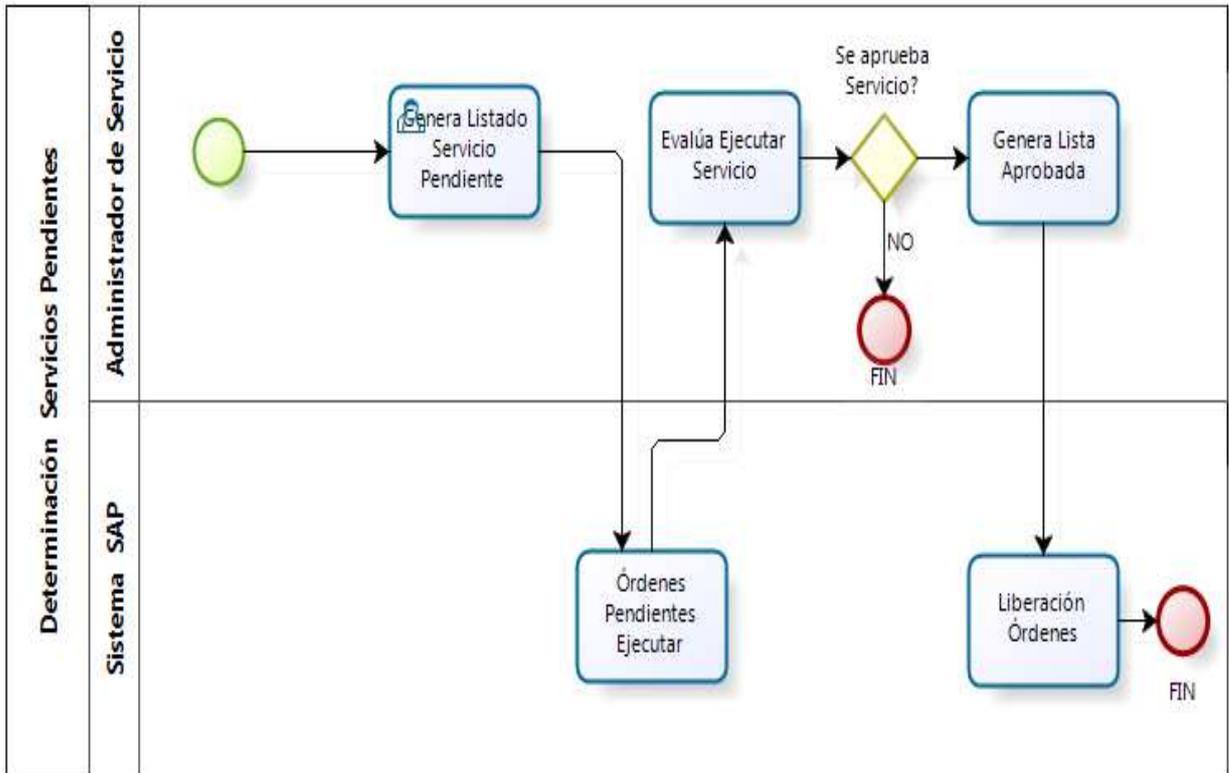
Revisión Propuesta de Servicios



En este proceso de “Revisión de Propuesta de Servicios”, el Jefe de Servicio Técnico recibe el listado de servicios propuestos y priorizados, validando la información obtenida y evaluando la necesidad de mantenimiento de la máquina y las condiciones comerciales como variables no consideradas en el modelo. Lo que resulta en la aprobación o rechazo de las acciones propuestas, generando órdenes que son registradas en el Sistema CS de SAP, además de los eventos de aprobación y rechazo en “SKSignos”, como información histórica para futuras decisiones.

Determinación de Servicios Consolidada

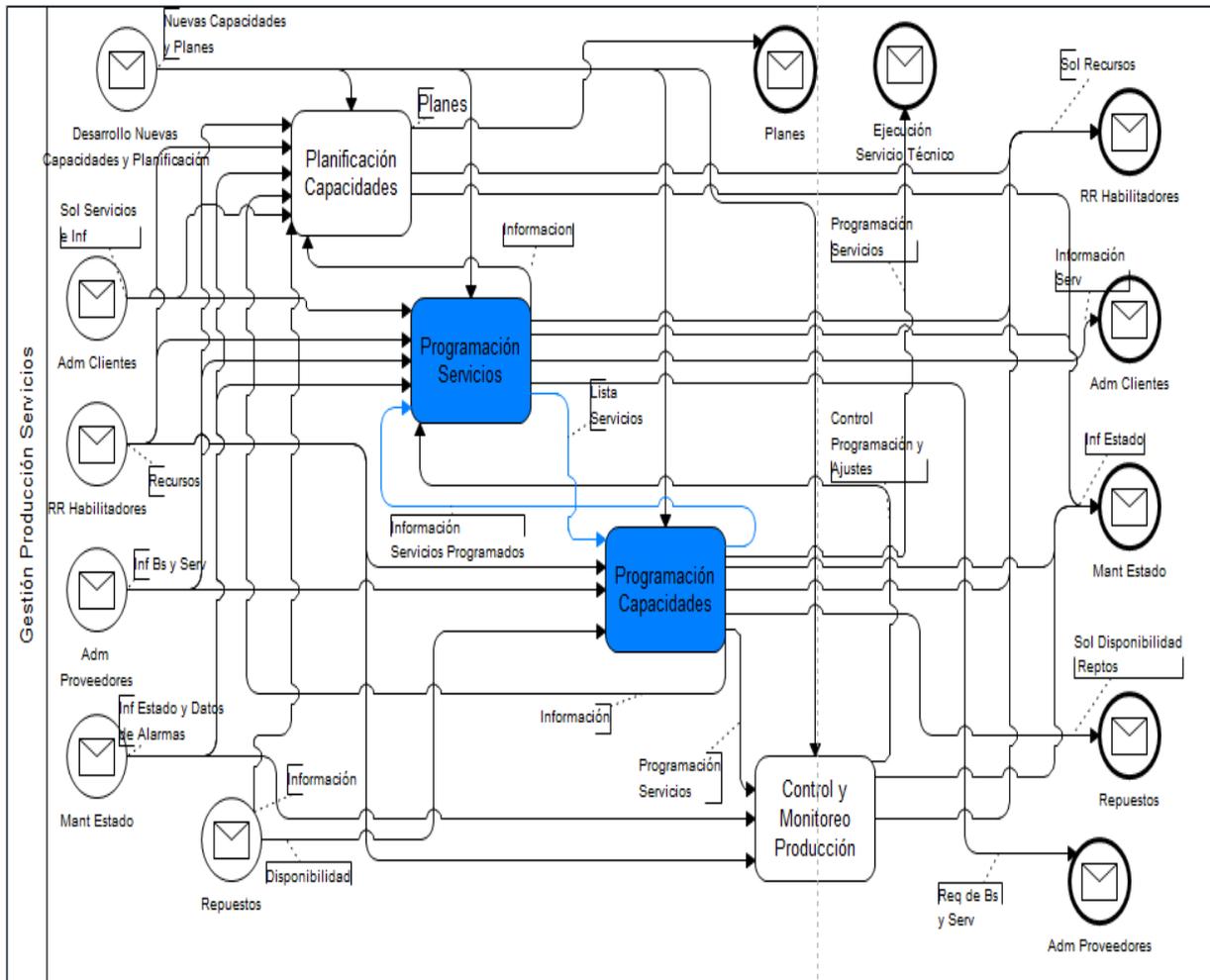
Está constituida por el registro de las órdenes directamente de clientes, las solicitudes de reproceso y las propuestas de mantenimiento proactivo aprobadas y que están disponibles en SAP para su ejecución.



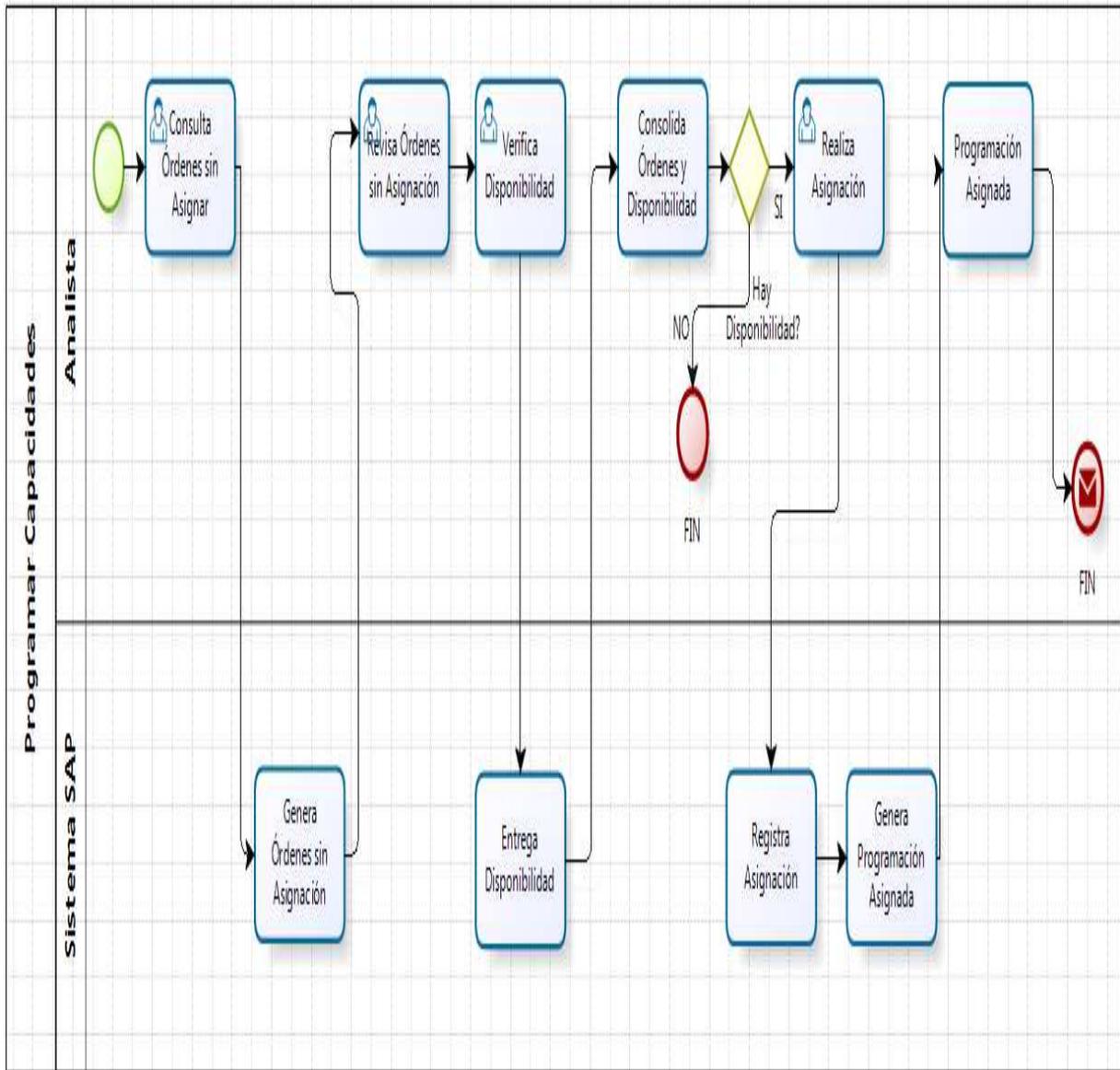
La propuesta de mantenimiento generada desde SKSignos y registrada como propuesta en SAP, más las solicitudes de reprogramación de actividades de servicios y las solicitudes directas de clientes, se muestran al administrador de servicios quien toma las decisiones en función del contexto general de solicitudes.

Estas órdenes registradas son evaluadas y determinadas en base al conocimiento experto, lo que genera un listado de órdenes aprobadas y liberadas en SAP para su ejecución.

Programación de Capacidades



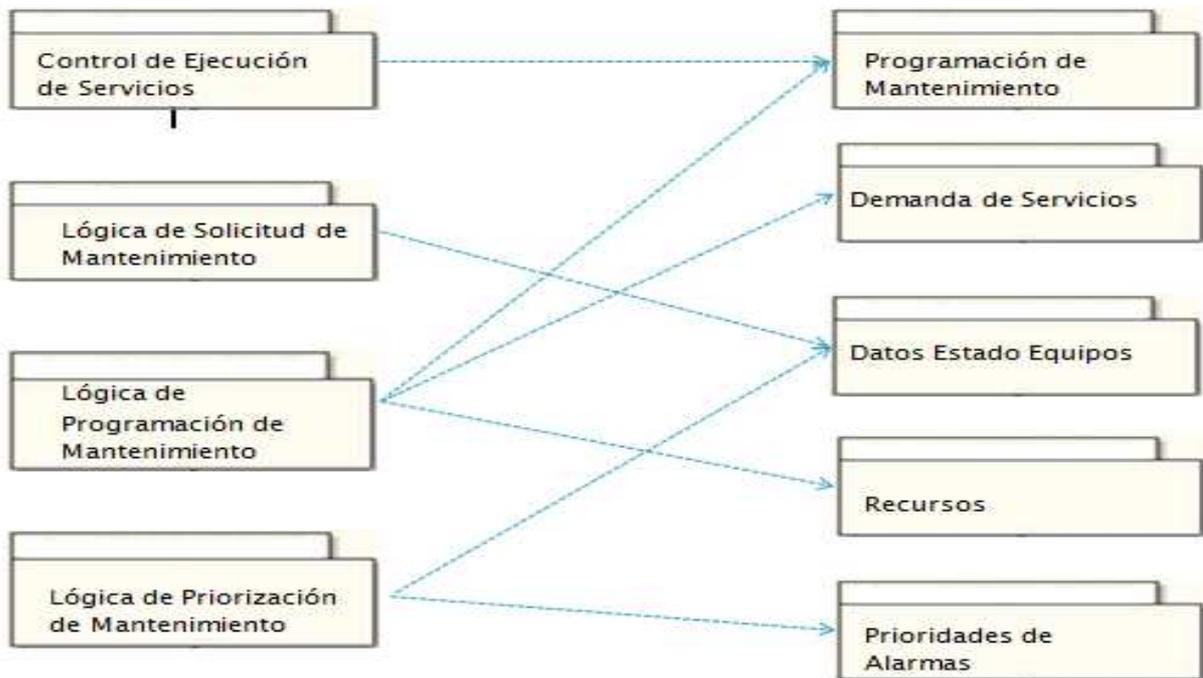
El proceso de Programación de Capacidades considera el resultado de la Programación de Servicios, que corresponde a un listado de Órdenes de Servicio liberadas en CS de SAP, y que representan las acciones aprobadas por los expertos de Servicio Técnico. Esta lista de órdenes es considerada en el proceso de “Programación de Capacidades” y asignada a los Talleres y Técnicos disponibles, generando en definitiva, el Programa de Servicios de Mantenimiento, cuya ejecución será derivada al proceso de “Ejecución de Servicio Técnico”, además de ser contrastada con el proceso de “Control y Monitoreo de Producción”.



Este proceso obtiene las órdenes sin asignar dentro del sistema CS de SAP y en función de las capacidades disponibles, asigna los recursos correspondientes, que son registrados en el sistema para sus controles posteriores.

Este proceso en definitiva, genera el “Programa de Mantenimiento” que se entrega a los procesos posteriores para su ejecución, control y validación.

ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE APOYO

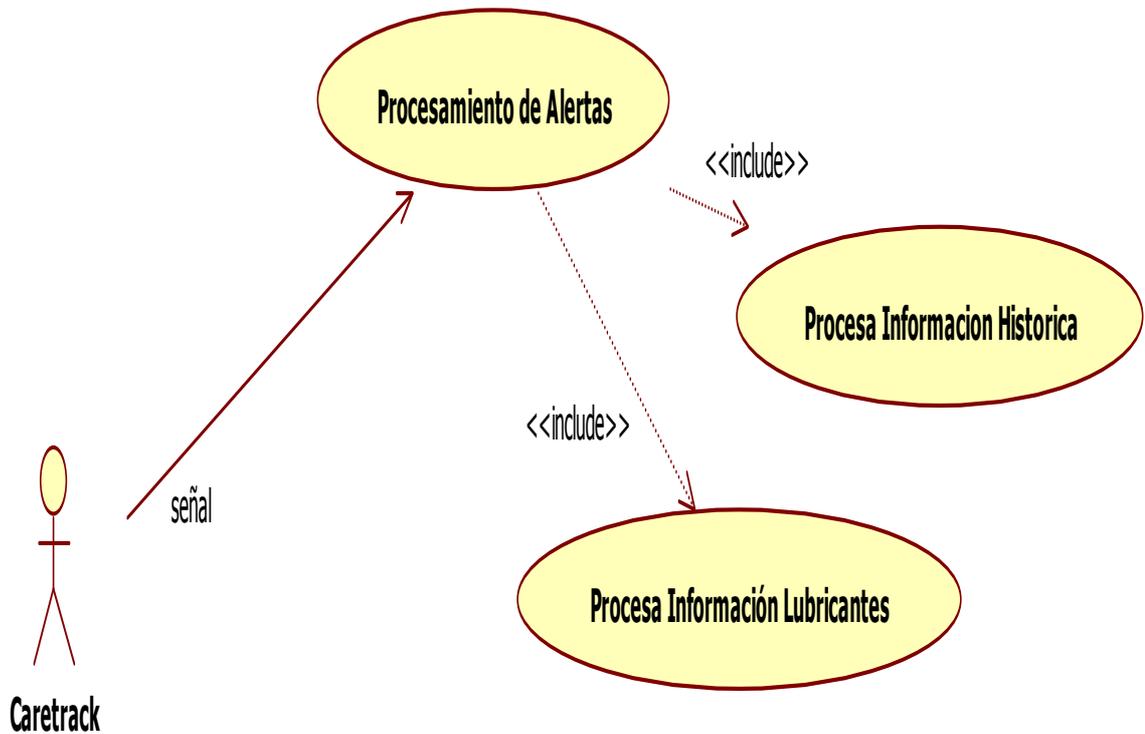


La estructura de sistemas considera los paquetes de tecnología de la figura anterior, en donde se considera la aplicación de la lógica de solicitudes de mantenimiento a consolidar y presenta al experto la información para la toma de decisiones de servicio, en base a los datos de demanda de servicios y los datos de estado de los equipos generados desde las unidades a través de Caretrack. Para esto último, se conecta la solución tecnológica a una API provista por VOLVO, desde donde se obtiene la información de alarmas de las unidades y se generan las órdenes de servicio. Estos datos de estado de los equipos además, junto a las Prioridades de Alarmas definidas a través de la metodología RCM, permiten asociar un factor de riesgo que permiten priorizar las órdenes de servicio.

El paquete de lógica de programación, considera la programación de mantenimiento en base a la demanda de servicios y los recursos disponibles de Talleres, Técnicos, de forma de poder asignar la demanda a las disponibilidades y capacidades. Por último el control de Servicios, permite validar que los programas de mantenimiento se lleven a cabo, validando que las conclusiones derivadas, prioridades definidas y capacidades se cumplan.

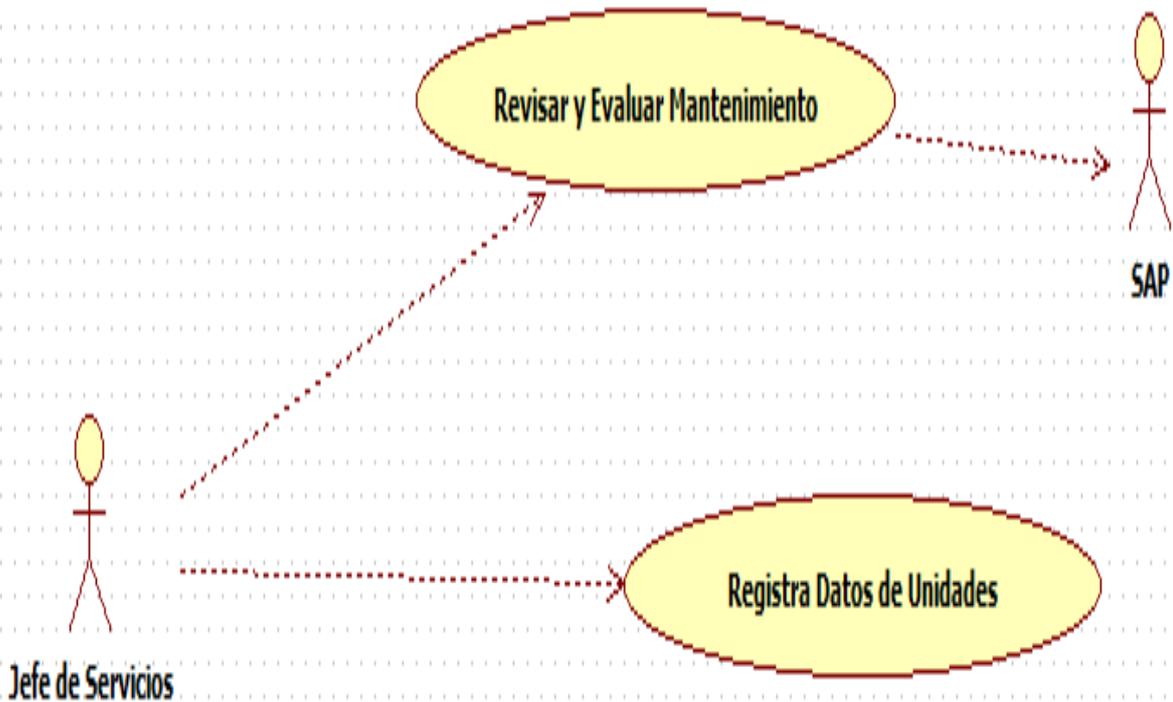
CASOS DE USO

Determinación de Mantenimiento Proactiva Priorizada



El caso de uso, muestra la interacción de los usuarios con el sistema a configurar, por lo que se representan las acciones de “Procesamiento de Alertas”, que corresponde al núcleo del trabajo a realizar, ya que en este caso de uso, se generan las acciones de obtención de alarmas, procesamiento de éstas, generación de acciones en base a regla de negocio definida y priorización de acciones, lo que acompañado de la obtención de información complementaria de la historia de la unidad y de los análisis de lubricantes generados, permitirán generar una propuesta de servicios priorizados.

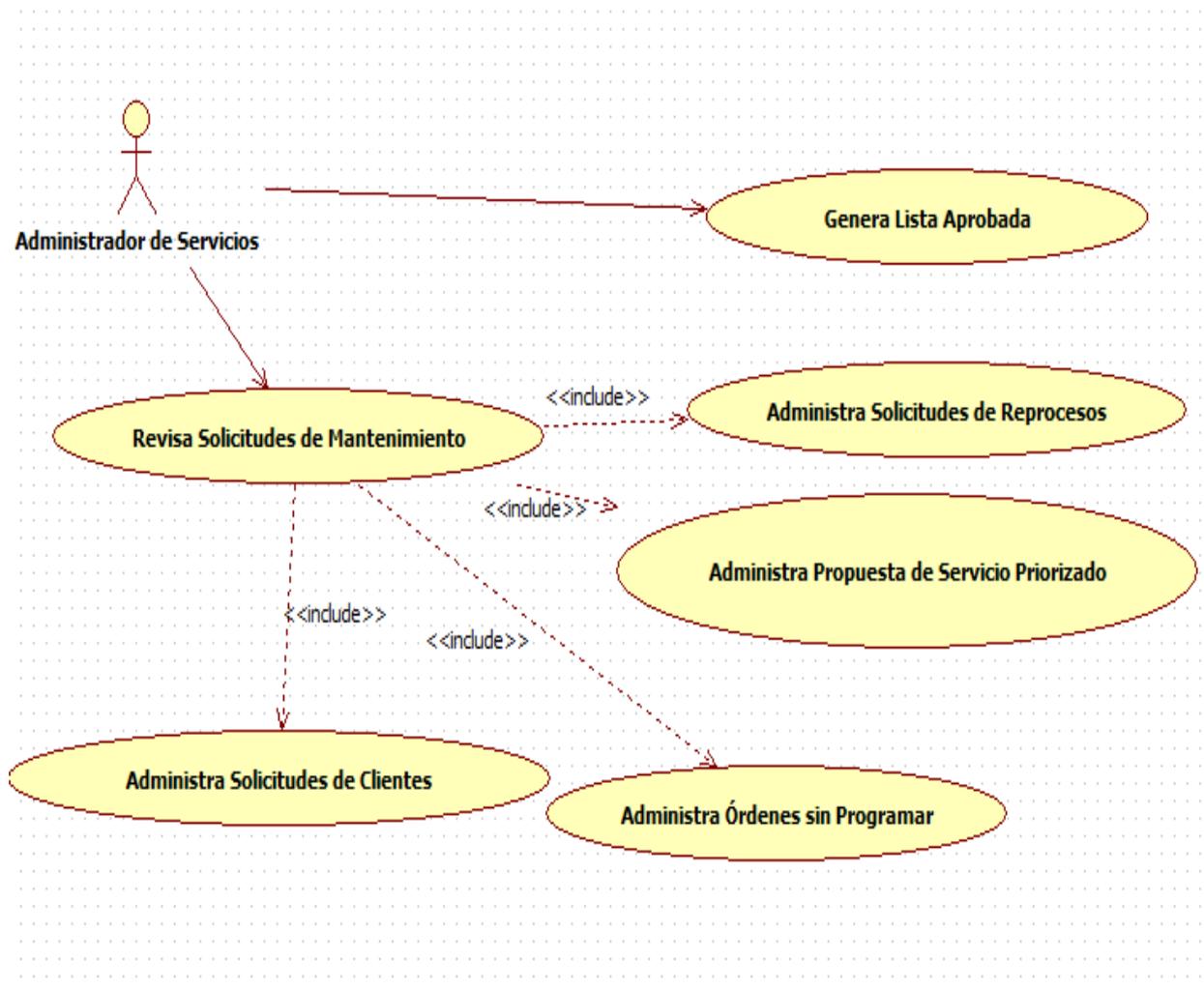
Revisión Propuesta de Servicio



En este caso, se representa la relación del Jefe de Servicios con la propuesta de servicios generada anteriormente, determinándose para las alarmas emitidas y transformadas en acciones de servicios priorizadas, las acciones de servicios reales a generar, por lo que el encargado aprobará o no las actividades propuestas.

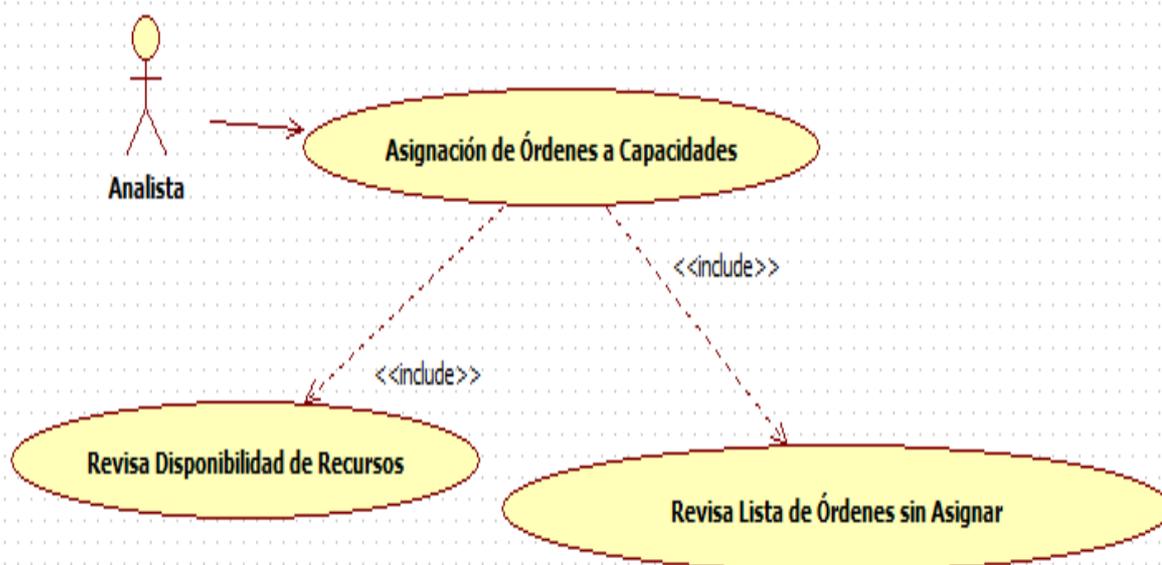
De esta manera, “Revisar y Evaluar Mantenimiento” corresponde a la revisión por parte del experto de servicio, de las acciones propuestas por el sistema Signos Vitales y del resultado de esa evaluación registrado en el sistema SAP.

Determinación de Servicios Consolidada



En este caso de uso, se representa la interacción del Administrador de Servicio con el sistema, en donde se determinan las acciones de “Revisar las Solicitudes de Mantenimiento” propuestas, que incluyen los datos de Solicitudes directas de Clientes, la Propuesta generada y registrada en SAP por el sistema Signos Vitales, las Solicitudes de Reprocesos y Órdenes anteriores sin Programar, las que son revisadas y validadas para, en definitiva, generar la lista de “Acciones aprobadas” de Mantenimiento, que serán consideradas en el proceso posterior de asignación de capacidades a solicitudes de servicio aprobadas.

Programación de Capacidades

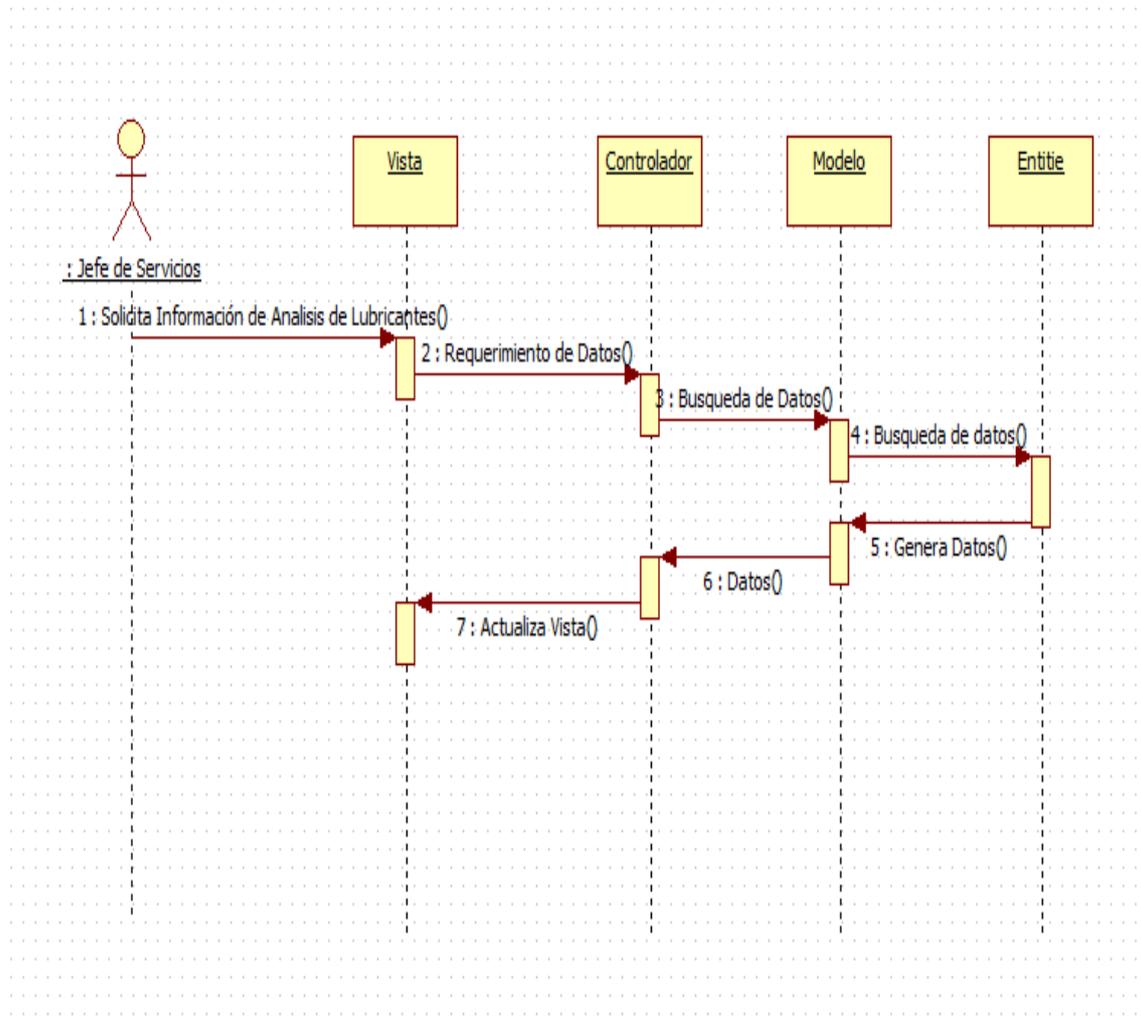


Este caso de uso, considera la Asignación de las Órdenes a las Capacidades, según las órdenes de servicio pendientes, que generan en definitiva la Programación de Mantenimiento, lo que es la consecuencia de obtener la información base a partir del caso de uso de Revisar Disponibilidad de Recursos (que muestra la información de los datos disponibles a asignar) y de la consulta o Revisión de la Lista de Órdenes sin Asignar a las capacidades disponibles (que genera la demanda de servicios disponible).

DIAGRAMAS DE SECUENCIA

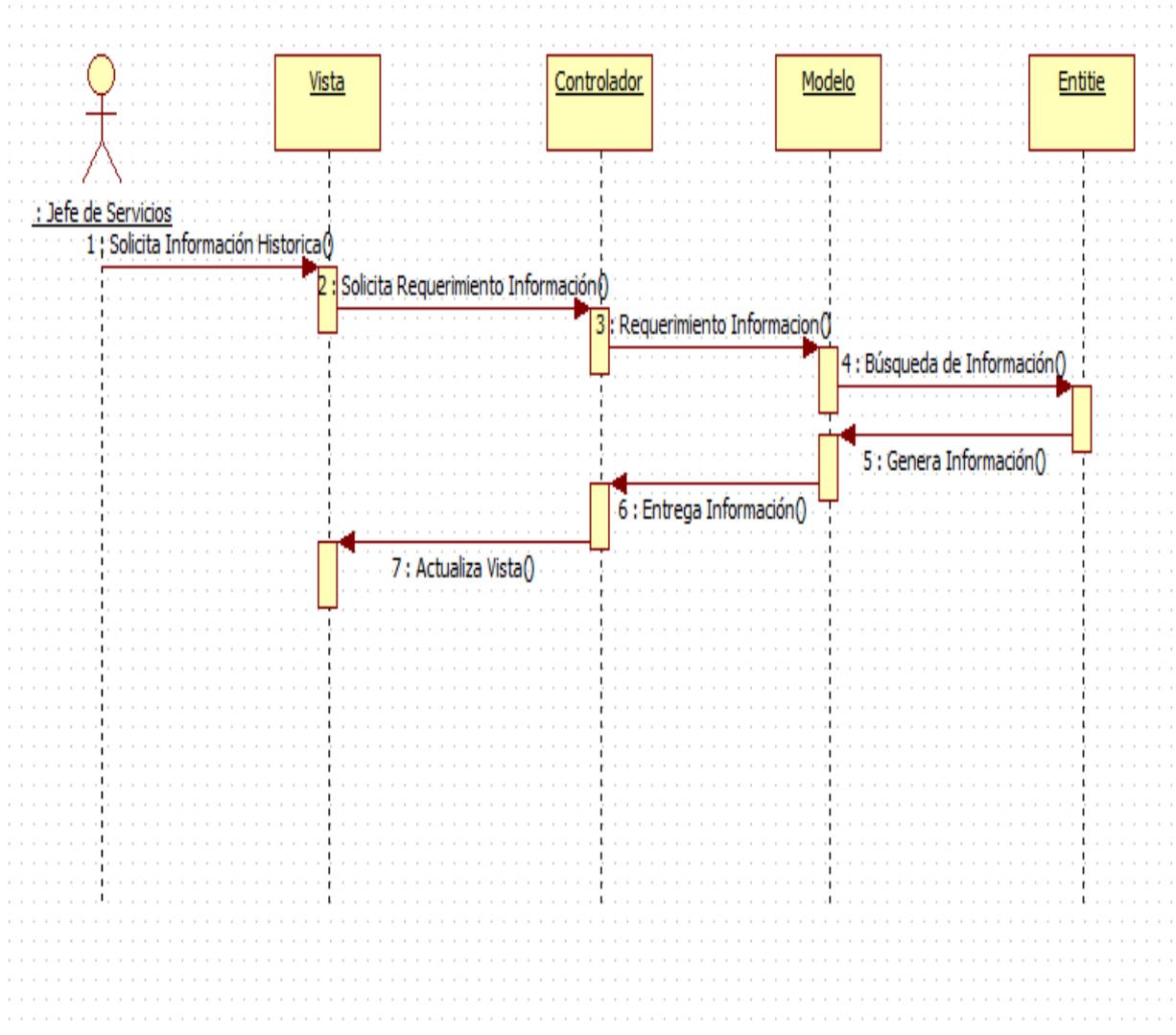
Determinación de Mantenimiento Proactiva Priorizada

Procesa Información de Lubricantes



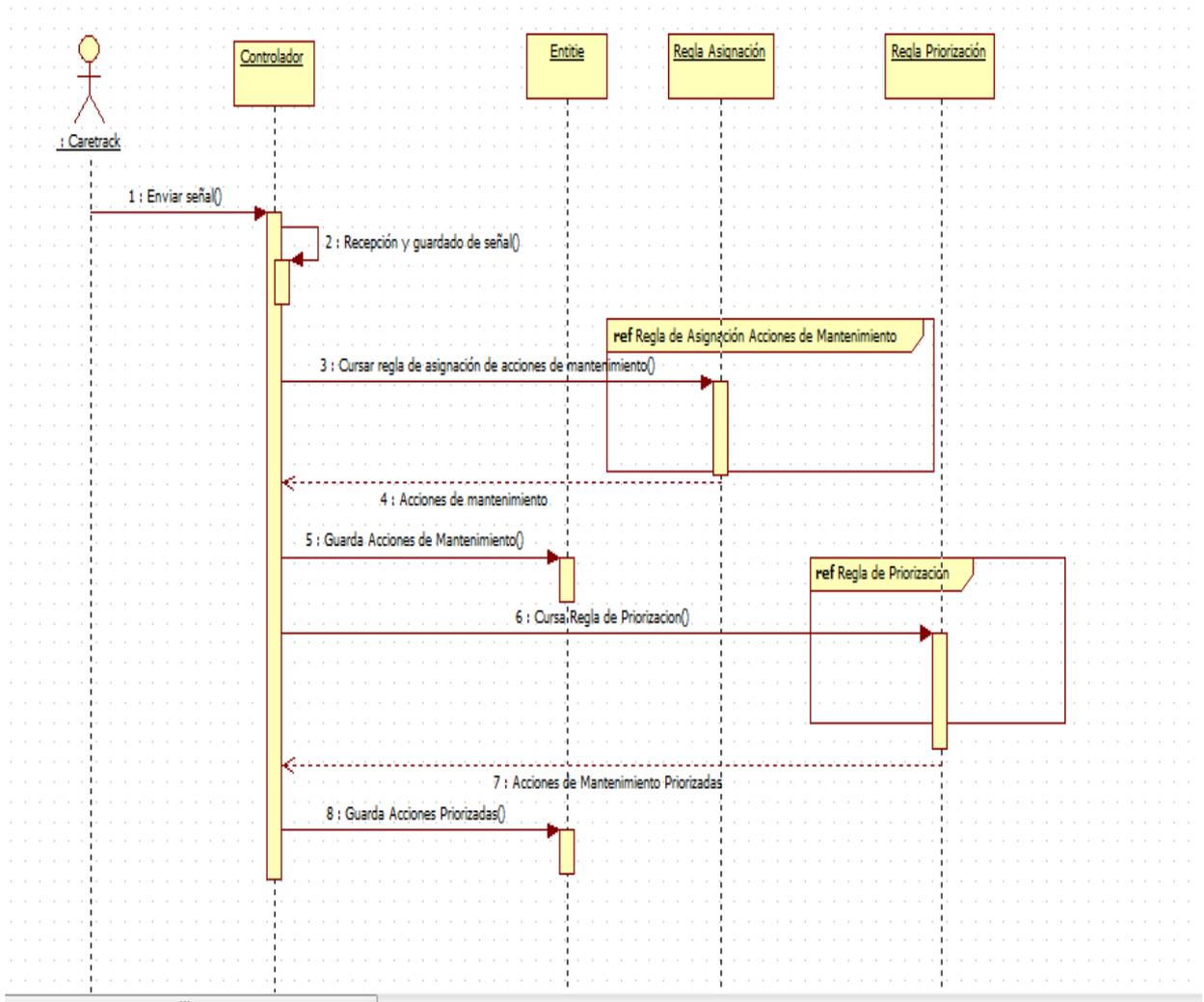
El proceso de obtención de los datos de los análisis de lubricantes lo realiza directamente el actor (en este caso el jefe de Servicios), quien solicita al sistema los datos registrados de análisis de aceites para la unidad considerada. De esta manera, los datos solicitados, son obtenidos desde la base de datos y mostrados al actor que los requiere.

Procesa Información Histórica



Este caso de uso muestra la interacción del actor (en este caso el Jefe de Servicios), con el sistema respecto de la obtención de la información histórica registrada en el sistema como es las mantenencias anteriores, registros de alarmas y fallas, etc. que permiten complementar la información actual de la unidad y aportan datos para una correcta toma de decisiones.

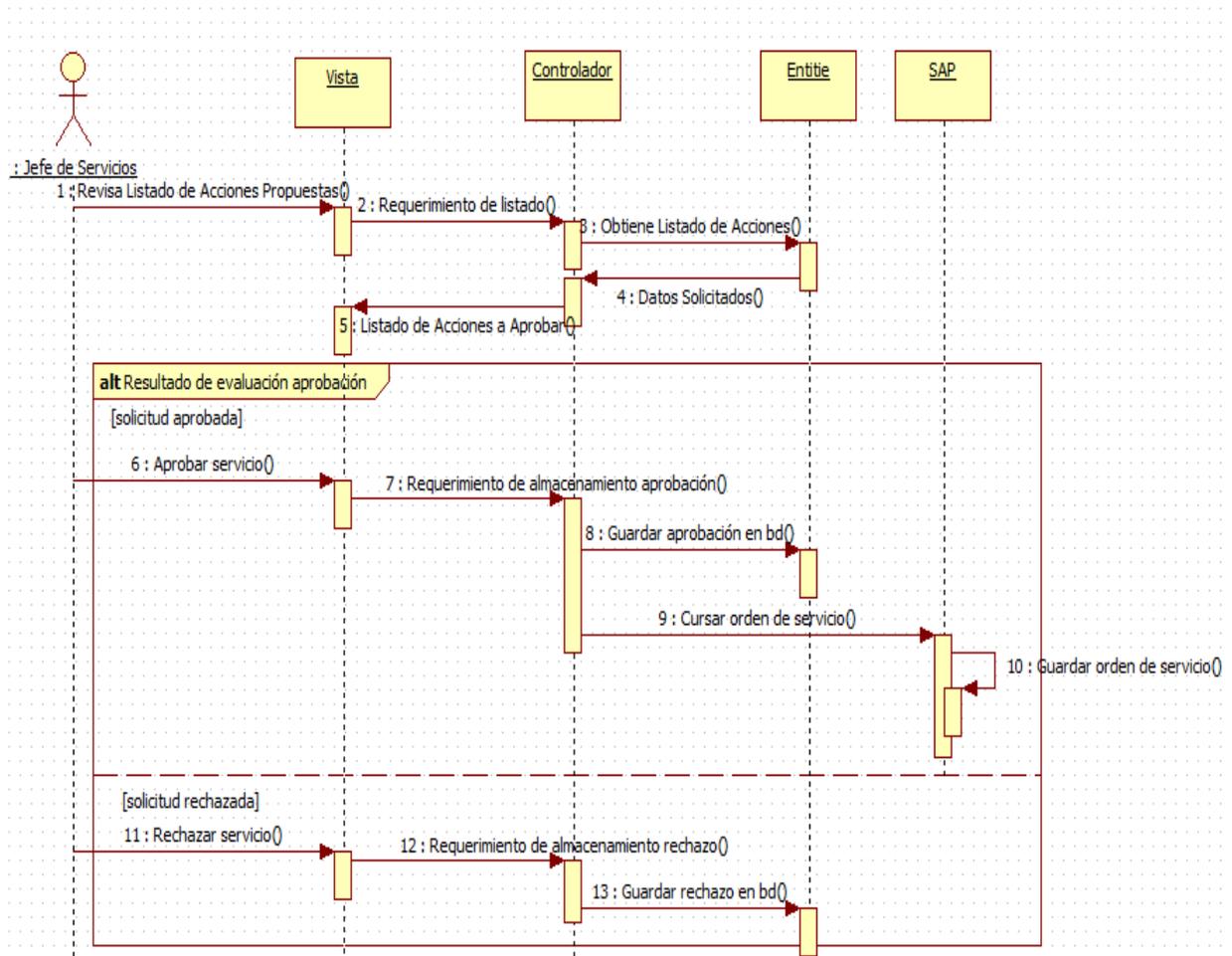
Procesamiento de Alertas



Este caso de uso, considera las señales generadas desde las unidades a través de Software Caretrack de Volvo, el que será enviado a través de una API al sistema Signos Vitales. En este caso, la señal es recepcionada y procesada por las regla de negocio de determinación de Acciones de Servicio, derivada del árbol de decisión definido para el caso, lo que permite obtener probables fallas y acciones probables.

Estas acciones posteriormente son priorizadas a través de otra regla de negocio, que a partir de la criticidad de la posible falla son ordenadas por criticidad y grabadas en el sistema.

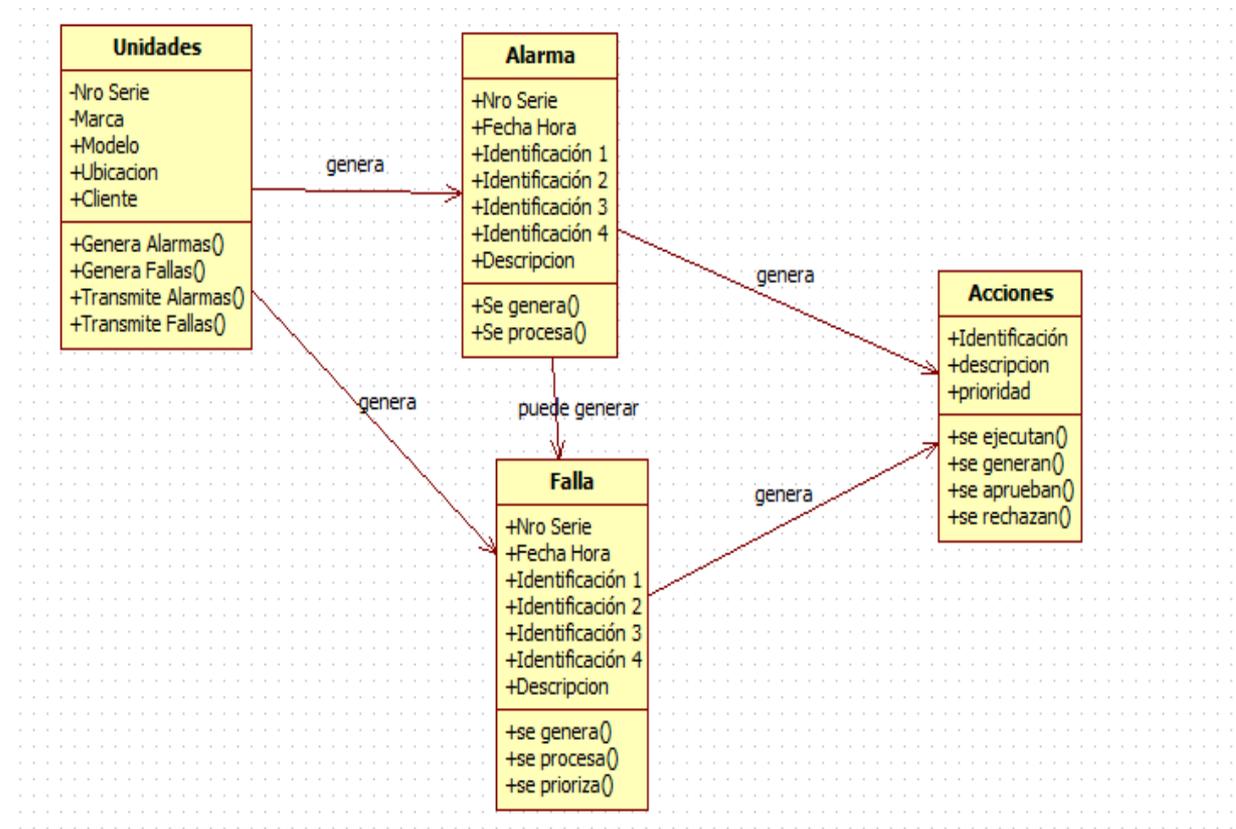
Revisar y Evaluar Mantenimiento



El diagrama representa la interacción del Jefe de Servicios que solicita al sistema el listado de acciones propuestas derivados de las señales generadas, que fueron convertidas en acciones probables y priorizadas de mantenimiento. El sistema en este caso, muestra el resultado de la consulta, lo que permite al Jefe de Servicios decidir la acción a generar, que puede ser aprobar la ejecución de una acción de mantenimiento, que será representada como una orden de servicio en el Sistema SAP, de lo contrario, el rechazo de la acción de mantenimiento, se registra en el sistema “Signos Vitales”.

DIAGRAMAS DE CLASES

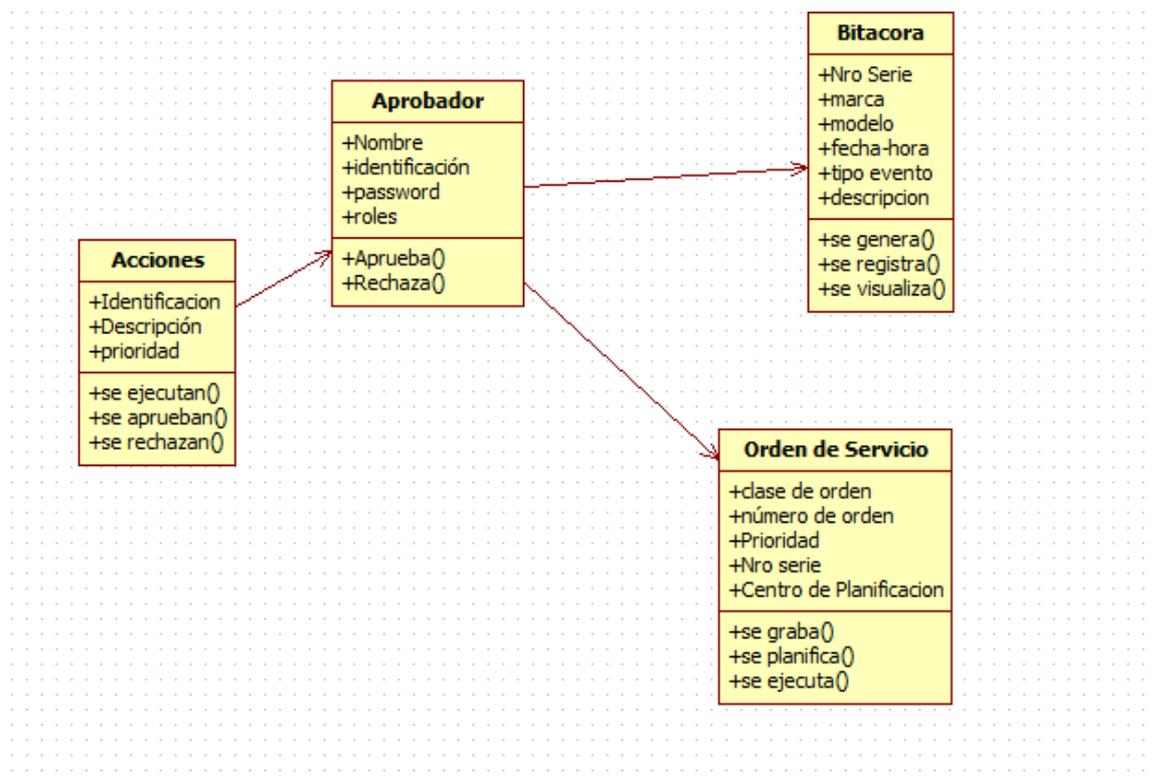
Determinación de Mantenimiento Proactiva Priorizada



En este diagrama se muestran las clases que se relacionan en el caso de uso de la determinación de la mantención proactiva priorizada, en donde se visualiza que a partir de las unidades (y de los sensores que éstos poseen), se generan alarmas y fallas. Estas dos clases, también se relacionan de manera de poder determinar posibles acciones de mantenimiento para el caso de las alarmas (que se relacionan con posibles fallas), asociándolas con las acciones propuestas.

La identificación de las unidades se realiza a través del número único que las identifica, en este caso el número de serie, además de información relevante cómo son la marca y el modelo, además de datos referenciales como son la ubicación y el cliente en el que se encuentra en faena.

Revisión Propuesta de Servicio



El diagrama de clases en este caso, representa la revisión de la propuesta de acciones de mantenimiento generado en el caso anterior, de modo que el listado se genera en el sistema para que el aprobador (Jefe de Servicios) la revise y coteje respecto del historial de alarmas, fallas, acciones y análisis de aceites registrado en la bitácora de la unidad. Esto, acompañado de otro tipo de información como contractual, comercial, etc. completan el cuadro de evaluación que el aprobador considera para aprobar o rechazar las acciones propuestas. Las acciones aprobadas se registran entonces en el Sistema SAP como una orden de servicio técnico no liberada, para que el evaluador final, la considere en el proceso de determinación de servicios consolidado, que toma también en consideración, las solicitudes de reprocesos, de ajustes de programación y de mantenimiento directa de clientes. Como información real ejecutada, el usuario registra las acciones realizadas en la bitácora del sistema, de modo de tener la mayor cantidad de información real registrada.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

SKC tiene definido dentro de su protocolo de desarrollo, el uso de determinadas herramientas y software que están disponibles para el presente proyecto, las que se nombran a continuación:

- *Lenguaje Desarrollo*
- *ASP, ASP.NET (4.0), JAVASCRIPT, AJAX, JQUERY, JQUERY MOBILE*
- *Motor de Base Datos*
- *SQL Server 2008*
- *Plataforma*
- *Windows server 2008 R2 64 bits, IIS 7.5*
- *Navegadores*
- *Internet Explorer, Firefox, Google Chrome, Opera, Safari (Mac)*
- *Dispositivos*
- *Desktop, Notebook, IPad, iPhone, Celulares*
- *Interfaz SAP*
- *WSDL (Web Services Description Language), Servidor Web (en DMZ), Servidor PI*

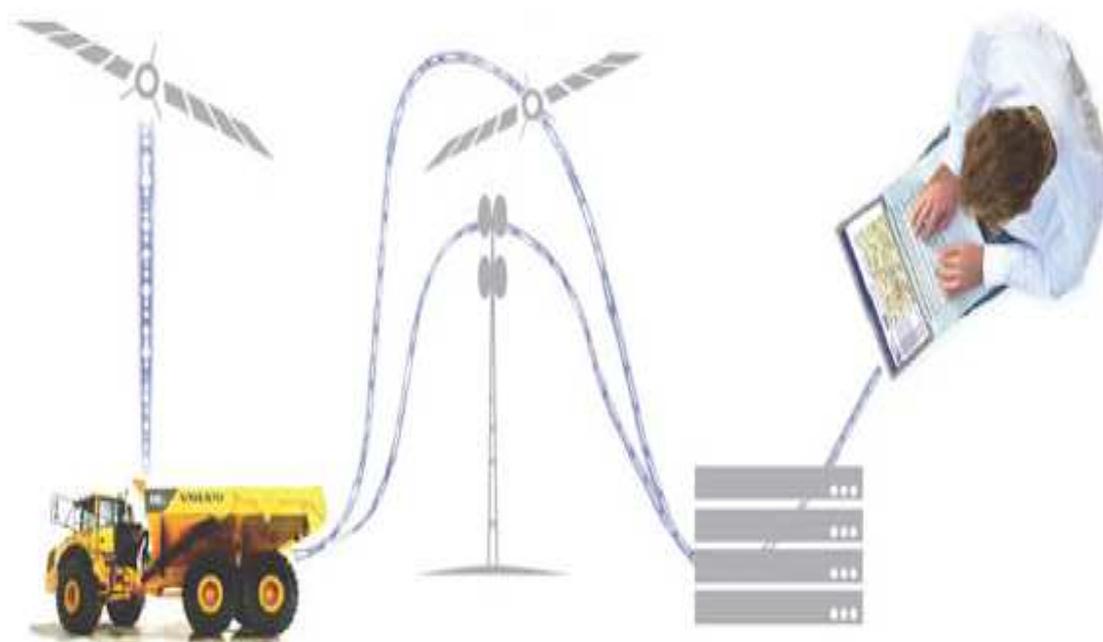
Sistema SK Signos

El sistema “SK Signos” se desarrolla considerando la interfaz con el usuario en ASP.NET y el registro de los datos se graba en una base de datos SQL Server 2008, en base a una plataforma Windows Server 2008 R2 64 bits y un IIS 7.5, considerando además la API de Caretrack desde donde se obtendrá la información de la unidades.

Una API (Application Programming Interface - Interfaz de Programación de Aplicaciones), corresponde a un grupo de rutinas (conformando una interfaz) que provee un sistema operativo, una aplicación o una biblioteca, que definen cómo invocar desde un programa un servicio que éstos prestan. En otras palabras, una API representa un interfaz de comunicación entre componentes de software.

CareTrack es un sistema telemático que ha sido desarrollado para trabajar con el propio sistema de diagnóstico de una máquina Volvo, por lo que combina dos sistemas independientes, el GPS y la red de telefonía móvil o la transmisión de datos vía satélite.

Estos sistemas se coordinan en CareTrack, por lo que sólo es necesario instalar dos elementos en la máquina: un pequeño ordenador que lleva integrado un receptor de GPS y módem más una antena.



La información que genera la API de Caretrack y que se va a usar en el presente proyecto corresponde a las que generan información de Alarmas y Fallas de la unidad. En cada caso la API genera un archivo (GetAlarms.xml y GetErrorCodes.xml) para invocar la información requerida, la que es enviada a través de los archivos Alarms_Responce.xml y ErrorCodes_Responce.xml.

A continuación se muestran los archivos nombrados anteriormente con información de ejemplo tomados desde la API de Caretrack.

Login_Request.xml

```
- <soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:sec="http://caretrack.wirelesscar.net/security">
  <soapenv:Header />
- <soapenv:Body>
  - <sec:LoginRequest>
    <sec:user>fredric.andreasson@volvo.com</sec:user>
    <sec:password>foa1650</sec:password>
  </sec:LoginRequest>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

A través de este archivo XML, se autentifica el usuario de comunicaciones que realizará la solicitud a Caretrack de las alarmas y fallas requeridas para generar las actividades de mantenimiento proactivo y correctivo.

Login_Responce.xml

```
- <soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
- <soap:Body>
  - <ns2:LoginResponse xmlns:ns2="http://caretrack.wirelesscar.net/security" xmlns="http://caretrack.wirelesscar.net/base">
    - <session>
      <sessionId>1b265816-e7ac-4cbc-8771-d4b7c1c72436</sessionId>
    </session>
  </ns2:LoginResponse>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Este archivo XML muestra la respuesta de la autenticación exitosa del usuario, generando un Id de sesión, que corresponde a la identificación de la comunicación realizada.

GetAlarms.xml

```
- <soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:ser="http://caretrack.wirelesscar.net/servicerequest"
  xmlns:base="http://caretrack.wirelesscar.net/base">
  <soapenv:Header />
- <soapenv:Body>
- <ser:AlarmsRequest>
- <base:session>
  <base:sessionId>25fc671f-5211-4a44-8691-e7fb2199f2f4</base:sessionId>
  </base:session>
  <!-- 1 or more repetitions: -->
  <base:chassisNo>L220G912005</base:chassisNo>
  <base:startDate>2012-01-01</base:startDate>
  <base:endDate>2012-03-03</base:endDate>
  </ser:AlarmsRequest>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

Este archivo XML muestra la solicitud de datos de alarmas desde el sistema Caretrack y que corresponde a la información requerida para proactivamente realizar las actividades de mantenimiento requeridas.

Alarms_Response.xml

```
- <soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
- <soap:Body>
- <ns3:AlarmsResponse xmlns:ns4="http://caretrack.wirelesscar.net/security" xmlns:ns3="http://caretrack.wirelesscar.net/serviceresponse"
  xmlns:ns2="http://caretrack.wirelesscar.net/servicerequest" xmlns="http://caretrack.wirelesscar.net/base">
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-02T09:07:09Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>187</ns3:mid>
  <ns3:pidType>2</ns3:pidType>
  <ns3:pid>71</ns3:pid>
  <ns3:fmi>0</ns3:fmi>
  <ns3:description>Tomgångsavstängning, status: Data gällande, men över normalt arbetsområde</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-02T10:40:44Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>187</ns3:mid>
  <ns3:pidType>0</ns3:pidType>
  <ns3:pid>1418</ns3:pid>
  <ns3:fmi>1</ns3:fmi>
  <ns3:description>Ackumulatorbromstryck: Data gällande, men under normalt arbetsområde</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-02T10:45:23Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>187</ns3:mid>
  <ns3:pidType>2</ns3:pidType>
  <ns3:pid>80</ns3:pid>
  <ns3:fmi>1</ns3:fmi>
  <ns3:description>Spolarvätskenivå: Data gällande, men under normalt arbetsområde</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
```

Este archivo XML muestra la información resultado de la solicitud antes enviada a Caretrack, que nos indica el resultado de la consulta a la unidad a través de su identificación única o número de serie a través del número de chassis.

GetErrorCodes.xml

```
- <soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:ser="http://caretrack.wirelesscar.net/servicerequest"
  xmlns:base="http://caretrack.wirelesscar.net/base">
  <soapenv:Header />
  - <soapenv:Body>
  - <ser:ErrorCodesRequest>
  - <base:session>
    <base:sessionId>25fc671f-5211-4a44-8691-e7fb2199f2f4</base:sessionId>
    </base:session>
    <!-- 1 or more repetitions: -->
    <base:chassisNo>L220G912005</base:chassisNo>
    <base:startDate>2012-01-01</base:startDate>
    <base:endDate>2012-03-03</base:endDate>
  </ser:ErrorCodesRequest>
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

Este archivo XML corresponde a la solicitud de información de datos de error de la unidad a través del número de serie o número de chasis para un periodo específico., de tal manera de llevar a cabo las actividades de mantenimiento correctivo correspondiente.

ErrorCodes_Response.xml

```
- <soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
- <soap:Body>
- <ns3:ErrorCodesResponse xmlns:ns4="http://caretrack.wirelesscar.net/security" xmlns:ns3="http://caretrack.wirelesscar.net/servicerresponse"
  xmlns:ns2="http://caretrack.wirelesscar.net/servicerequest" xmlns="http://caretrack.wirelesscar.net/base">
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-02T10:45:36Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>142</ns3:mid>
  <ns3:pidType>1</ns3:pidType>
  <ns3:pid>6</ns3:pid>
  <ns3:fmi>12</ns3:fmi>
  <ns3:description>ORBCOMM modul/interface: Felaktig enhet eller komponent</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-02T15:40:34Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>140</ns3:mid>
  <ns3:pidType>1</ns3:pidType>
  <ns3:pid>15</ns3:pid>
  <ns3:fmi>5</ns3:fmi>
  <ns3:description>Motorskick: Onormalt låg ström eller avbrott</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
- <ns3:alarmEvent>
  <ns3:chassisNo>L220G912005</ns3:chassisNo>
  <ns3:timestamp>2012-01-04T06:31:54Z</ns3:timestamp>
  <ns3:mid>142</ns3:mid>
  <ns3:pidType>1</ns3:pidType>
  <ns3:pid>6</ns3:pid>
  <ns3:fmi>12</ns3:fmi>
  <ns3:description>ORBCOMM modul/interface: Felaktig enhet eller komponent</ns3:description>
</ns3:alarmEvent>
```

Este archivo XML de ejemplo muestra la información resultante de la consulta de códigos de error de la máquina o unidad a través de su número de identificación. Esta información será usada para llevar a cabo las actividades de mantenimiento correctivo sobre la unidad.

PROTOTIPO

El prototipo del Sistema SK Signos Vitales considera la WSAPI de Caretrack provista por Volvo según las siguientes direcciones y autorizaciones que se usan para registrarse en el centro de información y obtener los datos de los eventos de las Unidades a considerar.

1 AEMP API User Setup Details

AEMP API User ID:	aemp@skcvolvo.com
Password:	abc1234
PROD Environment URL:	https://api.caretrackvolvo.com/aemp/resources/fleet

2 CareTrack API (WSAPI) User Setup Details

WSAPI API System User ID:	wsapi.systemaccount@skcvolvo.com
Password:	abc1234
WSAPI API User ID:	wsapi@skcvolvo.com
Password:	abc1234
PROD Environment URL:	https://api.caretrackvolvo.com/wsapi/services/authentication?wsdl

Tal como se menciona anteriormente, de la WSAPI de Caretrack se consideran los datos generados en el Login_Request.xml, para solicitar el dato de la sesión válida de comunicación, el Login_Response.xml, para obtener la sesión válida de acceso. Además, se considera el GetAlarms.xml, con el cual solicito la información de alarmas de las unidades, el Alarms_Response.xml, con el cual obtengo la información de las alarmas. Y también, se considera la información solicitada a través del GetErrorCodes.xml, que retorna con la información de los errores en el ErrorCodes_Response.xml.

Regla de determinación de Acciones de mantenimiento

Los datos obtenidos y centralizados en la base de datos de eventos del modelo a considerar, se analizan en base al árbol de decisión definido para determinar las acciones a ejecutar en cada caso, de modo que cada uno de ellos genere una acción propuesta y validada por el experto en mantenimiento que apoya la definición.

Para ejemplificar esto, se considera el evento:

“La unidad de mando de instrumentos (I-ECU) registra: tensión superior a 40,6 V”

Esta información generada desde Caretrack y centralizada en el Sistema SK Signos afecta a la Unidad de Mando 140, que corresponde al “Display de Información”, con la identificación “PID”, referente al componente 168 “Tensión de batería” y a la función 3 que corresponde a “Panel de mando climatización: Fallo no identificable”.

Este evento determinado, se analiza y determina a partir de la información de la fábrica, información interna y el conocimiento del experto que las causas posibles son:

- *Alternador defectuoso*
- *Cargador de batería externo dañado*

Estas causas o modos de falla son lo que se analizan a través del árbol de decisión considerando los aspectos de Evento “Escondido”, de “Seguridad”, “Ambiental”, “Operacional” o “No Operacional”, obteniendo como resultado la determinación de tomar acciones de mantenimiento del modo “Programar Tarea según Condición”, “Programar Tarea de Restauración”, “Programar Tarea de Sustitución”, “Programar Tarea de Búsqueda de Fallos”, “Rediseño Obligatorio”, “Combinación de Tareas”, “Rediseño deseable”, o definitivamente “Ningún Mantenimiento”.

Para el ejemplo considerado, la aplicación del árbol de decisión se aplica de la siguiente manera.

Modo de fallo 1: Alternador defectuoso

Paso 1.

¿La pérdida de la función causada por este modo de falla por sí mismo se vuelve evidente para el equipo de operadores en circunstancias normales?

Respuesta: *SI*

Paso 2.

¿Podría este modo de fallo causar la pérdida de la función o lesionar a alguien?

Respuesta: *NO*

Paso 3.

¿Podría este modo de fallo, causar la pérdida de la función o dañar el medio ambiente?

Respuesta: *NO*

Paso 4.

¿El modo de falla tiene un efecto directo adverso en la capacidad operacional?

Respuesta: *SI*

Paso 5.

¿Es técnicamente factible detectar la falla y vale la pena hacerlo?

Respuesta: *SI*

Fin de la aplicación para el modo de fallo 1.

Resultado: *Programar Tarea según condición*

Luego de determinado el tipo de mantenimiento a determinar, se agregan las acciones a proponer para cada uno de los eventos, considerando la información y recomendaciones de fábrica y el conocimiento experto del área técnica de SKC Maquinarias, de modo que para el ejemplo considerado, las acciones propuestas son:

- *Revisar nivel de electrolitos*
- *Control de la tensión de carga del Alternador*
- *Revisar Cables y Conexiones*

De esta manera, y a partir de la lectura de los eventos de las unidades, SK Signos entrega la lista propuesta de mantenimiento, que es validada y aprobada por el jefe de servicios, lo que genera una orden de servicio técnico en SAP.

Cabe mencionar que además de la lógica de árboles de decisión contenidos en la solución y considerado también a partir de la Metodología RCM, se agrega a cada evento reconocido la criticidad de su ocurrencia.

La criticidad, que corresponde a la frecuencia por la severidad del evento, se asocia a éste en base a la información obtenida de la historia de ocurrencias para un periodo determinado y de la información de las posibles consecuencias de no hacer ninguna acción de mantenimiento.

Para el caso de ejemplo (La unidad de mando de instrumentos (I-ECU) registra: tensión superior a 40,6 V), la frecuencia o probabilidad de ocurrencia determinada es 1/2000 (Probabilidad Baja o representación 2) y la severidad o consecuencia es de 4 (Efecto entre leve y moderado-“Perturbación menor, probabilidad de reacomodar la función del sistema o demora del proceso), por lo que la criticidad corresponde a $4 \times 2 = 8$.

Las reglas anteriormente indicadas, se representan en el sistema SK Signos que corresponde a la solución sistémica propuesta y que se accede a través de la siguiente dirección:

<http://198.41.32.179/crm5/sksignos/>

Accediendo de esta manera a la pantalla de ingreso siguiente.



El menú principal y en donde se registran los datos paramétricos que se considerarán en el sistema es el siguiente y contiene la información de los modelos a considerar, dentro de los cuales se encuentran los sistemas, tipos de subsistemas, subsistemas y funciones de las unidades, además de la administración de eventos, causas y soluciones. Por último, se encuentra la administración de los vehículos a considerar, el registro de los usuarios permitidos y el control de los datos de eventos generados desde las unidades.



SKC SKSignos Vitales

- ☐ Mantenimiento alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- ☐ Mantenimiento general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- ☐ Eventos
 - Control de Eventos

Bienvenido al sistema SKSignos Vitales



La pantalla de creación de los modelos considera un registro de identificación y la descripción del modelo a considerar.

- [-] Mantención alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- [-] Mantención general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- [-] Eventos
 - Control de Eventos

Mantenedor de modelos

	IDMODELO	MODELO
Delete Edit	1	L150G
Delete Edit	2	L120F
Delete Edit	3	L220F
Delete Edit	4	L180G
Delete Edit	5	L90F
Delete Edit	6	L160G
Insert Clear		

Para cada modelo y dado que la información generada desde las unidades contiene la información de Sistema, Tipo de Subsistema, Subsistema y Función y asociada a esta relación, la información del evento ocurrido, el vehículo y la fecha, se definen los datos paramétricos que permiten identificar la señal de la unidad. Para esto, se crean los distintos sistemas que se controlan automáticamente por SK Signos y que corresponden a las Unidades de Mando para las unidades Volvo, representados en la figura siguiente.

- [-] Mantención alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- [-] Mantención general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- [-] Eventos
 - Control de Eventos

Mantenedor de sistemas

Modelo

Cod. Sistemas

Sistema

	CODUNIDADMANDO	IDMODELO	UNIDAD_MANDO
Edit	128	3	Unidad de Mando Motor
Edit	140	1	Display de Información
Edit	142	1	W-ECU
Edit	146	1	ECC-ECU
Edit	187	1	Unidad de Mando del Vehículo
Edit	249	1	V2ECU

A continuación se muestra la forma en la que se definen los tipos de Subsistemas que se controlan con SK Signos y que permiten identificar la información de las Unidades.

SKSignos Vitales

- Mantenimiento alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- Mantenimiento general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- Eventos
 - Control de Eventos

Mantenedor de tipo de Subsistema

	COTIPO_COMPONENTE	TIPO_COMPONENTE
Delete Edit	1	PID
Delete Edit	2	PPID
Delete Edit	3	PSID
Delete Edit	4	SID
Insert Clear		

La figura siguiente, indica el listado de subsistemas o componentes que se administran en SK Signos y que contienen la información para identificar las señales de las unidades.

Mantenedor de Subsistemas

- Mantenimiento alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- Mantenimiento general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- Eventos
 - Control de Eventos

Modelo: L150G
 Sistema: Display de Información
 Tipo Sistema: PID
 Código Componente:
 Nombre Componente:
 Almacenar Componente

	CODCOMPONENTE	COMPONENTE
Edit	1	No se
Edit	2	Condensador
Edit	3	Relé de Alarma de marcha atrás
Edit	4	Unidad/Interfaz GPS
Edit	5	Sistema de Aire acondicionado
Edit	6	Unidad/Interfaz ORBCOMM
Edit	26	Receptor GSM
Edit	33	Selenoide de bloqueo de fijación
Edit	34	Selenoide de control de ventilador
Edit	38	Selenoide de limpiaparabrisas delantero
Edit	39	Relé de motor de arranque
Edit	40	Marcha solicitada
Edit	43	Selenoide de cambios s4

El parámetro siguiente corresponde al listado de funciones que contiene la relación Modelo, Sistema, Tipo, Subsistema definidos anteriormente, de modo que completa de esta manera el dato que viene desde las unidades.


SKSignos Vitales

- [-] Mantención alarmas
 - Modelos
 - Sistemas
 - Tipo Subsistema
 - Subsistemas
 - Funciones
 - Adm. de Eventos
 - Causas
 - Solución
- [-] Mantención general
 - Vehiculos
 - Usuario
 - ApiEvento
- [-] Eventos
 - Control de Eventos

Mantenedor de Funciones

Código Componente:

Código función:

Nombre Función:

	CODTIPO	TIPO
<input type="button" value="Edit"/>	0	Relé de motor de arranque: Datos act. pero superiores ámbito trabajo normal
<input type="button" value="Edit"/>	1	La unidad de mando del motor (E-ECU) registra: tensión inferior a 8 V(0,33 x Ubat) (EB29)
<input type="button" value="Edit"/>	2	Panel de mando de climatización: Falla no identificable
<input type="button" value="Edit"/>	3	Panel de mando de climatización: Falla no identificable
<input type="button" value="Edit"/>	4	Panel de mando de climatización: Falla no identificable
<input type="button" value="Edit"/>	5	Panel de mando de climatización: Falla no identificable
<input type="button" value="Edit"/>	6	Presión de alimentación: Datos act. pero infe. ámbito trabajo normal
<input type="button" value="Edit"/>	7	Sistema de aire acondicionado: Falla no identificable
<input type="button" value="Edit"/>	8	Marcha actual: Datos act. pero superiores ámbito trabajo normal
<input type="button" value="Edit"/>	9	Estado de actuador de freno de estacionamiento: Corriente demasiado baja o interrupción
<input type="button" value="Edit"/>	11	La unidad de mando del motor (E-ECU) registra: tensión inferior a 8 V(0,33 x Ubat) (EB29)

La figura siguiente, muestra el listado de eventos que se pueden generar desde la unidad para la relación modelo, sistema, tipo, subsistema y función, de manera de identificar inmediatamente la información obtenida desde las unidades. En este caso, también se asocia el dato de probabilidad y severidad antes explicado y que permite generar la criticidad del evento.



Mantenimiento alarmas

- Modelos
- Sistemas
- Tipo Subsistema
- Subsistemas
- Funciones
- Adm. de Eventos
- Causas
- Solución

Mantenimiento general

- Vehiculos
- Usuario
- ApiEvento

Eventos

- Control de Eventos

Mantenedor de Alarmas

Tipo Evento : Alarmas

Modelo : L150G

Unidad de Mando : W-ECU

Tipo Componente : PSID

Componente : Receptor GSM

Funciones : Estado de Recepción de Señal

Descripcion : Reproductor de Señal averiado

Probabilidad : 0,0002

Severidad : 3

Almacenar Cod. Alarma

La figura siguiente, muestra el registro de los datos de las causas que pueden originar los eventos obtenidos desde las unidades y registrados en SK Signos, asociadas al código de evento correspondiente.

Mantenimiento alarmas

- Modelos
- Sistemas
- Tipo Subsistema
- Subsistemas
- Funciones
- Adm. de Eventos
- Causas
- Solución

Mantenimiento general

- Vehiculos
- Usuario
- ApiEvento

Eventos

- Control de Eventos

Mantenedor de Causas

Cod. Alarma : Tensión del condensador sobre la norma (146 , 2 , 3 , 78)

Tipo Evento

Código Causa

Descripción Causa

Almacenar Falla

	IDFALLA	FALLA
Edit	14	Interrupción en circuito
Edit	15	Cortocircuito en haz de cables
Edit	16	El motor de arranque ha estado activado el tiempo máximo permitido o ha alcanzado la temperatura máxima permitida
Edit	17	(E-ECU) registra: La tensión se encuentra entre 8 V y 16 V
Edit	18	La caja de cambios no está en punto muerto
Edit	19	Fallo mecánico
Edit	20	Cortocircuito en haz de cables
Edit	21	Interrupción en el mazo de cables
Edit	22	Panel de control del climatizador defectuoso
Edit	23	Baja de presión de aceite
Edit	24	Filtro de partícula averiado

El registro siguiente, muestra el listado de acciones de mantenimiento propuestas para cada causa identificada y registrada en SK Signos, derivada del análisis realizado a través del árbol de decisiones.

La figura siguiente representa el registro de un evento generado desde una unidad a través de Caretrack y registrado en SK Signos.

La lectura del registro de la figura anterior junto con la información paramétrica registrada y explicada anteriormente, permite determinar las posibles causas del evento indicado que se detallan a continuación.

Operación de alarmas y fallas

Seleccione tipo

Fallas encontradas

	Nº Lectura	Fecha	Chasis	Descripción
Select	19	4/23/2013 12:00:00 AM	L220G912005	Tensión del condensador sobre la norma

Causas encontradas

	Cod.Causa	Causa
Select	14	Interrupción en circuito
Select	15	Cortocircuito en haz de cables
Select	16	El motor de arranque ha estado activado el tiempo máximo permitido o ha alcanzado la temperatura máxima permitida
Select	17	(E-ECU) registra: La tensión se encuentra entre 8 V y 16 V
Select	18	La caja de cambios no está en punto muerto
Select	19	Fallo mecánico
Select	20	Cortocircuito en haz de cables
Select	21	Interrupción en el mazo de cables
Select	22	Panel de control del climatizador defectuoso
Select	23	Baja de presión de aceite
Select	24	Filtro de partícula averiado

Con las causas identificadas y representadas por SK Signos, se obtienen las soluciones o proposiciones de mantenimiento para cada caso, que se muestran en la figura siguiente. Estas opciones de servicio, quedan disponibles para que el experto técnico determine cuál es la que se considera para cada caso, las que se marcan y se agregan como operación a una Orden de Servicio en SAP que acumula la lista propuesta.

Toda la información representada por el sistema a nivel de parámetros, lecturas de información, propuestas de mantenimiento, registros de datos, etc., se registran en el sistema como información histórica para generar una base de datos de información que permitirá cada vez mejor procesamiento de la información y de propuestas de mantenimiento.

Causas encontradas

	Cod.Causa	Causa
Select	14	Interrupción en circuito
Select	15	Cortocircuito en haz de cables'
Select	16	El motor de arranque ha estado activado el tiempo máximo permitido o ha alcanzado la temperatura máxima permitida
Select	17	(E-ECU) registra: La tensión se encuentra entre 8 V y 16 V
Select	18	La caja de cambios no está en punto muerto
Select	19	Fallo mecánico
Select	20	Cortocircuito en haz de cables
Select	21	Interrupción en el mazo de cables
Select	22	Panel de control del climatizador defectuoso
Select	23	Baja de presión de aceite
Select	24	Filtro de partícula averiado

Soluciones encontradas

Seleccione	Cod. Solución	Solución
<input checked="" type="checkbox"/>	11	Cambiar Circuito
<input type="checkbox"/>	12	Revisar conexiones
<input checked="" type="checkbox"/>	13	Control de electricidad

Agregar Operación

Finalizar

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO – PRUEBA DE CONCEPTO

La implementación del proyecto será proyectada en base a una prueba de concepto, ya que la implementación total se realizará en plazos más largos, de manera de llegar a la totalidad de las unidades de SKC Maquinarias durante los próximos años.

La prueba de concepto entonces, implementa el proyecto de forma reducida y acotada, de manera de validar que las recomendaciones que el proyecto indica, generan los beneficios esperados.

Con esta alternativa de pruebas, se podrá disminuir la incertidumbre respecto de los efectos del proyecto implementado totalmente, generando posibilidades tempranas de mejoramiento en aspectos relevantes como la determinación de prioridades y pre-evaluación de conceptos con bajo costo de inversión.

De esta manera, la prueba de concepto limitada que contempla el análisis con los datos y características siguientes:

Modelo	:	L350F
Descripción	:	WLO - Cargador Frontal
Marca	:	VOLVO
Equipo	:	L350F001521
Plazo	:	Desde el 01 de Enero del 2014 al 25 de Marzo del 2014

El equipo L359F001521 fue analizado en su información en la situación de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo en base a pautas de mantenimiento que determinaron horas reales de producción y paradas por servicios.

Las pautas de mantenimiento de fábrica que representan las acciones a seguir en base a las horas de utilización son las siguientes.

HORAS DE FUNCIONAMIENTO / INTERVALOS	1ºs 100	1ºs 1000	Diario	50	250	500	1000	2000	4000
1 Conducción de prueba y comprobación: – Funciones de arranque y parada – Instrumentos, luces, indicadores de dirección, catadióptricos, intermitentes de advertencia, limpiaparabrisas, lavaparabrisas, bocina y avisador de marcha atrás. – Climatizador, ventilador y mandos incluyendo compresor de AC – Fugas, generalidades – Tubos y mangueras, condición – Pegatinas y rótulos de advertencia. Control de que están legibles y libres de daños.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Lectura de MATRIS		X					X	X	X
3 Discos de freno, control del desgaste		X					X	X	X
4 Ejes y cubos, cambio de aceite. Limpieza de coladores.								X	X
5 Aceite del motor y filtro de aceite del motor, cambio		X				X	X	X	X
6 Aceite hidráulico, cambio. Si el sistema hidráulico está lleno con aceite hidráulico mineral o con aceite hidráulico biodegradable de Volvo 46, debe efectuarse el cambio a intervalos de 4000 horas. Si el sistema está lleno con otro aceite, debe efectuarse el cambio a intervalos de 2000 horas.								X	X
7 Aceite de transmisión, cambiar. Limpieza del colador		X					X	X	X
8 Filtro de aceite de transmisión, cambio		X					X	X	X
9 Freno de estacionamiento, control del desgaste								X	X
10 Filtro de aceite de ejes, cambio		X						X	X
11 Cojinetes del eje trasero, cambio de aceite									X
12 Filtros de combustible, filtro primario y secundario, cambio		X				X	X	X	X
13 Filtro de ventilación del depósito de combustible, cambio								X	X
14 Filtro de ventilación del eje trasero, cambio								X	X
15 Filtro de aire, filtro de seguridad, cambie cada 3 cambios del filtro principal o como mínimo cada dos años.								X	X
16 Filtro de aire, filtro principal, cambie cuando aparezca la señal o como mínimo una vez al año		X					X	X	X
17 Equipo de ventilación de cabina, filtro principal, cambio								X	X
18 Equipo de ventilación de cabina, prefiltro, cambio		X					X	X	X
19 Cabina, equipo de ventilación, filtro principal, control. Limpieza si es necesario.		X			X	X			
20 Depósito de aceite hidráulico, evacuación de sedimentaciones y condensación de agua.		X					X	X	
21 Filtro de retorno del sistema hidráulico, cambio								X	X
22 Filtro de ventilación del sistema hidráulico, cambio								X	X
23 Filtro de ventilación del eje delantero, cambio								X	X
24 Reglaje de válvulas, control y ajuste		X						X	X
25 Correas de transmisión, control	X	X				X	X	X	X
26 Prefiltro en baño de aceite (equipo opcional), nivel del aceite, control	X	X	X	X					
27 Prefiltro en baño de aceite (equipo opcional), cambio de aceite. Con mayor frecuencia si es necesario.					X	X	X		
28 Prefiltro en baño de aceite (equipo opcional), cambio de aceite y limpieza del cartucho.								X	X
29 Batería, nivel del electrolito, cables y conexiones, control	X	X			X	X	X	X	X
30 Nivel del refrigerante, control	X	X		X	X	X	X	X	X
31 Resistencia del refrigerante a la congelación, control		X						X	X
32 Radiador del motor, control. Limpieza exterior si es necesario.		X			X	X	X	X	X
33 Condensador de AC, control. Limpieza si es necesario.		X				X	X	X	X
34 Lubricación, según esquema de lubricación y mantenimiento	X	X		X	X	X	X	X	X
35 Nivel de aceite del depósito de aceite hidráulico, control	X	X			X	X	X	X	X
36 Aceite de la transmisión, control del nivel	X	X				X	X	X	X
37 Aceite del motor, control del nivel	X	X		X	X	X	X	X	X
38 Presión de la dirección, control	X	X					X	X	X
39 Frenos, control de presión y funcionamiento		X					X	X	X
40 Presión hidráulica, control		X							X
41 Transmisión incluyendo convertidor de par, control de presión		X							

HORAS DE FUNCIONAMIENTO / INTERVALOS	1°s 100	1°s 1000	Diario	50	250	500	1000	2000	4000
42 Acumuladores de la suspensión de los brazos de carga, control								X	X
43 Tuercas de rueda, pares de apriete, control	X	X				X	X	X	X
44 Unión embrizada, árboles de transmisión, control del par de apriete	X	X							
45 Cilindros de dirección, bloqueo de ejes de articulación, lados izquierdo y derecho, control		X							
46 Cojinete de apoyo, árboles de transmisión, control del par de apriete	X	X							
47 Neumáticos y presión de inflado de los neumáticos, control	X	X		X	X	X	X	X	X
48 Refrigerante, cambio cada 6000 horas o como máximo cada 4 años									
49 Diario de servicio, relleno (se encuentra en el Libro de instrucciones)									

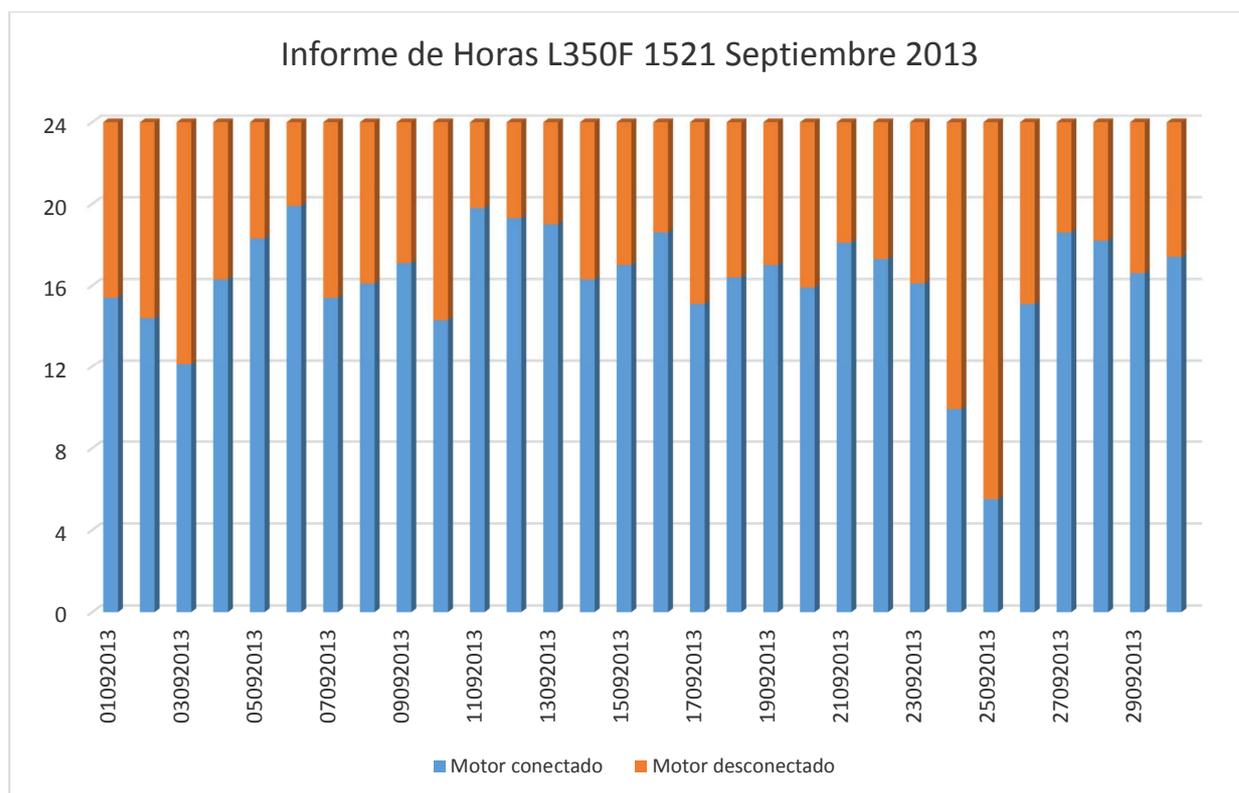
Estas acciones de mantenimiento, están definidos en un tempario de horas que determinan el tiempo promedio que se demoran cada una de las pautas de mantenimiento.

El tempario del cargador frontal L350F de Volvo corresponde al siguiente cuadro, el que fue utilizado (tal cómo las pautas y acciones de mantenimiento anterior), en el periodo de análisis inicial entre el 01 de Septiembre del 2013 al 31 de 12 del 2103.

Operación	Guía de Tiempo	Tarea
172-002	5	Warranty inspection 100 hours
172-004	15	Warranty inspection 1000 hours
173-002	1	Maintenance service, daily
173-004	1,5	Maintenance service, every 50 hours
173-007	2	Maintenance service, every 250 hours
173-010	4	Maintenance service, every 500 hours
173-012	7	Maintenance service, every 1000 hours
173-014	10	Maintenance service, every 2000 hours
173-018	16	Maintenance service, every 4000 hours
173-022	10	Maintenance service, every 6000 hours

El resultado en la productividad del equipo L350F001521 considerado para la prueba de concepto debido a las pautas de mantenimiento ejecutas y considerando que actualmente la maquina representa un uso aproximado de 3500 horas, se demuestra en los siguientes gráficos mensuales.

Productividad Equipo L350F 1521. Septiembre 2013



Promedio de Productividad : 67,57%

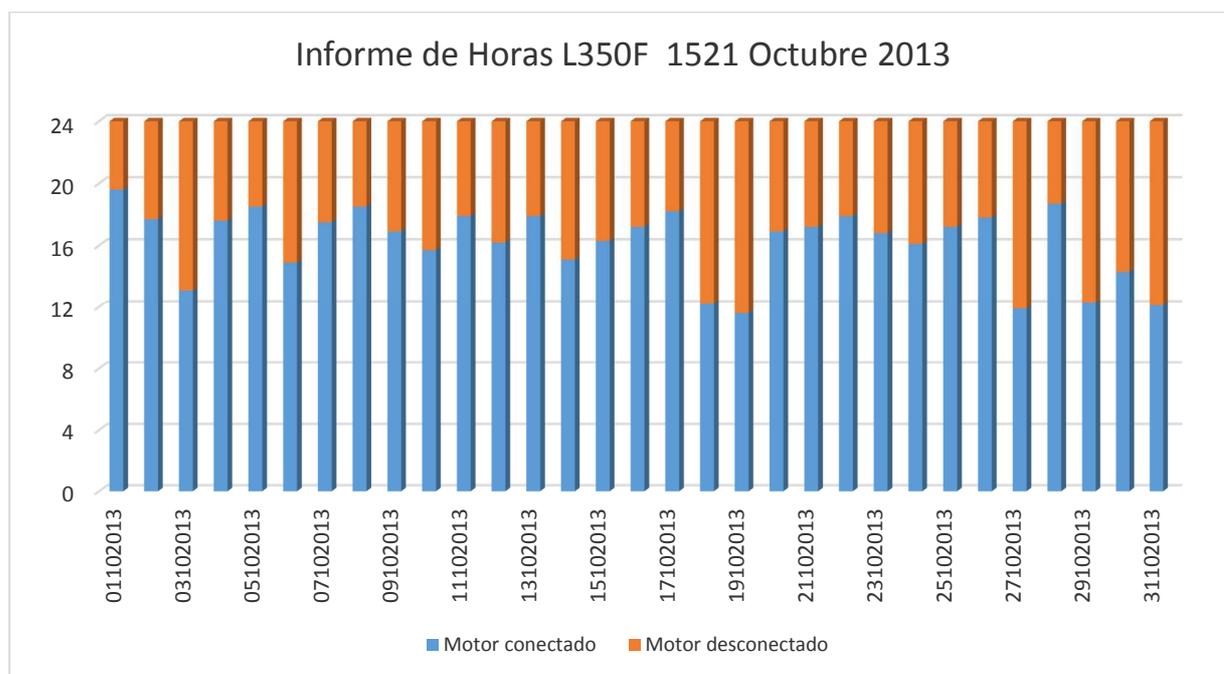
Horas de Producción : 486,5

Horómetro al 30 de Septiembre : 515,1

En Septiembre de 2013 se ejecutaron las pautas de mantenimiento de 50, 100 (inspección por garantía), de 250 y de 500 horas, lo que disminuyó en 13 horas las disponibles para producción. Además, se debe agregar las 30 horas por servicios de mantenimiento diario, totalizando 58 horas de mantenimiento en base a pautas de mantenimiento preventivo.

En este mes no hubo mantenimiento correctivo por paradas no consideradas, por lo que la disminución de horas estuvo completamente asignada al mantenimiento preventivo utilizado, lo que implicó una disminución de 8 % respecto del potencial de horas posible.

Productividad Equipo L350F 1521. Octubre 2013

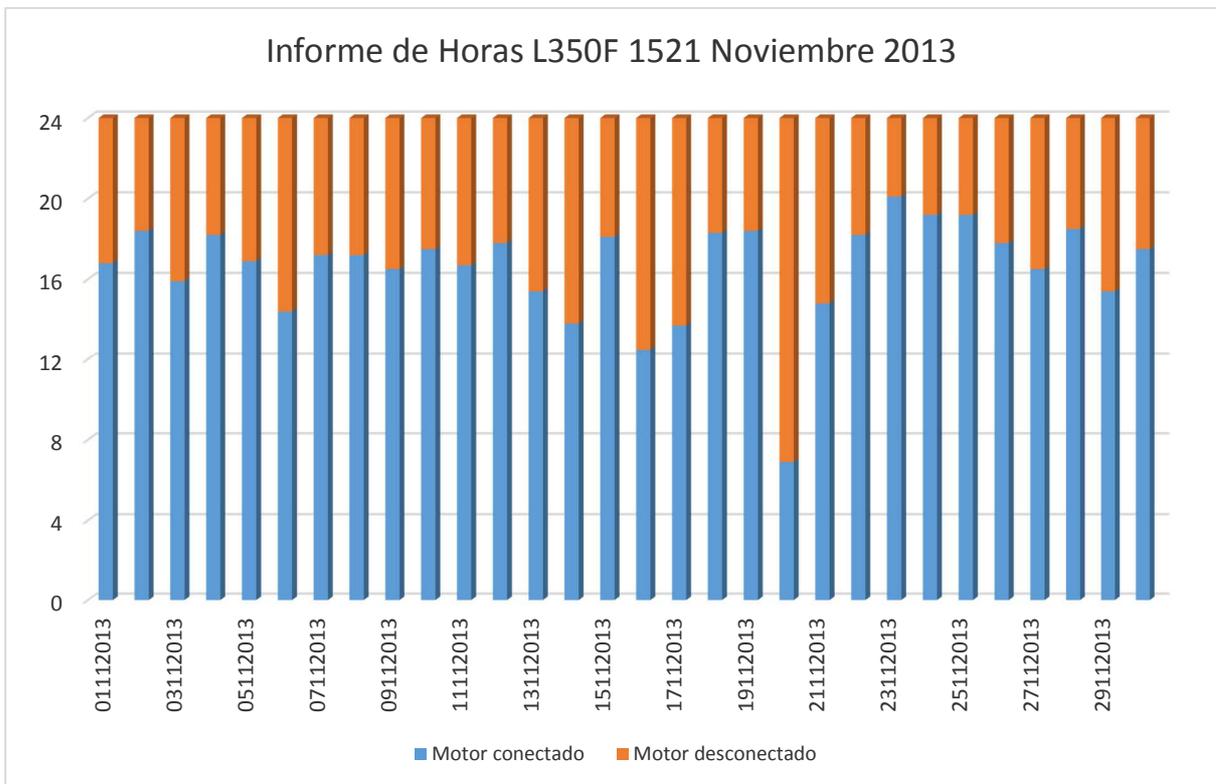


Promedio de Productividad : **67,45%**
Horas de Producción : **501,8**
Horómetro al 31 de Octubre : **1016,9**

Durante Octubre del 2013 se ejecutaron las pautas de mantenimiento diarias, además de las pautas de 50, 250, 500 y la inspección de garantía de 1000 hrs, totalizando 69 horas de mantenimiento, equivalente a un 9% del total de horas potencialmente productivas del mes.

Durante el mes, no se ejecutaron actividades de mantenimiento correctivo, por lo que el efecto de servicio en el total de horas de mantenimiento por servicios, recae sobre las pautas preventivas.

Productividad Equipo L350F 1521. Noviembre 2013

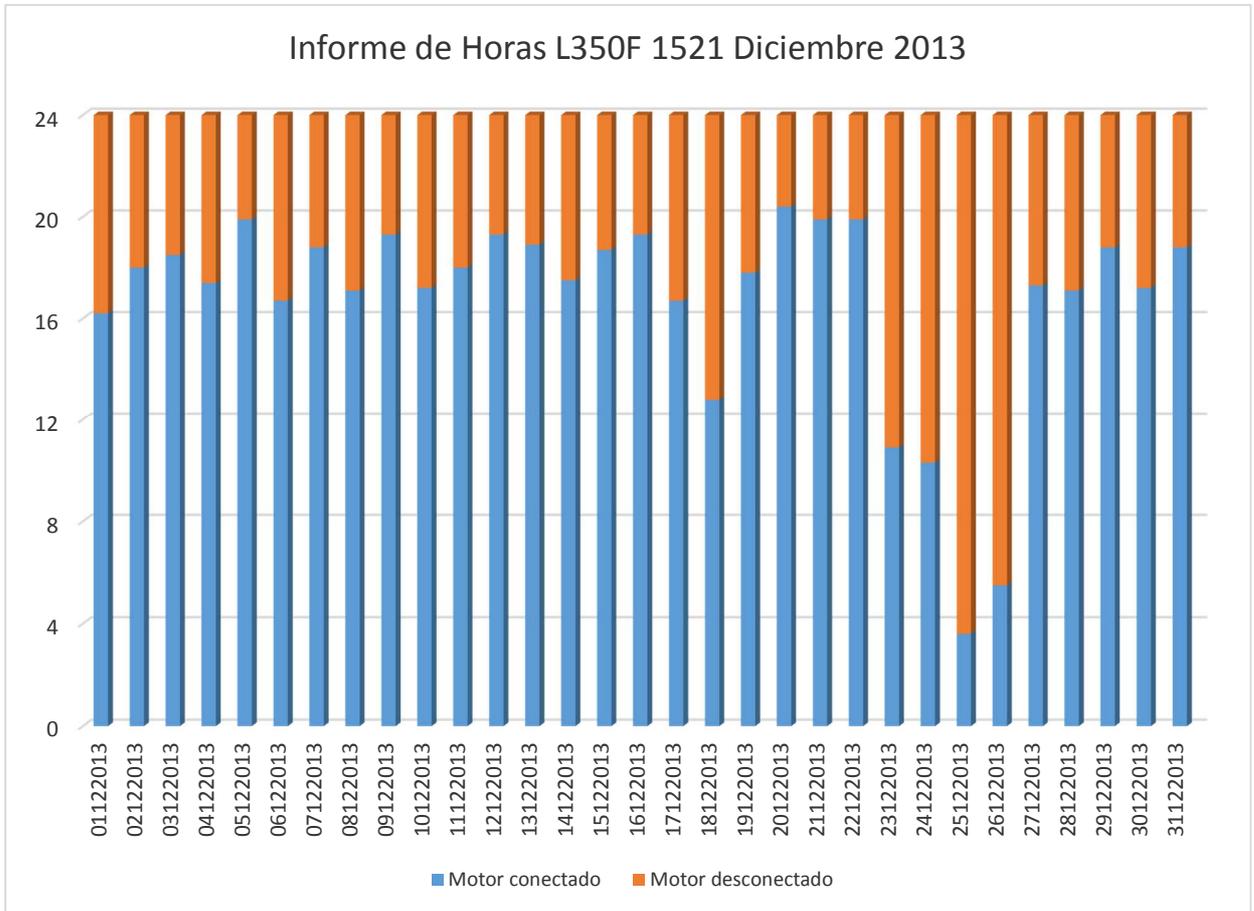


Promedio de Productividad : **69,14%**
Horas de Producción : **497,8**
Horómetro al 30 de Noviembre : **1514,7**

En el mes de Noviembre del 2013 se ejecutaron las pautas de mantenimiento diarias, además de las pautas de 50, 250, 500 hrs., totalizando 53 horas de mantenimiento, equivalente a un 7,3 % del total de horas potencialmente productivas del mes.

Durante el mes, se ejecutó un cambio de válvula del sistema hidráulico, determinado como mantenimiento correctivo en un total de 4 horas, generando un adicional de horas menos por servicios de 57 horas, llegando a un 7,9 % de horas potenciales de producción disminuidas.

Productividad Equipo L350F 1521. Diciembre 2013



Promedio de Productividad : **69,60%**

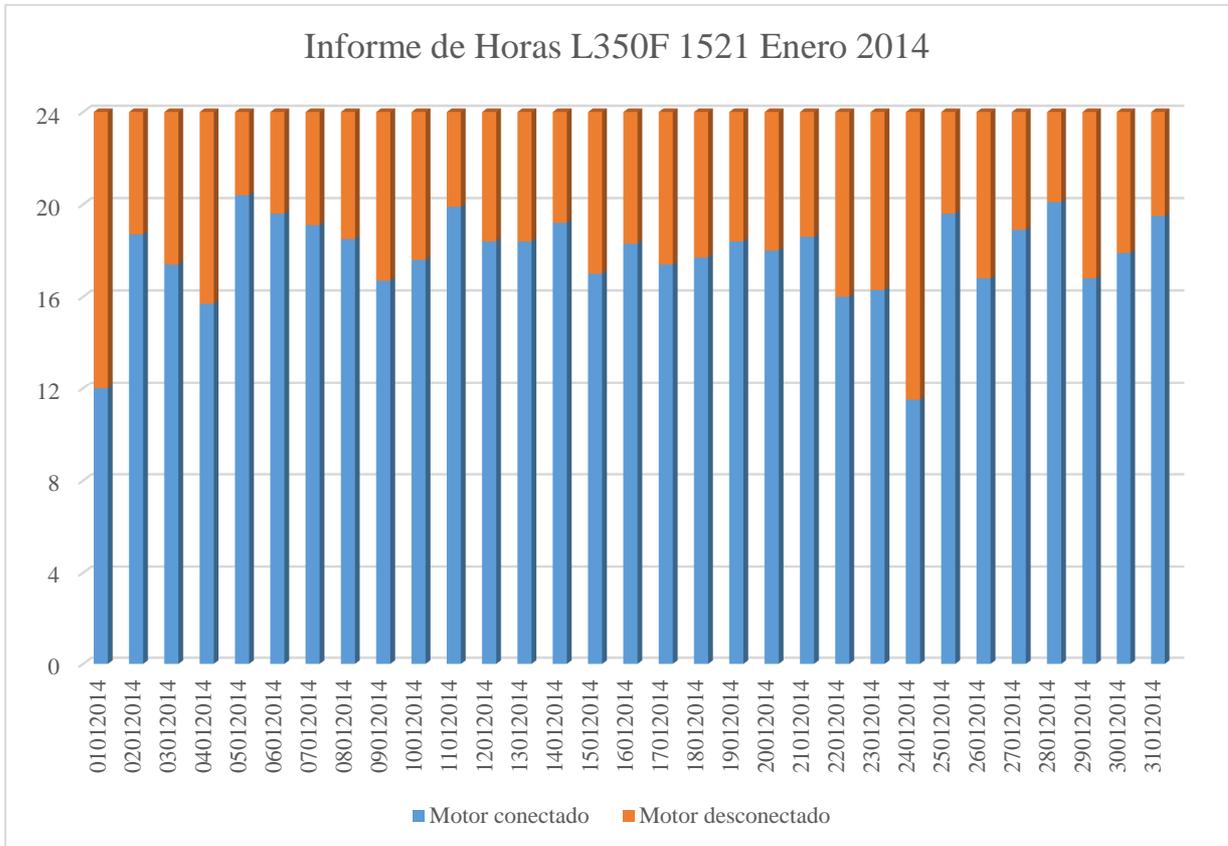
Horas de Producción : **517,8**

Horómetro al 31 de Diciembre : **2032,5**

En el mes de Diciembre del 2013 se ejecutaron las pautas de mantenimiento diarias, además de las pautas de 50, 250, 500, 1000 y 2000 horas totalizando 71 horas de mantenimiento, equivalente a un 9,5 % del total de horas potencialmente productivas del mes.

Durante el mes, no se generaron acciones de mantenimiento correctivo, por lo que el total de horas disminuidas por servicio, corresponden a las horas de ejecución de las pautas preventivas.

Implementación Proyecto Enero 2014. Equipo L350F 1521



A partir del 1 de Enero del 2104, se implementó la metodología de mantenimiento proactivo en base al reconocimiento automático de eventos, generando acciones inmediatas y de corto alcance en tiempo para cada caso requerido, aumentando la cantidad de horas disponibles para operación como consecuencia inmediata de la implementación.

La solución implementada considera el envío de un correo en el instante que se genera el evento, a los responsables designados al equipo L350001521, tal como se ilustra en la figura siguiente, indicándose específicamente el sistema, subsistema y la función afectada, las causas probables y las actividades propuestas a realizar en cada caso. Además se solicita el ingreso de toda la información realmente ejecutada, sea esta la propuesto u otras actividades reales.

Tipo Evento	: Error	Sistema	: 128
Chassis	: L350F001521	Tipo Subsistema	: 0
Fecha	: 28-03-2014 12:01:48	Subsistema	: 19
Desc. Evento	: 1	Función	: 7
Descripción	: Estado EGR interno: Respuesta incorrecta del sistema mecánico		

Causas

Código	Causa
1	Válvula de EGR interna mecánicamente atascada
2	Baja presión de aceite del motor
3	Fallo mecánico en balancín IEGR

Soluciones

Código	Soluciones
103	Use el diagnóstico guiado

Operaciones

Solución : 103 Use el diagnóstico guiado

Propuesta aceptada :

Observación real :

[Aceptar operación](#)

Operaciones registradas

Causa	Solución	Propuesta aceptada	Observación real
(3)->Fallo mecánico en balancín IEGR	(1)->Use el diagnóstico guiado	Si	

Durante el mes de enero 2104, se generó el siguiente listado de eventos derivado del proyecto implementado con todas las reglas de negocio incorporadas al modelo de mantenimiento proactivo considerado

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F001521	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	1447	Tiempo de ralentí antes de parada	8	Alarma
L350F001521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	59	Combinación técnica	14	Alarma
L350F001521	128	Unidad de Mando - Motor	0	PPID	19	Estado EGR interno	7	Alarma
L350F001521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1032	Fuente de palanca	14	Alarma
L350F001521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	0	PPID	103	Posición CDC palanca	2	Alarma
L350F001521	146	Unidad de Mando - Climatizador	1	PSID	1	Panel de mando de climatización	11	Alarma
L350F001521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1228	Prueba de frenos, resultado	14	Alarma
L350F001521	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	3	SID	22	C2 Indicador de presión de embrague	2	Alarma

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1521	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	3	SID	30	Indicador de presión de Rango, Marcha atrás	2	Alarma
L350F00 1521	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	406	Mensaje de control de arranque	14	Alarma

El primer evento (187-1-59-14) indicado no implicaba acciones de mantenimiento, ya que sólo era un mensaje de configuración de la máquina.

Para el segundo caso (128-0-19-7), se identificó dentro de las causas propuestas, que la alarma se había generado por una baja en la presión de la unidad de mando del motor, usándose el diagnóstico guiado que sólo contemplaba acciones de ajuste del sensor.

El evento 187-0-1032-14 y el siguiente 249-0-103-2 correspondieron a alarmas sobre la unidad de mando del vehículo, que no generaron acciones de mantenimiento.

El evento 146-1-1-11, correspondió a un evento relacionado con la Unidad de Mando Climatizador que implicaba dentro de las causas posibles, la “Interrupción en el mazo de cables”, proponiéndose una revisión del caso con mediciones y registros solicitados.

El evento 187-0-1228-14 corresponde a una prueba de frenos que se reflejó en el sistema, pero que no generaba acciones de mantenimiento.

El caso de los eventos 130-3-22-2 y 130-3-30-2 estaban relacionados a la Unidad de Mando Caja de Cambios, determinándose de las causas propuestas que había una falla en el circuito hidráulico, realizándose las acciones proactivas correspondientes.

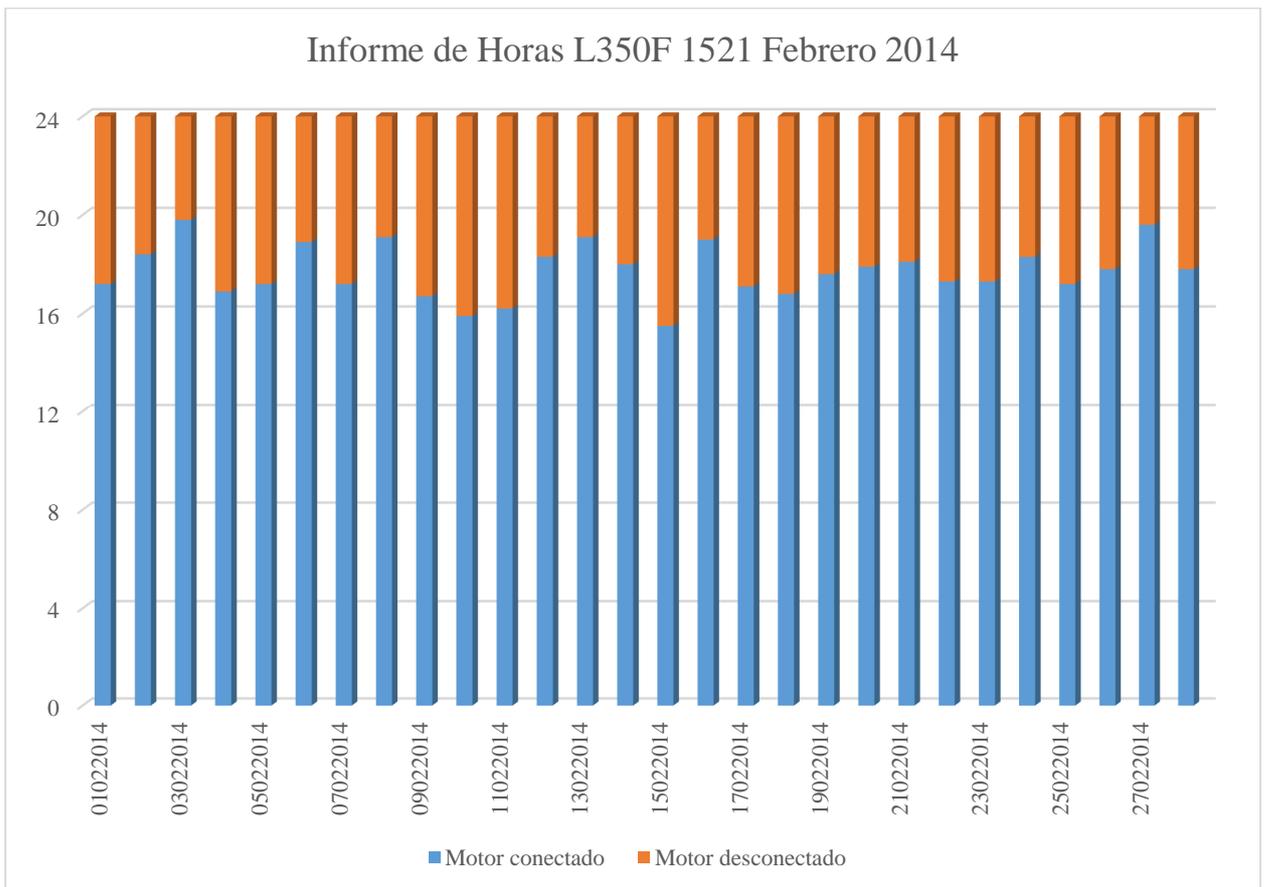
Por último, el evento 140-0-406-14 como mensaje del control de arranque del display de información, sólo se determinó que no se debían generar acciones de mantenimiento.

Como resultado del mes se generaron los siguientes indicadores:

Promedio de Productividad : **73,98%**
Horas de Producción : **550,4**
Horómetro al 31 de Enero 2014 : **2582,9**

Que implicó un aumento de las horas de producción de la máquina desde un promedio del último cuatrimestre del 2013 de **68,44%** a un **73,98%** (aumento de un **5,54%** de horas de producción).

Implementación Proyecto Febrero 2014. Equipo L350F 1521



Respecto de febrero del 2104, el listado de eventos generados desde SK Signos fue el siguiente.

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1029	Filtro de aceite de la caja de cambios, bloqueado	0	Falla
L350F00 1521	128	Unidad de Mando - Motor	0	PPID	19	Estado EGR interno	7	Alarma

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	59	Combinación técnica	14	Alarma
L350F00 1521	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	1447	Tiempo de ralentí antes de parada	8	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	52	Lubricación central	1	Fallas
L350F00 1521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	0	PPID	103	Posición CDC palanca	2	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1032	Fuente de palanca	14	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1048	Carga de presión de frenos ac.	7	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1331	CDC estado de sistema/Comando	14	Alarma
L350F00 1521	146	Unidad de Mando - Climatizador	1	PSID	1	Panel de mando de climatización	11	Alarma
L350F00 1521	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	3	SID	22	C2 Indicador de presión de embrague	2	Alarma
L350F00 1521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	28	CDC + electroválvula	3	Alarma
L350F00 1521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	28	CDC + electroválvula	5	Alarma
L350F00 1521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	29	CDC + electroválvula	3	Alarma
L350F00 1521	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	29	CDC + electroválvula	5	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	52	Lubricación central	12	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	54	Marcha actual	0	Falla

El evento 187-0-1029-0 tuvo como causa demostrada, que un filtro de aceite de la transmisión estaba obturado, cuya solución propuesta correspondía a “Sustituya el filtro. Si la falla continúa: realiza la medición de control.”, lo que fue realizado como mantenimiento proactivo.

El evento 128-0-19-7 generado correspondió a una baja de presión del aceite de motor, que implicaba una solución propuesta de revisión de los parámetros admitidos, lo que fue realizado dentro del servicio de mantenimiento proactivo.

El evento 187-1-59-14 corresponde sólo a un mensaje de configuración de la máquina por lo que no correspondía generar acciones de mantenimiento.

El caso del 140-0-1447-8 determinó que la causa radicaba en que el tiempo del motor en ralentí previó a la desconexión es demasiado corto, por lo que la solución propuesta indicaba, dejar mayor tiempo que el actual, el motor en ralentí.

El evento 187-1-52-1 implicó en base a las causas y las soluciones propuestas en la metodología, una revisión del sistema de lubricación, solucionándose el error.

Las alarmas 187-0-1032-14 y 249-0-103-2 correspondieron a mensajes sobre la unidad de mando del vehículo, que no generaron acciones de mantenimiento dentro de la metodología en implementación.

El evento 187-0-1048-7, correspondió a una alarma del circuito hidráulico, por lo que se usó el diagnóstico guiado que resolvió el incidente.

El evento 187-0-1331-14, correspondió a una anomalía del sistema de dirección de palanca (CDC), que se solucionó ejecutando la pauta de mantenimiento proactivo indicada.

El evento 146-1-1-11, correspondió como causa a un cortocircuito en el haz de cables de la Unidad de Mando – Climatizador, de manera que la opción de mantenimiento proactivo ejecutada, correspondió a la guía de acción para esa causa.

El evento 130-3-22-2, correspondió a una interrupción del circuito de la Unidad de Mando de la Caja de Cambios, lo que gatillo las acciones de resoluciones propuestas.

La serie de eventos 249-1-28-3, 249-1-28-5, 249-1-29-3, 249-1-29-5, correspondió a la Unidad de Mando Vehículo 2, con inconvenientes en la electroválvula, lo que generó las acciones de mantenimiento propuestas en la guía de acciones.

El evento 187-1-52-12, indicó un fallo en la válvula de cambio de la unidad de bomba en la Unidad de Mando Vehículo, lo que generó las acciones de revisión de la guía de acciones y la ejecución en el sistema de lubricación central.

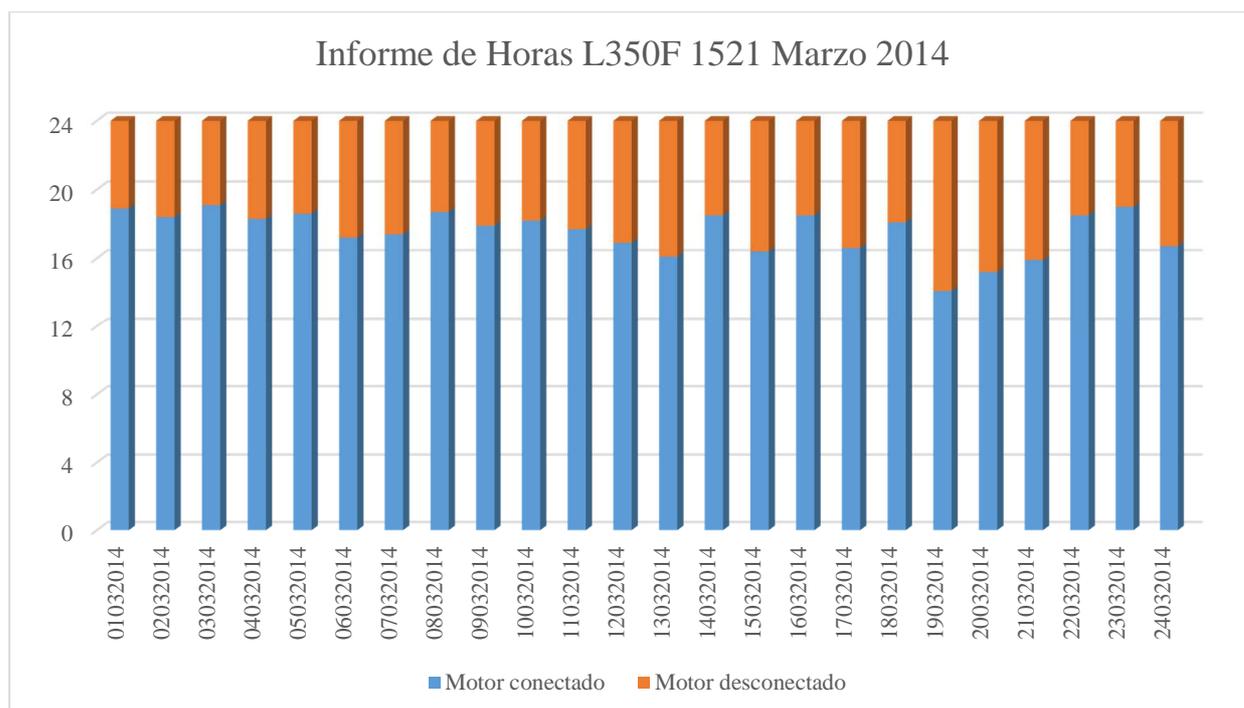
Por último el evento 187-1-54-0, categorizado como falla, correspondió como causa a un “embalamiento de la transmisión”, lo que generó la ejecución inmediata de las acciones previstas, superando el incidente.

Como resultado del mes se generaron los siguientes indicadores:

Promedio de Productividad	:	73,84%
Horas de Producción	:	496,2
Horómetro al 28 de Febrero 2014	:	3079,1

El resultado de Febrero resultó en un aumento de las horas de producción de la máquina desde un promedio del último cuatrimestre del 2013 de **68,44%** a un **73,84%** (aumento de un **5,4%** de horas de producción).

Implementación Proyecto Marzo 2014. Equipo L350F 1521



Para el periodo en estudio de Marzo del 2014, el listado de eventos generados hasta el 25 del mes corresponde al siguiente:

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1521	128	Unidad de Mando - Motor	0	PPID	19	Estado EGR interno	7	Alarma
L350F00 1521	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	1447	Tiempo de ralentí antes de parada	8	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	59	Combinación técnica	14	Alarma
L350F00 1521	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	3	SID	22	C2 Indicador de presión de embrague	2	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	54	Marcha actual	0	Falla

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1032	Fuente de palanca	14	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	57	Cambio dirección para evitar velocidad vehículo excesiva	14	Alarma
L350F00 1521	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1029	Filtro de aceite de la caja de cambios, bloqueado	0	Fallas
L350F00 1521	146	Unidad de Mando - Climatizador	1	PSID	1	Panel de mando de climatización	11	Alarma

El evento 128-0-19-7, afectó la Unidad de Mando – Motor y tuvo como causa que la válvula EGR interna está mecánicamente atascada, por lo cual se generó la acción de mantenimiento proactivo correspondiente que implicaba el uso del diagnóstico guiado, que fue ejecutado correctamente.

El evento 140-0-1447-8, indicaba que el tiempo de ralentí estaba siendo demasiado corto, por lo que se generaron las recomendaciones correspondientes.

El evento 187-1-59-14, también correspondía a una recomendación de configuración de la máquina que fue indicada para su ejecución.

El evento 130-3-22-2, afectó la Unidad de Mando – Caja de cambios en el nivel de presión del embrague a partir de la causa detectada como “interrupción en el circuito”, el que fue revisado según las pautas de medición recomendadas por la metodología de mantenimiento proactivo implementada.

El 187-1-54-0, correspondió a una falla, ya antes detectada que corresponde a un mal funcionamiento de la marcha atrás por un embalamiento de la transmisión, lo que implicó el uso de las recomendaciones definidas para el caso.

El evento 187-0-1032-14, correspondió a una alarma relacionada a la Unidad de Mando – Vehículo con causa relacionada con la fuente de palanca, el cual fue revisado y corregido en base al diagnóstico guiado.

El evento 187-1-57-14 correspondió a la Unidad de Mando – Vehículo con la causa determinada “cambio de dirección para evitar velocidad vehículo excesivo”, lo que generó recomendaciones de uso según acciones recomendadas.

El evento 187-0-1029-0, correspondió a un filtro de aceite de la transmisión obturado, por lo que se llevó a cabo el cambio del filtro.

El evento 146-1-1-11 correspondió a un cortocircuito en el haz de cables del panel de mando de climatización, el que fue corregido a partir de la solución propuesta en el diagnóstico guiado.

Promedio de Productividad : **73,07%**
Horas de Producción : **421,9**
Horómetro al 25 de Marzo 2014 : **3501**

El resultado al 25 de Marzo resultó en un aumento de las horas de producción de la máquina desde un promedio del último cuatrimestre del 2013 de **68,44%** a un **73,07%** (aumento de un **4,63%** de horas de producción).

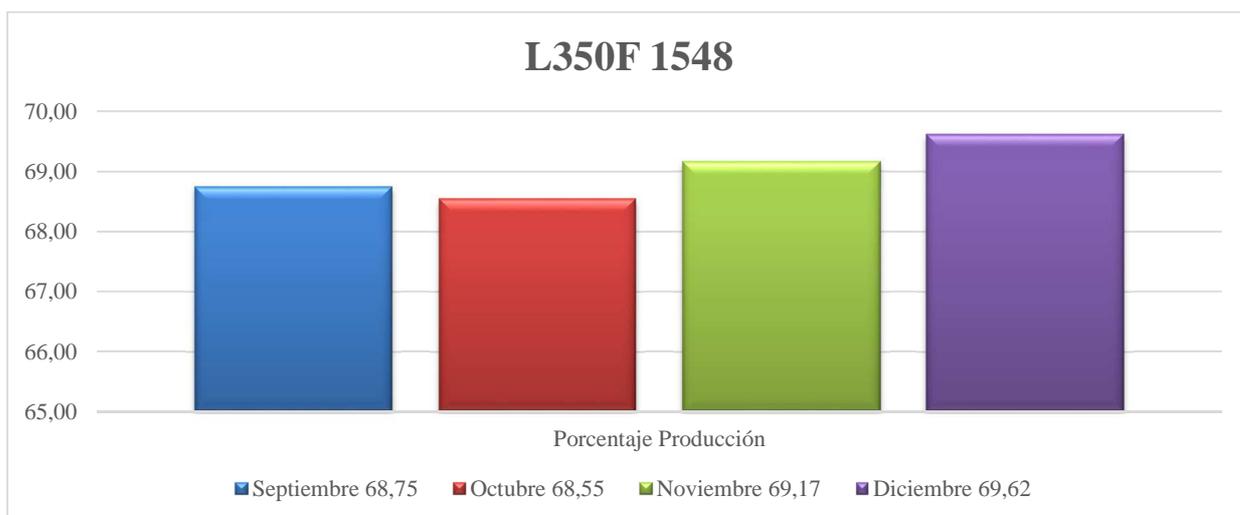
En definitiva el resultado de la implementación en base a una prueba de concepto del proyecto de tesis generó un aumento en promedio de las horas de producción de la máquina L350F001521 de SKC Maquinarias de **5,4**.

El segundo equipo incorporado a la prueba de concepto es el siguiente:

Modelo : **L350F**
Descripción : **WLO - Cargador Frontal**
Marca : **VOLVO**
Equipo : **L350F001548**
Plazo : **Desde el 01 de Enero del 2014 al 25 de Marzo del 2014**

Tal como el modelo anterior, las pautas de mantenimiento preventivas se llevaron a cabo en base a la periodicidad y tiempos del modelo L350 (Cargador Frontal Volvo) entre el 01 de Septiembre al 31 de Diciembre del 2013, cambiando al modelo de mantenimiento proactivo entre el 01 de Enero al 25 de Marzo del 2104.

Los resultados de las horas de productividad descontadas las pautas de mantenimiento preventivas en el año 2103 son las indicadas en porcentaje en el gráfico siguiente y representan en promedio un **69,02%** de disponibilidad para producción.



Luego de la implementación del modelo proactivo, se generaron los siguientes eventos de mantenimiento durante Enero, Febrero y Marzo 2014, que generaron acciones directas de servicios determinadas por el modelo implementado.

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1548	128	Unidad de Mando - Motor	0	PPID	19	Estado EGR interno	5	Alarma
L350F00 1548	128	Unidad de Mando - Motor	2	PPID	172	Temperatura de Aire, admisión	5	Alarma
L350F00 1548	128	Unidad de Mando - Motor	2	PPID	94	Presión de Alimentación	1	Error
L350F00 1548	128	Unidad de Mando - Motor	2	PPID	94	Presión de Alimentación	5	Alarma
L350F00 1548	128	Unidad de Mando - Motor	3	SID	39	Relé de motor de arranque	4	Alarma
L350F00 1548	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	1	PSID	200	Enlace de datos, MID 128	9	Alarma
L350F00 1548	130	Unidad de Mando - Caja de Cambios	1	PSID	216	Enlace de datos, MID 187	9	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	1414	Selector de marcha #1	14	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	0	PPID	1447	Tiempo de ralenti antes de parada	8	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	1	PSID	200	Enlace de datos, MID 128	12	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	1	PSID	214	Enlace de datos, MID 249	12	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	1	PSID	216	Enlace de datos, MID 187	12	Alarma

CHASSI SNO	MID	DESCRIPCION	PID TYPE	TIPO	PID	OBSERVACIÓN	FMI	TIPO
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	1	PSID	238	Enlace de datos, MID 146	12	Alarma
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	2	PID	98	Nivel de aceite del motor	1	Error
L350F00 1548	140	Unidad de Mando - Display de Información	3	SID	216	Otras ECU tienen códigos avería afectando función	14	Alarma
L350F00 1548	146	Unidad de Mando - Climatizador	1	PSID	1	Panel de mando de climatización	11	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1027	Nivel de aceite hidráulico	1	Error
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1157	Temperatura del refriger. hidráulico, refriger. de salida	3	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1228	Prueba de frenos, resultado	14	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	0	PPID	1418	Presión de frenos acumulador	4	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	202	Enlace de datos, MID 140	12	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	46	Solenoide de suspensión de brazo (BSS)	5	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	52	Lubricación central	1	Error
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	52	Lubricación central	5	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	54	Marcha actual	0	Error
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	57	Cambio dirección para evitar velocidad vehículo excesiva	14	Alarma
L350F00 1548	187	Unidad de Mando - Vehículo	1	PSID	59	Combinación técnica	14	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	0	PPID	155	Ángulo de la dirección	3	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	0	PPID	99	Primera posición palanca	4	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	20	1° + electroválvula	3	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	202	Enlace de datos, MID 140	12	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	23	2° - válvula de solenoide	3	Alarma
L350F00 1548	249	Unidad de Mando - Vehículo 2	1	PSID	23	2° - válvula de solenoide	5	Alarma

Las acciones proactivas realizadas al equipo L350F001548, generaron un aumento de la cantidad de horas de producción, derivadas directamente de la implementación del modelo de mantenimiento proactivo.

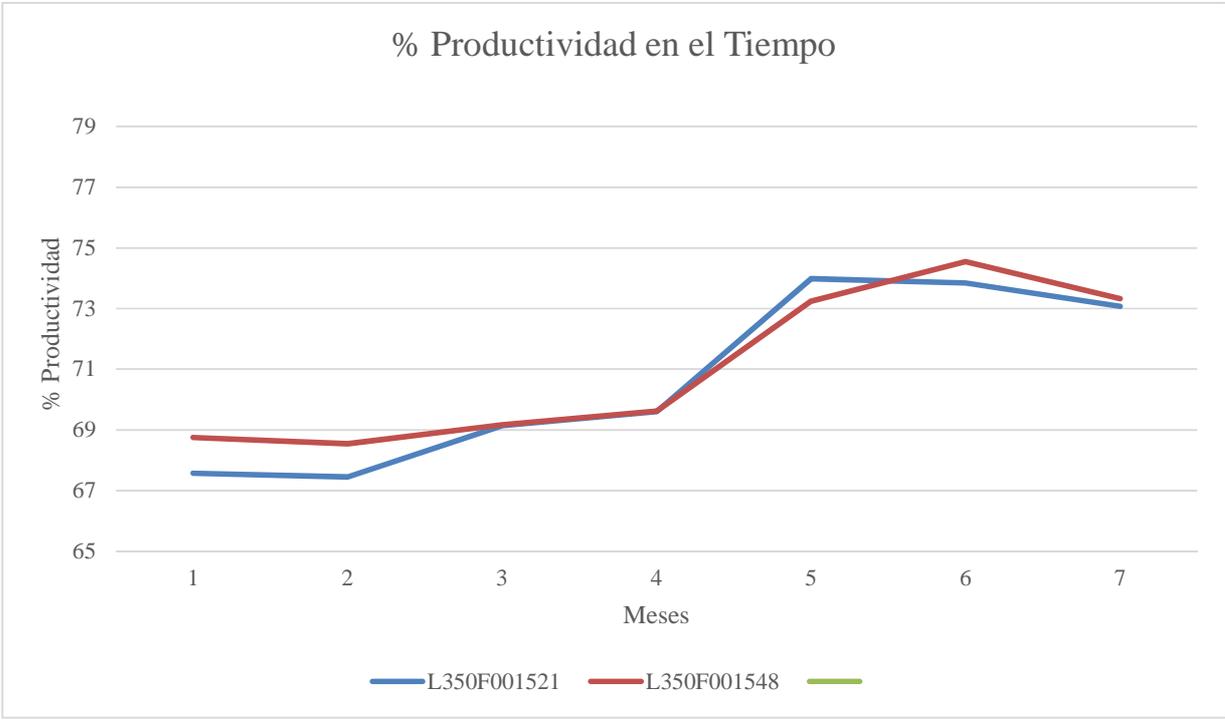
De esta manera, en el gráfico siguiente, se verifica el porcentaje de disponibilidad de máquina para producción que aumenta a un **73,71%**, que representa un **4,69%** de aumento respecto del cuatrimestre anterior.



En ambos casos considerados para la prueba de concepto, el aumento de horas de aumento disponibles para producción son significativos, ya que con el sólo hecho de modificar la metodología de mantenimiento al modelo de servicios proactivos, genera aumentos de horas en producción que representan potenciales ingresos adicionales, los que pueden materializarse para cada equipo desde el primer momento de implementación e incorporar además, el parque completo de potenciales máquinas con la posibilidad de obtener en línea la información base para la aplicación tecnológica (124).

La visión más clara del aumento del porcentaje de horas de producción disponibles se puede visualizar en el siguiente gráfico, que indica el aumento de casi un 5% de productividad a partir del 4 mes de análisis, que corresponde al inicio de la aplicación del modelo proactivo para SKC

Maquinarias, lo que corresponde a un aumento potencial importante por las posibilidades de beneficios claros con el total del parque de máquinas.



GENERALIZACIÓN DEL PROYECTO – FRAMEWORK

Framework puede ser definido como un conjunto de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve de referencia para resolver problemas de índole general.

De esta manera, para poder extrapolar la solución particular al ambiente general, el Framework considera aspectos que deben ser especializados para el entorno considerado y otros aspectos que no deben ser especializados y que permitan dar la flexibilidad correspondiente para dar soluciones a problemas generales de un mismo dominio, entregando arquitecturas genéricas de solución para problemáticas parecidas.

De lo anterior y dado que la problemática particular del proyecto se enfoca en la determinación de mejoras en el proceso de entrega de servicios de mantenimiento de máquinas Volvo del tipo “Cargadores Frontales” que tienen la capacidad de enviar la información de los eventos ocurridos a través del software telemático “Caretrack”, se considera esta situación particular para generalizar la solución al Framework.

CARGADORES FRONTALES

Los Cargadores Frontales Volvo entregan economía de combustible, y fácil mantenimiento. Usos en construcción de edificios y carreteras, movimiento de tierra, tratamiento de residuos, explotación de canteras, tratamiento de áridos, minería, almacenes de madera y agricultura.

Seleccione el modelo para obtener más información sobre características, especificaciones, y descarga de catálogos.

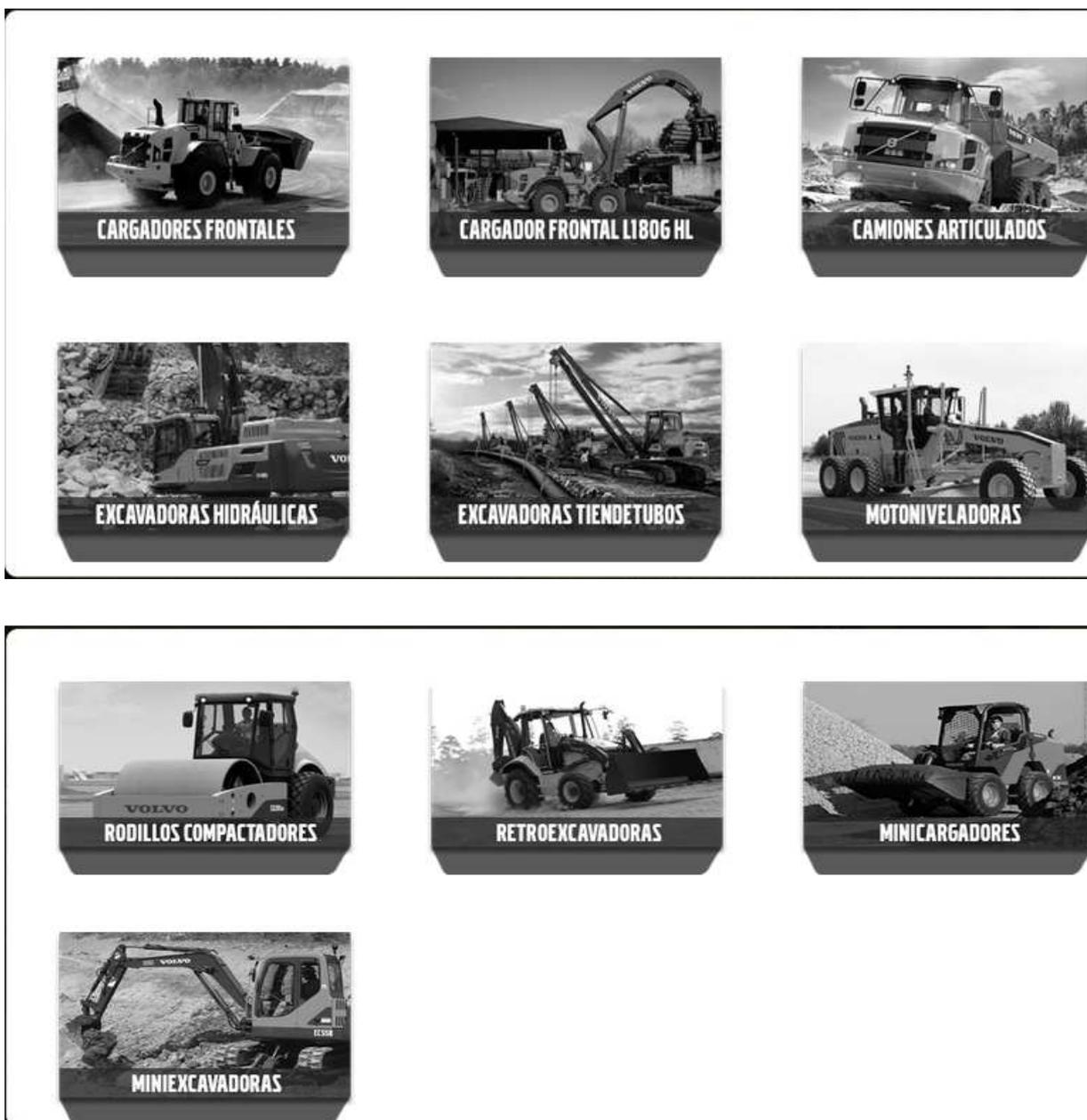
Modelo	Potencia (HP@rpm)	Carga de vuelco giro total (kg)*	Tamaño de balde (m3)	Tamaño de garra maderera (m2)	Peso operativo (ton)
L60F	158@1.700	7.380	1,7 – 5,0	0,7 – 1,3	11,0 – 12,3
L70F	171@1.700	8.420	2,0 – 6,4	0,9 – 1,5	12,7 – 14,0
L90F	175@1.700	9.568	2,3 – 7,0	1,3 – 2,4	15,0 – 17,0
L110F	231@1.700	11.270	2,7 – 9,5	1,1 – 2,4	18,0 – 20,0
L120F	245@1.700	12.140	2,6 – 9,5	1,1 – 2,4	19,0 – 21,0
L150G	300@1.300	15.500	4,0 – 6,8	1,6 – 3,5	23,6 – 25,6
L180G	334@1.300 a 1.400	18.420	4,4 – 7,8	1,6 – 3,7	26,4 – 28,5
L220G	373@1.300 a 1.400	20.740	4,9 – 8,2	1,7 – 4,0	31,5 – 32,8
L350F	540@1.700 a 1.800	34.290	6,2 – 12,7	5,5 – 6,3	50,0 – 56,0

Ver ficha Técnica ▶

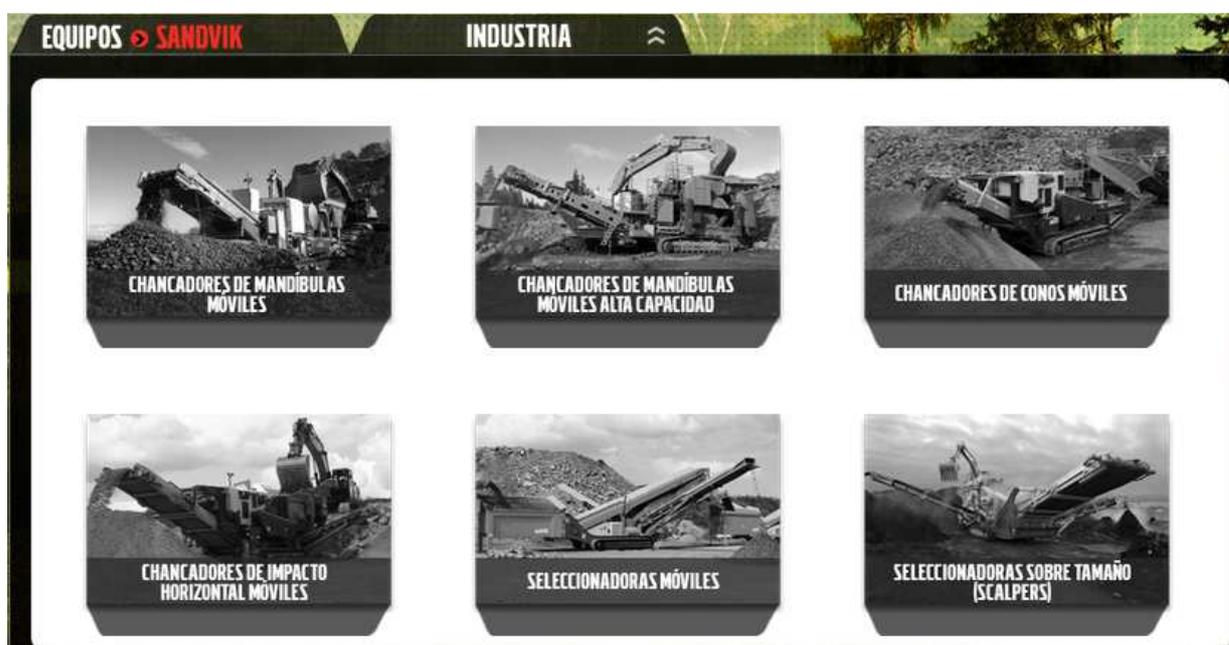
Cotizar ▶



Considerando esto, es posible “generalizar” la solución particular a todos los tipos de Máquina de Volvo que contienen algún sistema de reconocimiento de alarmas, como son todas las que se muestran en la próxima figura y que son parte del pool de marcas representadas y que poseen el reconocimiento de las alarmas on-line.



Otro aspecto del dominio a considerar y que si sitúan dentro de la generalización esperada, son todas las máquinas representadas que no son de la marca Volvo y que también se pueden incorporar al dominio de las máquinas con servicio técnico planificado, por ejemplo máquinas de las marcas Manitou, Timberpro o Sandvik.



Generalizando aún más la solución, el esquema de Framework propuesto puede considerar unidades que requieren mantenimiento y que no son unidades móviles como las máquinas antes mencionadas, sino que son unidades productivas fijas o plantas de producción. De estas, se considera la planta de producción de hidrógeno de Sigdo Koppers de la empresa CHBB o Compañía de Hidrógeno Bío Bío S.A.

Industrial

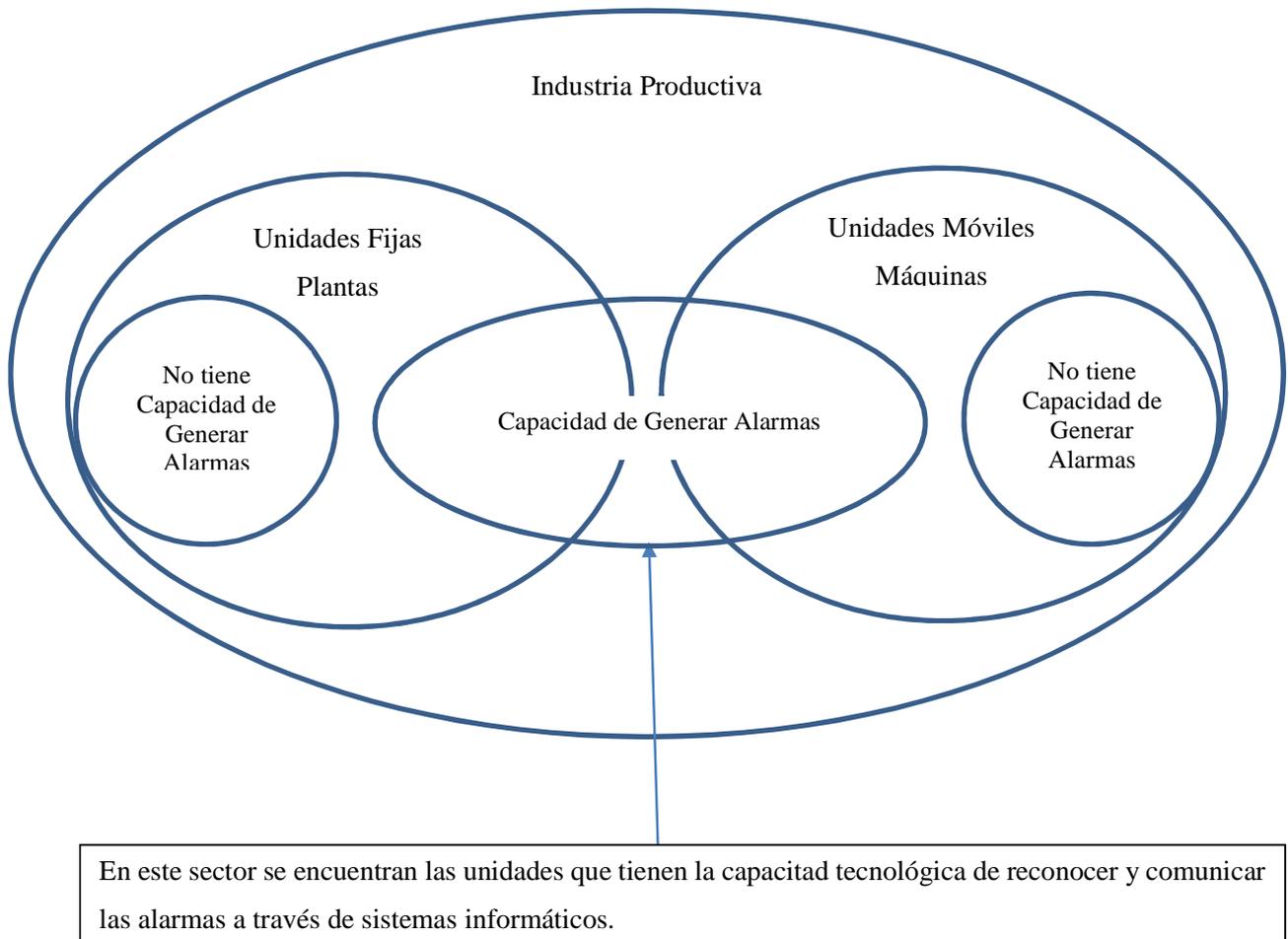
COMPAÑÍA DE HIDRÓGENO BÍO BÍO (CHBB) S.A..



- Participación Sigdo Koppers S.A.: 78,59%
- Gerente general: Juan Pablo Aboitiz Domínguez
- Oficina Central: Málaga 120, piso 8, Las Condes, Santiago - Chile
- Teléfono: (56-2) 837 1100
- Fax: (56-2) 228 7460

Dominio

El dominio en el cual se enmarca el proyecto, dado lo anterior e independiente de la marca de la máquina o de la planta productiva se traduce en la siguiente figura.



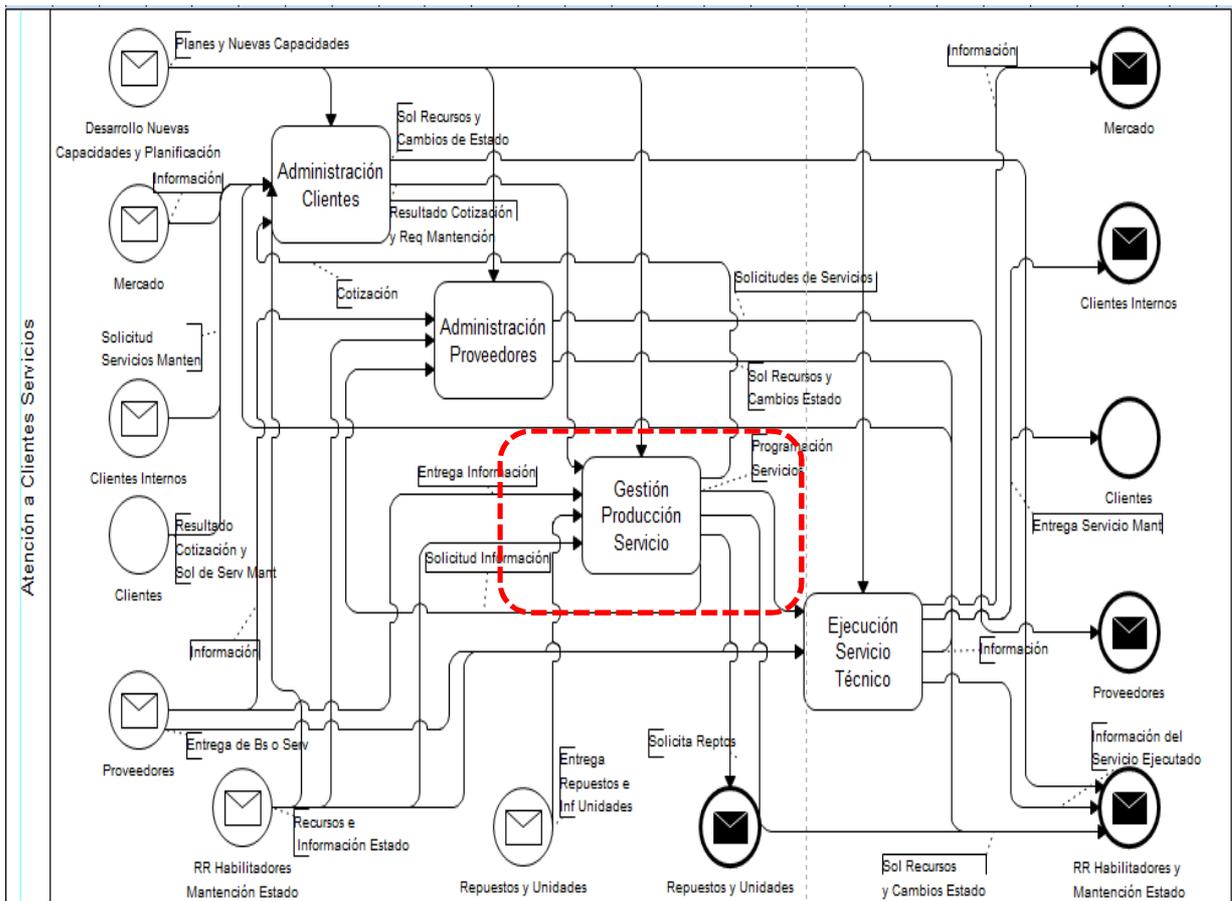
Este es el dominio que se considera en el proyecto de tesis, circunscrito a las unidades móviles con capacidad de generar alarmas automáticamente para su reconocimiento.

En esta figura se muestra además, el dominio que se puede alcanzar con la tesis, ya que el modelo determinado también puede ser aplicado para el reconocimiento de alarmas en unidades

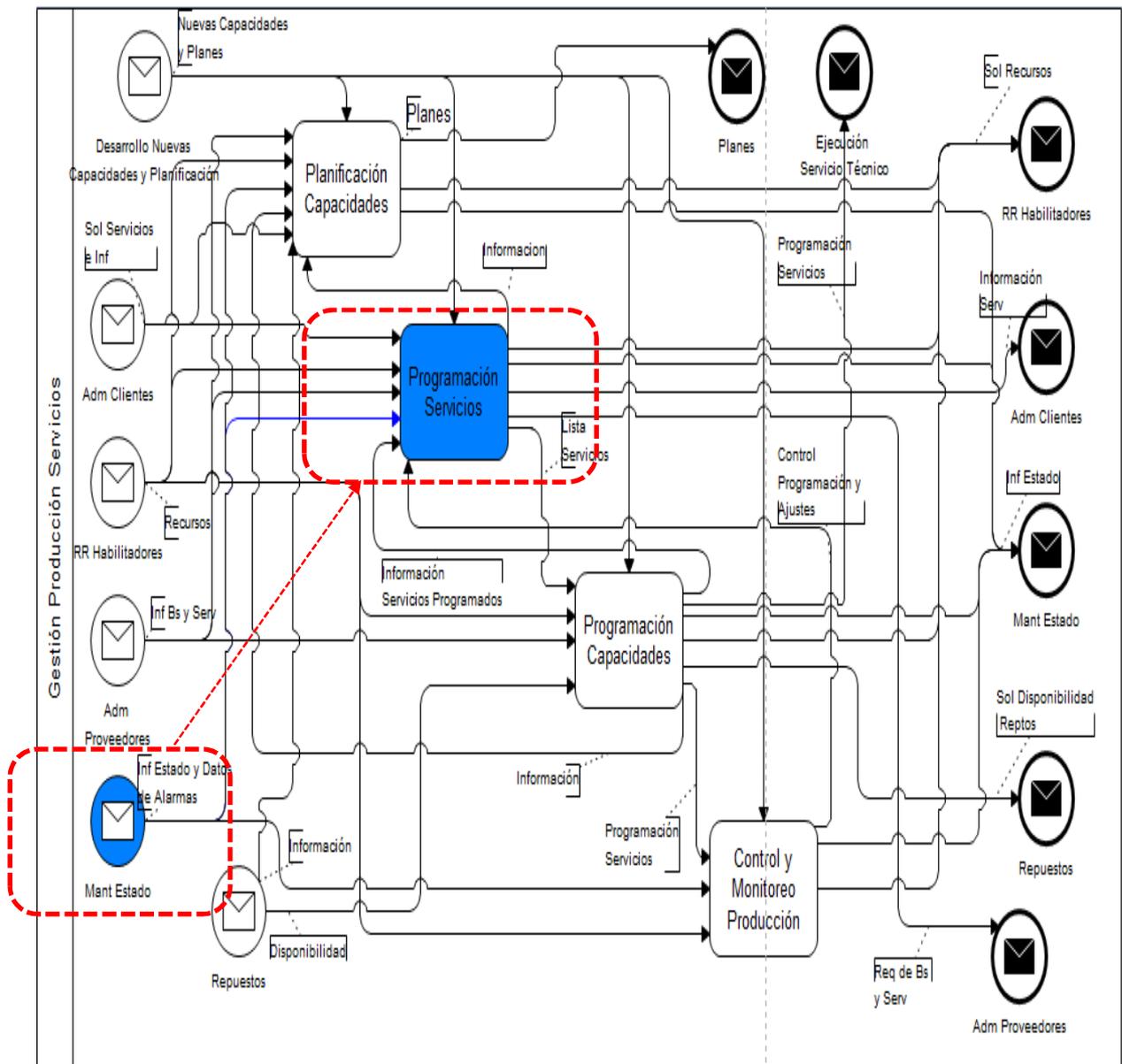
fijas o plantas, de manera de generar su reconocimiento y poder ejercer las lógicas de negocio determinadas, para proponer acciones de mantenimiento proactivamente.

Patrones de Negocios para el Framework

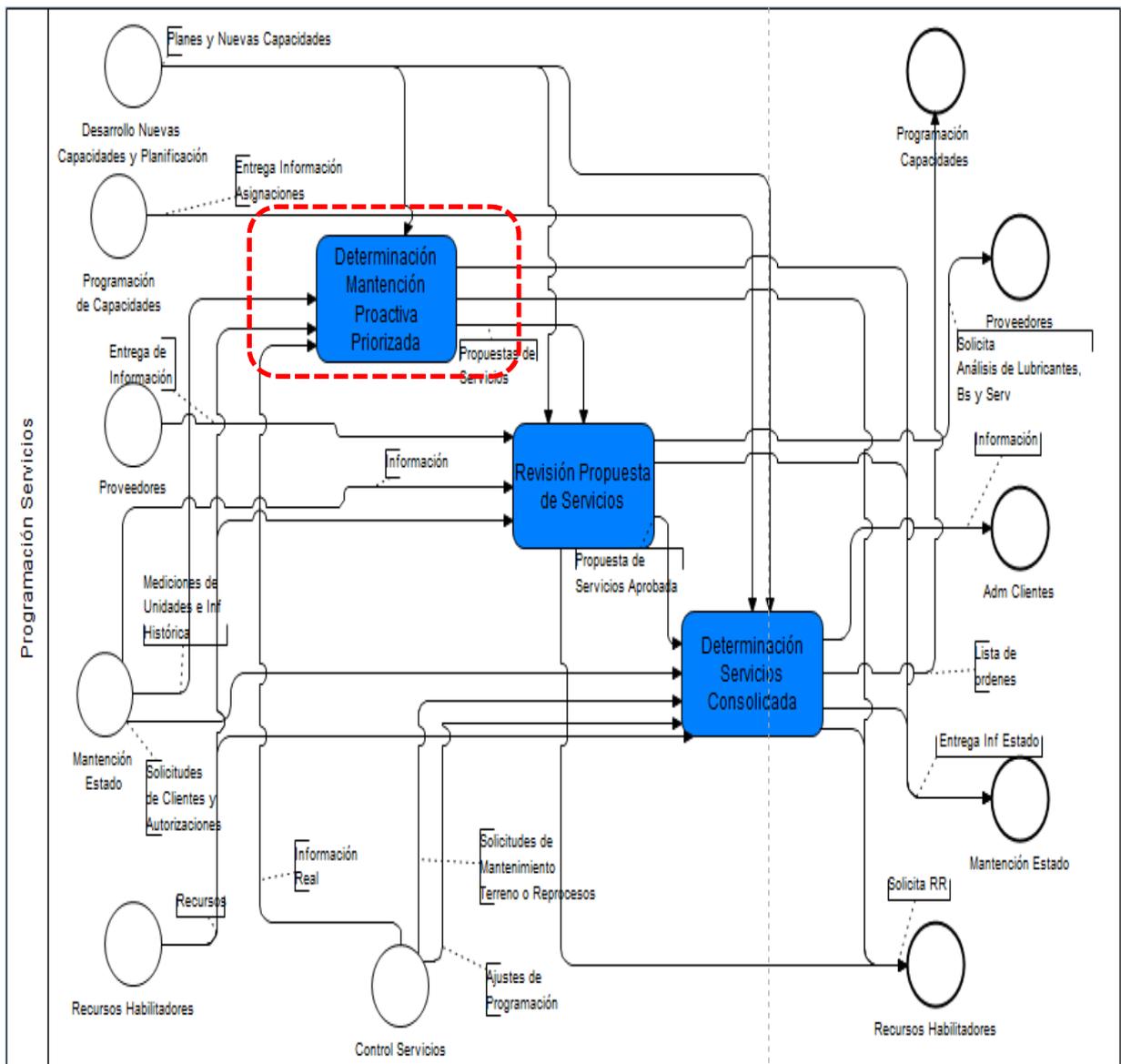
La solución generalizada o Framework se basa entonces, en los patrones de negocios antes expuestos, que tienen aspectos comunes y otros particulares, además de ser de tal manera flexible que permiten la posibilidad de ser utilizados para cualquiera de las lógicas de negocios mencionada.



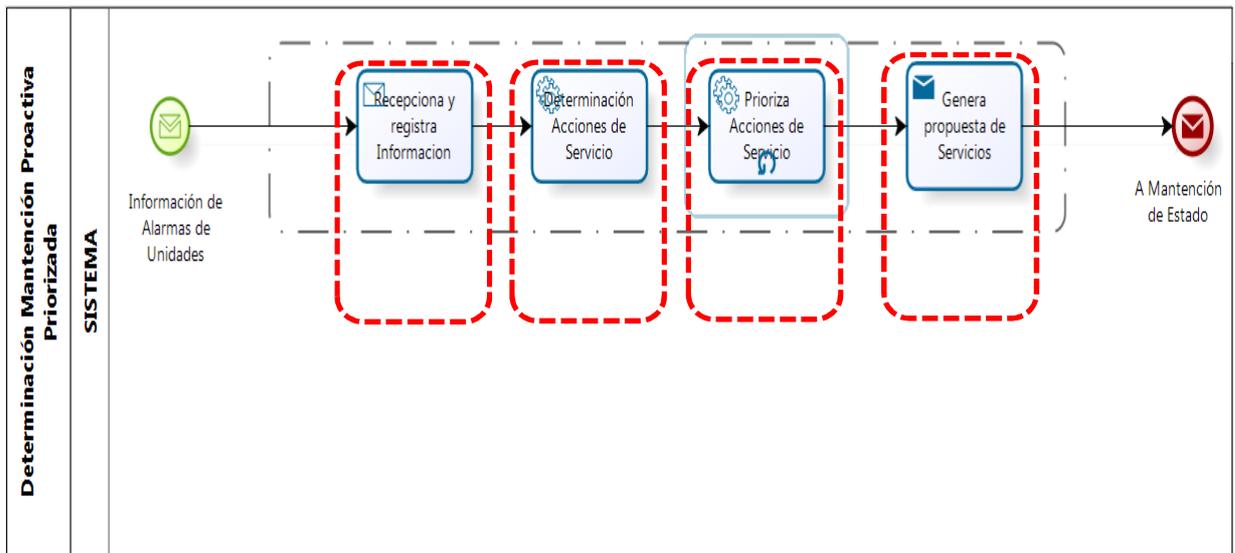
La figura muestra el proceso al nivel general que se considera para la definición del Framework, en este aspecto la “Gestión de Producción de Servicio” en donde se centralizan todas las solicitudes Mantenimiento y se genera la programación de servicios para ejecución.



En este nivel, el Framework considera la posibilidad de obtener información de los sensores residentes en las unidades (Máquinas, Plantas de Producción, etc.) de distintas marcas y modelos, para ser procesadas en “Programación de Servicios” y generar como resultado una lista de servicios a “Programación de Capacidades” que determina el programa de servicios para ejecución.

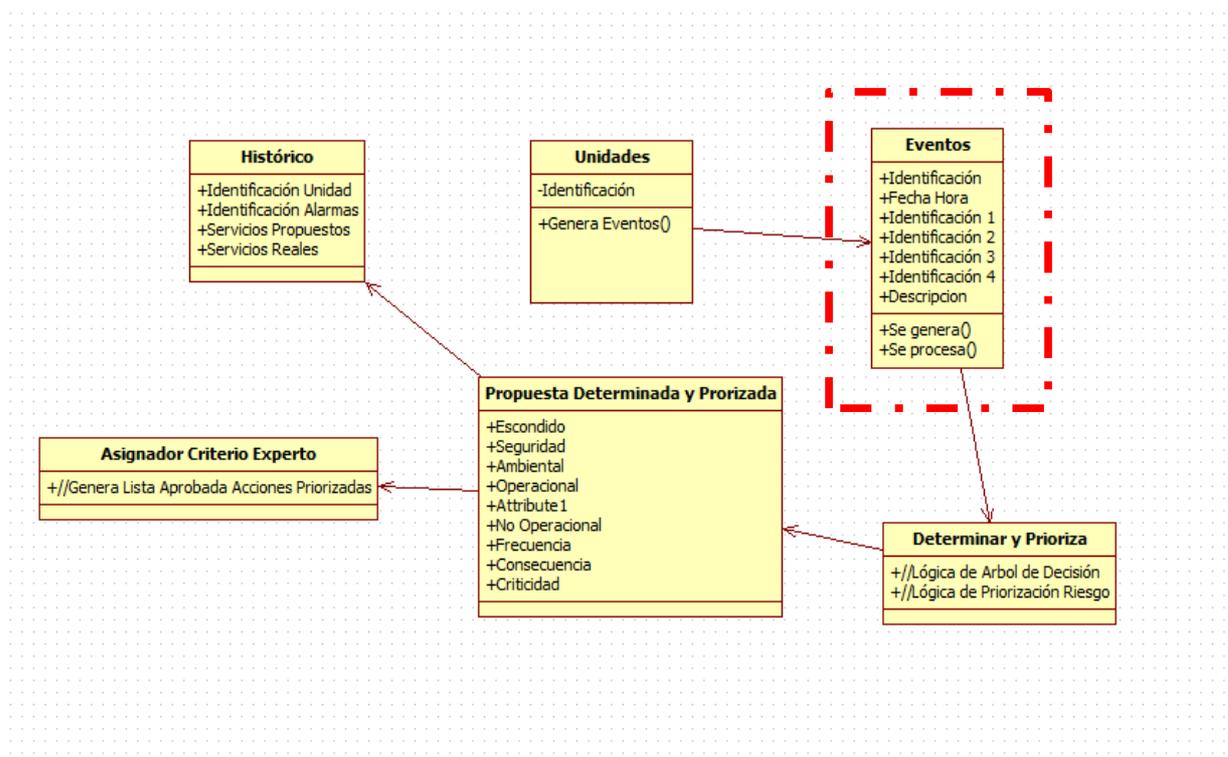


A este nivel, el procesamiento de la información desde las distintas Unidades permite generar la Determinación de las Acciones de Mantenimiento Priorizadas en base a las lógicas de determinación de acciones y a la priorización en base a la criticidad determinada. Los aspectos comunes para el Framework siguen siendo las Unidades, la capacidad de obtener las señales de alertas on-line, la capacidad de procesamiento de estas alertas para generar acciones de mantenimiento proactiva y la capacidad de priorización en base a riesgos, lo que genera una propuesta automática de servicios.



En este diagrama se detallan las lógicas del Framework que se determinan cómo común y básica para la determinación final de las acciones de mantenimiento propuestas.

Clases para el Framework



El Framework de la solución mostrado como diagrama de clases, permite determinar la solución propuesta, en donde se observan las distintas operaciones y relaciones de las que se disponen para que la solución propuesta de servicios proactivos a través de la lectura de eventos, sea una solución general para cualquier tipo de mantenimiento a ejecutar y en los dominios ya mencionados. En este sentido, la clase relevante corresponde a la de Eventos, ya que ésta es la que puede modificarse en su forma de ejecución, no impidiendo que el Framework siga siendo relevante para la solución. De esta manera, la obtención automática de Eventos de las máquinas, puede ser substituido por la lectura directa del encargado o mecánico (a través de formularios predefinidos), que registra los eventos en sistemas informáticos con la capacidad de determinar las acciones a ejecutar y priorizando en base al riesgo, tal como se propone en el proyecto de tesis, continuando con el detalle tal como se determina en el Framework.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para comenzar con el análisis económico del proyecto en estudio, se realiza un análisis FODA del negocio de servicio técnico y de SKC Maquinarias en el entorno en el que actualmente se desempeña. De esta manera el resultado obtenido es el siguiente.

Análisis FODA



El diagnóstico FODA nos ayuda a detectar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de nuestro negocio y es una invaluable herramienta para comenzar a trabajar con nuestro proyecto y empresa.

La situación relacionada al proyecto (o su idea) será condicionada por factores internos y externos. Dentro de los factores internos, estudiaremos nuestras Fortalezas y Debilidades y dentro de los factores externos, detallaremos nuestras Oportunidades y Amenazas.

Dentro de la situación interna se puede visualizar:

Fortalezas:

- *La Marca Volvo y su reconocida calidad*
- *El prestigio empresarial de SKC y de Sigdo Koppers*
- *Respaldo y recursos financieros*
- *Cobertura Nacional*
- *La inversión del grupo para aumentar la cobertura en otros países*
- *Experiencia en el rubro de la Minería y la Industria*
- *El complemento de productos y servicios que se oferta en conjunto con las empresas del grupo*
- *Disponibilidad de Recursos Humanos y técnicos*
- *Conocimiento técnico de los equipos*
- *El reconocimiento tecnológico de las señales (Alarmas/Fallas) de las Unidades*

Debilidades:

- *El Servicio Técnico no es visto como generador de ingreso*
- *El enfoque en la Marca Volvo*
- *El precio es más caro que la competencia*
- *La oferta de servicios de mantenimiento restringida a las pautas de fábrica*
- *La falta de metodologías de aplicación del mantenimiento*
- *La falta de planificación de los recursos técnicos y humanos*
- *La resistencia interna al cambio de enfoque sobre el mantenimiento*
- *Falta de profundidad en la oferta conjunta del grupo SK*
- *Pérdida de cuotas de mercado en la venta de Unidades*

De la situación externa:

Oportunidades:

- *El crecimiento exponencial de la industria minera en Chile y Latinoamérica*
- *El reconocimiento de la industria del mantenimiento como muy rentable*

- *Los altos costos de producción de la minería*
- *El avance de la tecnología de reconocimiento de eventos y geo-referenciales*

Amenazas:

- *El ingreso de la maquinaria China*
- *Los precios de la competencia*
- *La amplia oferta de marcas y servicios*
- *La especialización del mantenimiento de parte del mercado y el uso de metodologías*

Factores Críticos de Éxito

A continuación se analizan los factores críticos de éxito en los que se basa el proyecto, para generar las mejoras requeridas en el servicio técnico de manera de llevar a cabo la estrategia de integración con el cliente.

- *Capacidad Técnica de obtener las señales desde las Unidades*

El proyecto plantea la posibilidad de obtener automáticamente y en línea las señales de Alarmas y Fallas desde las unidades en estudio, de modo que la posibilidad de tomar la API de CareTrack e interpretarlas es clave para el éxito del proyecto.

- *La posibilidad de determinar acciones de mantenimiento a partir del reconocimiento de señales*

El sólo reconocimiento de las señales por sí mismo, no garantiza el éxito del proyecto, sino que éste reconocimiento, debe ir acompañado de un correcto análisis de los modos de falla, las causas que lo originan y las acciones propuestas, que generan el listado de acciones a indicar a los encargados de ejecutar éstas acciones.

- *La capacidad tecnológica de concentrar en un sistema las señales y las acciones propuestas*

El sistema desarrollado debe tener la capacidad de aunar las señales con las acciones de mantenimiento propuestas, en una plataforma accesible para los técnicos y encargados de

mantenimiento en términos de la información resultante y de la capacidad técnica de los dispositivos de mostrarla.

- *Gestión del Cambio de Servicio Técnico*

Es absolutamente crítico, el sentido de modificar las actuales prácticas de mantenimiento y llevarlas a los niveles de excelencia requeridos, de modo que las acciones aprobadas en el sistema, se lleven a cabo según lo esperado y además, sean registrados en el sistema como información histórica, para ir formando una base crítica de datos que en el tiempo ira entregando más y mejor información, para generar mejores modelos probabilísticos en el futuro.

El área de servicio técnico en su conjunto además, es clave en el proyecto en el sentido que interprete que el Servicio Técnico es la “cara” de la empresa frente al cliente y que su relación y excelencia, permitirán mantener el contacto comercial en el futuro, para de alguna manera tender hacia la integración con el cliente en términos de mantenimiento (Posicionamiento Estratégico).

Justificación Económica del Proyecto

Cómo se ejemplifica en el anexo V de esta tesis en base a experiencias de otros proyectos, hay factores involucrados con el servicio técnico que considerados generan efectos para la empresa como son, menores costos que se pueden obtener, ahorros en los tiempos de detención, aumento de la vida útil, aumento en los tiempos de producción, etc. lo que determina beneficios económicos para el cliente, por lo que se debe conformar una oferta que apunte a estos ahorros, permitiendo obtener parte de estos beneficios para SK Maquinarias.

Beneficios Intangibles

Dada la naturaleza de las mejoras a incluir, es que nacen aspectos que no serán medidos en la justificación económica del proyecto, pero que son relevantes de mencionar, ya que los aspectos de servicio técnico (como representantes de la cara de la empresa ante el cliente), tienen mucha relevancia. De esta los beneficios intangibles siguientes, apuntan a los objetivos de “Servicio al Cliente” y “Excelencia en el Servicio” a considerar.

- *Mayor satisfacción de clientes*
- *Mayor satisfacción de empleados*
- *Integración de los equipos de trabajo*
- *Mejor relación con Proveedores*
- *Proporciona lenguaje de mantenimiento común*
- *Mejor entendimiento de los Procesos de Mantenimiento*
- *Reconocimiento de la diversidad funcional*
- *Conciencia hacia la criticidad de los costos y procesos*
- *Mejoramiento continuo a través de metodología estructurada*
- *Mejor planificación de las tareas*

Beneficios tangibles

La forma de obtener la información, será investigar que fallas de unidades, se pudieron evitar si es que se hubieran generado las acciones de mantenimiento proactivas, de esta manera se obtendrán los costos en los que se incurrió y se tendrá un valor de ahorro por el proyecto. Para esto se revisarán las paradas del modelo de máquina Cargadores Frontales de Volvo durante el año 2012, y con los técnicos especialistas, se revisará, qué fallas con pérdida de productividad están contempladas en la lectura de señales y acciones de mantenimiento del proyecto.

Otros beneficios que se medirán, tienen que ver con los ahorros en menos horas de detención por la incorporación de RCM como metodología, para lo cual se analizarán las pautas de mantenimiento preventivo y se compararán con el modelo a incorporar, de manera de tener el diferencial de horas de mantenimiento ahorrados, con lo que podremos obtener el valor (en base a la productividad por hora de la máquina) resultante del caso. Además, se intentará medir el aumento de la vida útil de las máquinas por la incorporación del proyecto, ya que es un valor de largo plazo y se inferirá a partir de los estudios realizados o de experiencia ocurrida en la industria.

Costos del Proyecto

Los costos del proyecto están determinados por las horas y costos siguientes:

- *Tiempo usado en la definición de la metodología de mantenimiento*
- *Tiempo incorporado en el estudio de la tecnología telemétrica de reconocimiento de señales*
- *Costos de Software básico (Licencias Base de Datos, Licencias de Desarrollo, etc.)*
- *Costo de desarrollo de la aplicación tecnológica SK Signos (Análisis, Documentación, Desarrollo, pruebas, etc.) relacionadas al Software*
- *Costos de aplicación piloto en Cliente*
- *Costos de incorporación de la nueva oferta (Marketing, Publicidad, Capacitación Interna, etc.)*
- *Costos de Hardware (Servidores, Comunicaciones, etc.)*
- *Costos de dispositivos móviles para la ejecución del sistema SK Signos (IPads, Smartphones, etc.)*
- *Otros costos (Planes de datos para usuarios, etc.)*

Toda esta información de beneficios y costos, se obtendrá desde el análisis experto de los técnicos de mantenimiento de SKC Maquinarias y de la información existente en el Sistema de mantenimiento de SAP, además de los datos de las consultorías desarrolladas y de las HH ejecutadas en el desarrollo del piloto de la aplicación y de la solución definitiva.

Construcción del Flujo de Caja

Supuestos para la evaluación

Para considerar la evaluación del proyecto, debemos hacer algunos supuestos que nos apoyarán en el desarrollo del ejercicio a considerar.

- Vamos a considerar de todo el pool de equipos de SKC Maquinarias, a los Cargadores Frontales, que se clasifican como Equipos Mayores, dado que esta maquinaria posee el sistema Caretrack incluido, lo que permite obtener la información de los eventos acontecidos y transformarlos a través de la metodología RCM en órdenes de mantenimiento proactivo.
- El factor de ingreso a considerar para la evaluación, está determinado por el valor de Ingreso/Hora de Cargador Frontal Volvo en Pesos para el cliente en faena, de manera de obtener un valor a partir de las “paradas” no consideradas que se pudieron evitar con la ejecución del

proyecto referenciado. El valor se considera en función de la experiencia de los técnicos de SKC Maquinarias en \$50.000/hora, valor que servirá para determinar los ingresos proyectados.

- Para efectos de cálculo de costos, se considera el valor medio de la hora de servicio técnico en base a un valor de \$15.000.
- Se considera Flujo de Caja en moneda UF para considerar valor de la inflación en el análisis.
- El Valor de la UF considerado es de \$ 22.900 x UF.
- La Tasa de Descuento usada por SKC, indicada por el área de Finanzas, corresponde a 12% anual.

Es importante determinar que las máquinas se considerarán a plena producción de modo que los ingresos supuestos puedan ser considerados como ingresos. No es el caso de máquinas que están detenidas o fuera de producción, ya que en este caso, el ingreso básico a considerar no ocurre.

Cabe destacar que formalmente para determinar las mejoras que se van a introducir a la máquina en base al modelo de RCM, se debería analizar las innumerables mini-economías que el modelo de mantenimiento proactivo propone, pero como los modos de falla pueden ser cientos e incluso miles, se considerarán los datos de los expertos en términos de los posibles ingresos más significativos, ya que dado que la metodología RCM determina los modos de fallo probables y elige para cada uno de ellos la tarea de mantenimiento más eficaz, cada uno de éstos nos propone una potencial y cierta economía, minimizando la sumatoria de costos totales por fallos de equipos.

Para los siguientes años de evaluación, se considera la asimilación del área de servicio técnico de la metodología propuesta, el conocimiento de los clientes de la nueva oferta de servicios proactivos, lo que en términos de la opinión experta del área de mantenimiento, redundará en un porcentaje de aumento del ahorro de un 2 % adicional por año hasta el año 5, tiempo en el cual tenderá a estabilizarse.

El análisis del flujo de caja se realizará para un periodo de 5 años, plazo que se cree razonable para que los competidores asimilen la nueva oferta de SKC Maquinarias y la incorporen dentro de su propia oferta.

Respecto de los fallos que se pueden detectar a partir del proyecto y de la utilización de la metodología RCM que redundan en servicios de mantenimiento proactivo, se encuentran los Fallos Ocultos, de Seguridad, Ambientales, Operacionales y no Operacionales.

El análisis que se hizo incluyó determinar qué Fallos Ocultos se pudieron haber evitado usando la metodología del proyecto, ya que éstos son los que por no ser detectados oportunamente, generan consecuencias de alto costo en términos de mantenimiento y de horas/máquina de detención.

Para los cargadores frontales se encontraron durante el año 2012, 23 fallas ocultas (para todas las unidades en estudio, 30 cargadores frontales), que implicaron horas/máquina de detención no consideradas por los planes de mantenimiento, lo que resultó en total en que cada detención fue en promedio de 36 horas, determinándose pérdidas de producción para los clientes de aproximadamente

$$23 \times 36 \times 50.000 = 41.400.000.-$$

Esto además, generó el costo de la reparación para dejar en las condiciones requeridas las máquinas siniestradas, lo que implica la asistencia de técnicos especialistas, repuestos requeridos, insumos, etc., que no estaban considerados en los planes del área que en cada caso en promedio representó \$ 500.000.- (Sólo se considera Mano de Obra).

$$23 \times \$ 500.000 = \$ 11.500.000$$

Es decir, el costo de los fallos ocultos para los clientes de los cargadores frontales por concepto de fallas ocultas no descubiertas a tiempo está alrededor de \$ 52.900.000.-

Otra forma de obtener beneficios del modelo propuesto es poder determinar ahorros a partir de la determinación de las acciones correctivas que pueden ser ejecutadas directamente por el

operario de la máquina, de modo de no distraer tiempo de mano de obra de mayor costo en espera del mecánico. Estas acciones se pueden determinar a partir del modelo de RCM que define acciones y criticidad para cada uno de los modos de fallo, encontrándose en la realidad que estas acciones ocurrieron durante el año 2012 en 15 ocasiones para los 30 cargadores en estudio, produciendo tiempos de detención de 12 horas por cada ocasión, generando un menor ingreso por producción de 9.000.000 y costos de 1.500.000 asociados a los servicios prestados.

$$15 \times 12 \times 50.000 = 9.000.000$$

$$300.000 \times 5 = 1.500.000$$

En total, el costo actual para el cliente es de 10.500.000.-

Otro aspecto a considerar, tiene que ver con la ejecución de servicios de mantenimiento preventivos con mayor frecuencia a lo realmente requerido.

Es este sentido, se puede considerar el recambio de una pieza en base a una pauta de mantenimiento semestral, pero determinándose como modo de fallo a partir del modelo en estudio, que existe una opción proactiva de detección que es técnicamente factible de determinar y que vale el esfuerzo realizarlo en base a un recambio cada 9 meses (es decir, 1,5 veces por año). De esta forma se puede obtener el cálculo siguiente:

Preventivo:		
Mano de obra	6 hrs. x 15.000 =	90.000
Repuestos		100.000
Total		190.000
2 veces por año (cada 6 meses)		380.000.-

Proactivo:	
Reparación (Mano de Obra y Reptos.)	190.000
1,5 vez por año	285.000
380.000 – 285.000 = 95.000.-	
Ahorro en servicios \$ 95.000 anuales/máquina por 30 máquinas	
Total \$ 2.850.000.-	
Disponibilidad de hora/máquina para producción al año	
3 horas adicionales al año	
3 Hora x 30 Máquinas x \$50.000 = 4.500.000.-	

Es decir un ahorro de \$ 2.850.000.- por una reparación preventiva (en base a pautas) pasada a proactiva (menor ingreso para SKC) y mayor disponibilidad de horas para producción (3 al año).

Para efectos del modelo de evaluación y considerando los planes de mantenimiento y la opinión de los expertos, se determinó a priori, que se pueden mejorar 5 acciones de mantenimiento específicos en este sentido, lo que daría un ahorro para los clientes de 5 x 2.850.000.- en términos de servicio ahorrado y 5 x 4.500.000.- en términos de hora de producción adicional.

Ahorro Total $14.250.000 + 22.500.000.- = 36.750.000.-$

Se considera como ahorro por concepto de horas adicionales de producción de máquina para el cliente lo referente a los 3 ejercicios antes indicados:

$41.400.000 \rightarrow$ por concepto de modos de falla ocultas

9.000.000 → *por concepto de ejecución directa*

22.500.0 → *por concepto de cambio de preventivo a proactivo*

Totales \$ 72.900.000.- anuales x 30 cargadores frontales en estudio por mayor productividad.

Se considera que de los valores totales de mayor producción para el cliente, SKC Maquinarias debiera obtener un 70%, de manera de hacer una oferta de servicios atractiva para el cliente que representaría un beneficio adicional no contemplado para ambas partes.

Ingreso para SKC Maquinarias $60\% \times \$ 72.900.000 \rightarrow \$ 46.830.000.-$ anual por nueva oferta

Como costos asociados al proyecto y como base a considerar para la correcta evaluación se considera que:

El sueldo de los actores del proyecto es el siguiente:

<i>Gerente de Post Venta</i>	→ \$ 6.000.000.-
<i>Participación</i>	→ 5% mes por 3 meses
<i>Total</i>	→ \$900.000.-
<i>Años 1 a 5</i>	→ 2% cada mes → \$ 1.440.000 al año
<i>Jefe de Proyectos TI</i>	→ \$ 2.400.000.-
<i>Participación</i>	→ 20% mes por 10 meses
<i>Total</i>	→ \$ 4.800.000.-
<i>Años 1 a 5</i>	→ 2% cada mes → \$ 570.000 al año
<i>Jefe de Producto</i>	→ \$ 1.800.000.-
<i>Participación</i>	→ 5% mes por 3 meses
<i>Total</i>	→ 270.000.-
<i>Años 1 a 5</i>	→ 2% cada mes → \$ 432.000 al año

<i>Jefe de Servicios</i>	→ \$ 1.800.000.-
<i>Participación</i>	→ 5% mes por 3 meses
<i>Total</i>	→ 270.000.-
<i>Años 1 a 5</i>	→ 2% cada mes → \$ 432.000 al año

Costo total para la definición de la metodología RCM de Mantenimiento se divide del total del costo del personal en un 40%

Total por definición de Metodología → \$ 2.496.000.-

Costo total para estudio de tecnología telemétrica Caretrack se divide del total del costo del personal en un 40%

Total por estudio de Tecnología → \$ 2.496.000.-

Costo total reuniones, avances, etc. de un 20% del total

Total reuniones y avances → \$ 1,248.000.-

El costo de aplicación del piloto de pruebas en Cliente no fue relevante, ya que como la solución es en Internet y la conectividad con los datos de la máquina ya existían, sólo se resumió en una acción comercial con el cliente, indicándole que le generaba beneficios de información.

2 hrs. Reunión encargado de Marketing con cliente → \$ 20.000.-

Los costos de incorporación de la nueva oferta en términos de Marketing, Publicidad, Capacitación Interna, etc., se evalúan con el área de Marketing en base a un presupuesto de \$ 1.000.000.-, para agregar la nueva oferta en la página web (administración interna), correos a clientes, marketing en revistas del rubro minero y capacitaciones internas. Para los años siguientes se incorpora \$1.000.000.- en el presupuesto de publicidad dedicado a este concepto.

El software básico (Licencias de Base de Datos, Licencias de Desarrollo, etc.), requerido para la solución tecnológica desarrollada corresponde a .NET como herramienta de desarrollo y en una base de datos SQL Server 2008. Como SK posee un Agreement con Microsoft, estas licencias no tienen costo de uso, de modo que se valorizarán a \$ 0.

El costo del Hardware y otros requerido (Servidores, Comunicaciones, etc.) no se considerará ya que se usó una máquina virtual existente que ya tenía comunicación a Internet, no existiendo costo de oportunidad para esto, ya que existe abundante disponibilidad de espacio para servidores y no habiendo proyectos de comunicaciones paralelos.

El costo de desarrollo de la aplicación SK Signos, que corresponde a la solución tecnológica está representada por las horas de consultoría contratadas a la empresa Crystalis. El acuerdo para el desarrollo de la aplicación corresponde a un proyecto "Time material" en base a tarifa diaria de 11 UF. El costo hasta ahora representa a 30 días por 11 UF, es de \$7.557.000.- y se asume que falta un 30% adicional para terminar el desarrollo.

$$330 \times 1,3 = 429 \text{ UF} \rightarrow \$ 9.824.100.-$$

El gasto generado por el desarrollo de la aplicación SK Signos, no fue asociado a una orden de inversión, por lo que no fue definido como un activo de la compañía. De esta manera, el desarrollo fue cargado al área de tecnología como un gasto del periodo, por lo que no se considera depreciación.

Se considera adicionalmente, 2 hrs. de soporte al mes acumulables para desarrollo de mejoras a la aplicación (3 UFs). ($3 \times 12 \times \$22.900 \rightarrow \$ 824.400.-$)

El costo de los dispositivos móviles corresponde a la adquisición de la empresa y en entrega en comodato al personal de SKC Maquinarias (15 personas) de:

IPad2 Wi-Fi 16GB → \$ 200.000.- → *Total \$ 3.000.000.- x 3 años*

Celular Samsung Galaxy Ace → *Plan corporativo por acuerdo con Telefónica,*
costo \$ 0.

Los dispositivos se distribuyen en 50% para el proyecto de CRM On line y el proyecto SK Signos que estamos evaluando.

Incidencia en el proyecto → \$ 1.500.000.- x 3 años

Otros costos (Planes de datos para usuarios, etc.) para 15 usuarios

Plan de Datos 5 Gb/mes → \$ 40.000.- → *Total \$ 600.000 x mes* → *Total \$ 7.200.000 x año*

El plan de Datos se divide en 50% para el proyecto de CRM On line y el proyecto SK Signos que estamos evaluando.

Incidencia en el proyecto → \$ 3.600.000.- x 3 años

Se deben considerar los costos de transferir mantenciones desde administración correctiva o preventiva al modelo propuesto de mantenimiento proactivo, de modo que el resultado sería el siguiente:

→ <i>Menor Ingreso por pasar de correctivo a proactivo</i>	\$ 11.500.000.-
→ <i>Menor Ingreso por mantención directa cliente</i>	\$ 1.500.000.-
→ <i>Menor Ingreso por pasar de preventivo a proactivo</i>	\$ 14.250.000.-
<i>Total</i>	\$ 27.250.000.-

Este valor se ajusta al 2% anual igual que los ingresos generados por la nueva oferta de servicios proactivos.

Construcción del Flujo de Caja (UFs) Tasa 12 % Anual

A continuación se muestra como queda el flujo de caja según la información obtenida

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos oferta de mantenimiento proactivo	0	2.044,98	2.085,88	2.127,60	2.170,15	2.213,55
Costo de HH	272,49	0	0	0	0	0
Estudio Metodología	109	0	0	0	0	0
Estudio Tecnología	109	0	0	0	0	0
Reuniones y avances	54,5	0	0	0	0	0
HH Marketing por piloto	0,87	0	0	0	0	0
Costo de Cambio de Servicios	0	1.189,96	1.213,76	1.238,03	1.262,79	1.288,05
Costo de Aplicación	429	36	36	36	36	36
Desarrollo	429	0	0	0	0	0
Soporte y Mejoras	0	36	36	36	36	36
Equipamiento	65,5	157,21	157,21	222,71	157,21	157,21
Tablets	65,5	0	0	65,5	0	0
Planes de Datos	0	157,21	157,21	157,21	157,21	157,21
Otros	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Publicidad	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Total Costos	810,66	1426,84	1450,64	1540,41	1499,67	1524,93
Flujo de Caja	-810,66	618,14	635,24	587,19	670,48	688,62

VAN → 1.482,45 UF

TIR → 72 %

Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad en este caso, para por la capacidad de generar más o menos horas de productividad para las unidades de los clientes. De esta manera, y tal como se indica en párrafos anteriores, la capacidad de generar ahorros en términos de mantenimiento, está determinada por cada modo de falla y su análisis individual que generará pequeñas economías que dada la gran cantidad de modos de fallas disponibles, sumadas y planificadas, pueden generar mayor cantidad de horas de disponibilidad para producción. Esto, acompañado del menor ingreso de cambiar de servicio al nuevo modelo proactivo, implican los aspectos más sensibles a considerar en el análisis.

Se presentará el caso 1 que representa el escenario pesimista, en donde el crecimiento adicional anual es igual a 0, es decir, se pueden generar los mismos ahorros que los identificados para el proyecto original y sin crecimiento en los 5 años posteriores.

Escenario Pesimista

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos oferta de mantenimiento proactivo	0	2.044,98	2.044,98	2.044,98	2.044,98	2.044,98
Costo de HH	272,49	0	0	0	0	0
Estudio Metodología	109	0	0	0	0	0
Estudio Tecnología	109	0	0	0	0	0
Reuniones y avances	54,5	0	0	0	0	0
HH Marketing por piloto	0,87	0	0	0	0	0
Costo de Cambio de Servicios	0	1.189,96	1.189,96	1.189,96	1.189,96	1.189,96
Costo de Aplicación	429	36	36	36	36	36
Desarrollo	429	0	0	0	0	0
Soporte y Mejoras	0	36	36	36	36	36
Equipamiento	65,5	157,21	157,21	222,71	157,21	157,21

Tablets	65,5	0	0	65,5	0	0
Planes de Datos	0	157,21	157,21	157,21	157,21	157,21
Otros	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Publicidad	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Total Costos	810,66	1426,84	1426,84	1492,34	1426,84	1426,84
Flujo de Caja	810,66	618,14	618,14	552,64	618,14	618,14

VAN → 1.370,97 UF

TIR → 70 %

El caso 2, representa el escenario optimista en el cual, el desarrollo del proyecto se acrecienta y permite obtener mejoras sustantivas en el ahorro de horas de mantenimiento y detenciones no contempladas que permite un crecimiento de un 4% anual. Esta afirmación, está avalada por la posibilidad de reconocer economías directas al cliente en cada una de los modos de falla reconocidos y definidos.

Escenario Optimista

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos oferta de mantenimiento proactivo	0,00	2044,98	2126,78	2211,85	2300,32	2392,34
Costo de HH	272,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estudio Metodología	109,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estudio Tecnología	109,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reuniones y avances	54,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HH Marketing por piloto	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de Cambio de Servicios	0,00	1189,96	1237,56	1287,06	1338,54	1392,08
Costo de Aplicación	429,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Desarrollo	429,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Soporte y Mejoras	0,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Equipamiento	65,50	157,21	157,21	222,71	157,21	157,21
Tablets	65,50	0,00	0,00	65,50	0,00	0,00
Planes de Datos	0,00	157,21	157,21	157,21	157,21	157,21
Otros	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Publicidad	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67	43,67
Total Costos	810,66	1426,84	1474,44	1589,44	1575,42	1628,96
Flujo de Caja	-810,66	618,14	652,34	622,41	724,90	763,37

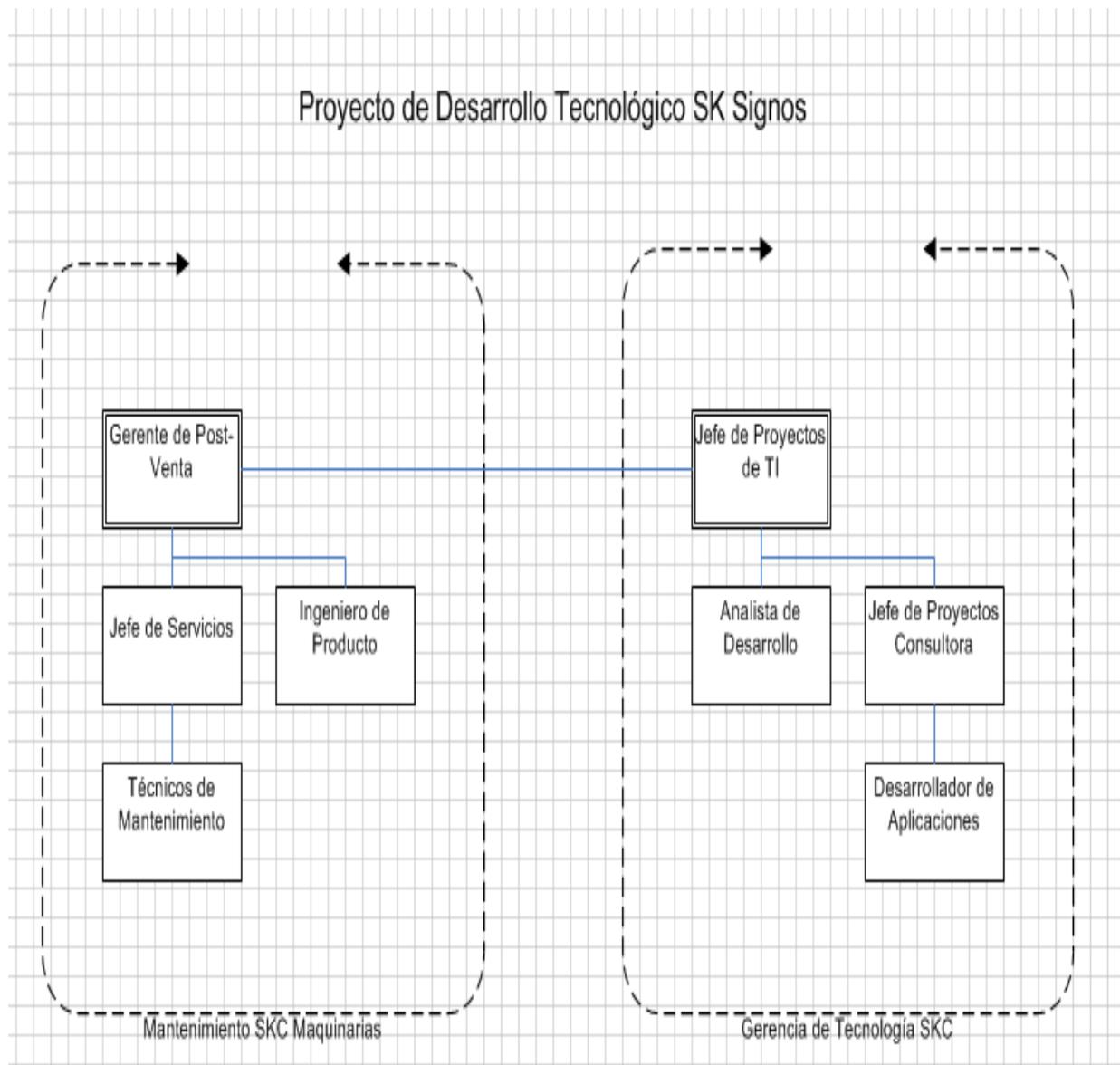
VAN → 1.598,16 UF

TIR → 75 %

De los análisis anteriormente indicados, es totalmente necesario mencionar que el proyecto planteado en los términos descritos (datos reales, escenario pesimista y escenario optimista), es absolutamente posible de realizar y rentable en términos de los datos referenciados. Sin embargo, hay bastantes otras economías dadas por la metodología incluida y por la tecnología de reconocimiento de eventos desarrollada, que permiten inferir que hay muchos otros “ahorros” adicionales a los ya indicados, que se pueden aprovechar y que permitirán tener mejores resultados aún.

GESTIÓN DEL CAMBIO

Para generar las condiciones para que el proyecto se lleve a cabo, se han considerado una serie de aspectos referentes al proceso de gestión del cambio que representan aspectos claves de la implementación de la estrategia de cambio. En este sentido, uno de los aspectos iniciales a definir fue el equipo de proyecto a cambio de la ejecución del proyecto y sus aspectos normales de cambio. Para esto, se definió el siguiente esquema de trabajo en el que participan los siguientes actores.



Equipo de trabajo proyecto para el cambio

- *Fernando Hormazabal* - *Gerente de Post Venta (Sponsor)*
- *Prudencio Correa* - *Jefe de Servicios (Experto)*
- *Felipe Guzmán* - *Jefe de Productos (Volvo)*
- *Nicolás Verdi* - *Analista de Productos (CareTrack)*
- *Rodrigo López* - *Jefe de Proyectos de TI*
- *Claudio Salgado* - *Jefe de Recursos Humanos*

De esta manera y con la conformación antes descrita, se forma el equipo de proyecto a cargo de ejecutar e implementar el proyecto y sus procesos de cambio.

Dentro de las consideraciones iniciales convenidas en las reuniones de cambio sostenidas, se identificaron cuáles eran los aspectos que debían mantenerse en la compañía debido a que eran factores que no podían modificarse o estaban en la línea de lo que el proyecto requería. Además, se identifican los aspectos que deben modificarse, de manera que estén a la altura de las necesidades de la compañía, de los procesos y de las personas que generan el cambio.

De esta manera se identifica lo siguiente:

Que es lo que no debemos o no podemos cambiar

- *La marca Volvo*
- *Las relaciones interpersonales*
- *Los valores empresariales*
- *La dependencia de las estrategias corporativas*
- *La identidad SKC*
- *La calidad técnica del personal de servicio*

Que es lo que debemos cambiar

- *La actitud frente al cliente*
- *La metodología de servicio entregada*
- *La oportunidad del servicio*

- *Las acciones de mantenimiento actuales*
- *La participación del personal en el cambio permanente*
- *Los procesos de servicio técnico*
- *La oferta de servicios de mantenimiento*

Posterior a la identificación de los aspectos a mantener o a cambiar, se definen los tipos de cambios a realizar, diferenciando entre los tipos de cambio de primer y segundo orden. Determinando que los cambios de primer orden están determinados por el aprendizaje o conocimiento técnico de los distintos actores y los de segundo orden por un proceso de cambio en la “actitud” de la persona frente al proceso de cambio

Cambio en aspectos de Primer Orden

- *Los distintos actores del proyecto deben aprender a usar herramientas de gestión de servicio que puede implicar el uso de dispositivos móviles y software de seguimiento de unidades.*
- *Aprender a trabajar con la integración de distintas aplicaciones para generar el proyecto final (SAP - Aplicación Volvo – Proyecto SKSignos) y repositorios de información común.*
- *Incorporación de elementos tecnológicos de reconocimiento de Alarmas (API de Caretrack)*

Cambio en aspectos de Segundo Orden

- *Cambiar la visión del personal de servicio hacia un enfoque centrado en el cliente y en la excelencia.*
- *Internalizar las mediciones de desempeño enfocados en el cumplimiento de los objetivos y visión de la compañía.*
- *Cambiar la actitud del personal de servicio, para que se convenza de que es una herramienta constante de cambio y de mejoras en el servicio*
- *Internalizar el concepto de que el proyecto apoyará las decisiones de mantenimiento proactivo y que esto va en directo beneficio del cliente*

Otro de los aspectos importantes considerados corresponde a la identificación de los distintos estados de ánimo de los participantes del proyecto, de manera de poder “construir” un discurso y una actitud diferente para cada uno de ellos, de manera de poder canalizar positivamente sus estados en beneficio del proyecto y del cambio a realizar. De esta manera los diferentes estados de ánimo identificados son:

Estados de ánimo de los actores

- *Mecánicos* → *Expectación*
- *Vendedores* → *Esperanza*
- *Jefe de taller* → *Cooperación*
- *Jefe de producto* → *Duda*
- *Gerente de servicios* → *Optimismo*

A partir de la identificación de los distintos estados de ánimo de los actores del proyecto, se generaron diferentes propuestas para reencauzar sus esfuerzos hacia la estrategia de éxito del proyecto y de los cambios consecuentes. Para esto se consideran los siguientes actores como son:

Técnicos, Vendedores, Jefe de Servicios, Analista, Jefe de productos y Gerente de servicios.

Para cada caso, se escuchó y se determinó que los beneficios esperados eran diferentes, de modo que se articuló una narrativa atractiva y diferente en cada caso.

Mecánicos

- *Lo más importante en la relación con los clientes de mantenimiento y que su servicio puede ser muy importante para la empresa. Valorización de su trabajo.*
- *Asignar dispositivos móviles en donde podrían controlar los eventos de las máquinas.*
- *Su aporte puede mejorar sustantivamente la relación comercial por ser la “cara” de SKC. Mejores Resultados.*

Vendedores

- *Obtención en línea del estado real de las unidades representadas.*
- *Demostrar conocimiento total de la máquina.*
- *Información de acciones ejecutadas para mantenimiento de la productividad de la máquina.*
- *Informar al cliente de la continuidad operativa.*

Jefe de servicio

- *Resueltos proactivamente los eventos de mantenimiento*
- *Lista de acciones priorizadas*
- *Participación relevante de su conocimiento técnico*
- *Aprobación más rápida de las acciones*
- *Mejor planificación de técnicos, talleres y herramientas*

Analista y Jefe de Productos

- *Basarse en sus análisis y estudios para determinar las mejores acciones a ejecutar e ir mejorando constantemente los modelos.*
- *Enriquecimiento de la base de conocimiento corporativa.*
- *Datos de acciones reales ejecutadas y análisis de aceites son incorporados como información complementaria.*

Gerente de servicios

- *Mejoras en el tiempo y la calidad de respuesta a los clientes con servicios de mantenimiento*
- *Optimización en la asignación de los recursos disponibles.*
- *Mejora en la relación con el cliente, profundizando los servicios contratados (ojalá integrándonos).*
- *Ampliación del menú de la oferta actual.*

A partir de la generación de distintas estrategias definidas para los distintos actores en función de los distintos estados de ánimo identificados y de las reuniones sostenidas, se identifican los diferentes comentarios de los participantes del proyecto como “declaración de intenciones” respecto del cambio a realizar.

De esta manera se identifican claramente las siguientes posturas e intenciones asociadas al resultado del proyecto.

Comentarios de los actores del Proyecto

Consultor de TI:

- *Masificar el uso de la solución al resto de las empresas*
- *Vendedor de Unidades SKC Maquinarias:*
- *Comunicación directa con el Cliente (estado de las máquinas)*

Analista de Garantía SKC Maquinarias:

- *Completar con información faltante para tener el espectro completo de la unidad (poder tomar mejores decisiones)*

Gerente de Post Venta de SKC Maquinarias:

- *Mejorar Nivel de Servicio y Excelencia*
- *Atención Oportuna*
- *Baja en los tiempos innecesarios (administrativos)*
- *Mantenimiento oportuno, aumento de productividad*
- *Cambio de la visión del cliente del Servicio SKC*
- *Nueva oferta de Servicio técnico*
- *Consolidación de información de distintas fuentes*

Un aspecto importante, de forma de poder identificar los distintos tipos de roles y el poder que ejercen en la compañía y en los aspectos de desarrollo e implementación del proyecto, lleva a desarrollar un “Mapa del Poder”, que se representa de la siguiente forma:

Mapa del Poder

Actor o Grupo	Rol	Tipo de Poder	Sintonía con el Proyecto (Alta , Media, Baja)
Gerente Post- Venta	-Sponsor del Proyecto -Validación -Presupuesto	-Autoridad -Financiero	Alta
Jefe de Servicios	- Entrega de Conocimiento Validación	-Autoridad -Conocimiento	Alta
Jefe de Productos	-Entrega de Conocimiento	-Conocimiento	Media
Jefe de Proyectos TI	-Coordinador y desarrollador	-Financiero -Articulación -Personal -Conocimiento	Alta

Como contribución definitiva a partir del proyecto en cuestión, pero también con un ánimo de mantener el concepto de “cambio” en la compañía se toma el modelo de gestión del cambio de John Kotter desarrollado de la siguiente manera:

Implementar Modelo de Gestión del Cambio (J. Kotter)



1. Crear sentido de urgencia

Situación Actual:

- *Mala evaluación del servicio técnico por parte de los clientes. Encuestas a Clientes*
- *Mala evaluación del enfoque en la excelencia del personal de servicio. Encuestas Internas*
- *Definición de área como generadora de gastos.*
- *Pérdida de participación de mercado de Unidades. Datos de la Industria*
- *Aumento de los recursos invertidos en negocios de la minería*
- *Gran cantidad de recursos usados en los procesos de mantenimiento*
- *El uso creciente de la competencia de herramientas tecnológicas*
- *La posibilidad de obtener los eventos desde las máquinas Volvo*
- *El uso de metodologías de servicio de mantenimiento*
- *El servicio de mantenimiento como clave en la relación permanente con el cliente.*

Acciones:

- *Reuniones y comunicación Interna con Gerencia de Servicio para plantear las Amenazas y Oportunidades del Mercado.*
- *Verificar en donde se encuentra la empresa y como se puede aprovechar las oportunidades y minimizar las amenazas*
- *Revisar en conjunto los escenarios futuros*
- *Compromiso de la Gerencia de la empresa en la necesidad del cambio*

Paso 2: Forme una poderosa coalición

Acciones:

- *Definición de comité del cambio para Servicio Técnico*
- *Definición de liderazgo del proyecto basado en el Sponsor como Gerente de Post Venta, en el Jefe de Proyectos de TI y el Jefe de Servicios*
- *En base a las posibilidades que el proyecto nos permite, los líderes están comprometidos con el cambio a ejecutar y con la posibilidad de llevar el servicio al nivel de excelencia*
- *Se definió grupo de trabajo en el que también se encuentra el jefe de servicios, el analista de servicios, los vendedores, los técnicos y el consultor de TI quienes a su vez lideran distintos grupos de trabajo enfocados en el cambio propuesto*
- *El área débil del equipo está centrada en el jefe de Producto, que no demuestra convencimiento en que el proyecto pueda cumplir sus objetivos*

Paso 3: Crear una visión para el cambio

Acciones:

- *Se determinó una visión para el proyecto fundada en la orientación de servicio al cliente y en la excelencia, basado en herramientas tecnológicas y la aplicación de una metodología de mantenimiento*
- *Se está definiendo estrategia para llevar a cabo la visión, basado en el proyecto de mantenimiento proactivo, considerando la experiencia del personal*

- *Se definió estrategia que permite revisar si la orientación en la visión se está consiguiendo*
- *Se hizo partícipe a cada uno de las personas de servicio que el proyecto apunta en ese sentido*
- *Los distintos actores asumen la visión como propia y diaria, siendo esto clave para conseguir los objetivos*

Paso 4: Comunique la visión

Acciones:

- *Se incluyó a Recursos Humanos para que participen del proceso de cambio del área de servicio basado en el Proyecto*
- *Se va a comunicar constantemente al área de servicios de la visión definida y de los avances conseguidos a través de la Intranet y de la revista corporativa, además de reuniones periódicas de revisión de avances del proyecto y avisos corporativos*
- *Existe el compromiso de la gerencia de servicios de “predicar con el ejemplo”*

Paso 5: Elimine los obstáculos

Acciones:

- *Se han identificado personas que se resisten al cambio*
- *Se están considerando medidas de apoyo al personal que no está enfocado en la visión del proyecto*
- *Se revisarán los procedimientos y estructuras organizacionales que impidan ejecutar el cambio*
- *Constantemente se revisará el personal que está encarnando el cambio y se considerarán líderes del proyecto*
- *Se va a premiar con pequeños incentivos a los que encarnen de mejor manera la visión*
- *Facilitar la participación de los empleados en la generación de ideas que apunten al cambio*
- *Se formalizarán y comunicarán los aspectos de los nuevos procesos incorporados*

Paso 6: Asegúrese triunfos a corto plazo

Acciones:

- *Definición de metas de corto plazo medibles para el proyecto que estén enfocadas en la visión*
- *Uso del proyecto para clientes de servicio técnico*
- *Asignación de Tablets a Técnicos y Vendedores para el control directo de las unidades*
- *Disminuir cantidad de horas máquina de detención*
- *Disminuir el tiempo de respuestas ante un evento*
- *Mejora en la percepción del servicio del cliente*
- *Evaluaciones internas del servicio*
- *Aumentar la cantidad de contratos de mantenimiento*
- *Reconocimiento tácito a las personas que consiguen las metas definida*

Paso 7: Construya sobre el cambio

Acciones:

- *Reuniones periódicas del comité del cambio que lleva a cabo un análisis de las metas conseguidas, como se consiguieron, por qué no se consiguieron, etc.*
- *Internalizar el concepto de mejora continua*
- *Definir nuevas metas en función de los éxitos obtenidos*
- *Incluir en los comités a las personas que han conseguido los éxitos de corto plazo*
- *Analizar nuevos proyectos que apunten en la dirección de la visión y que generen cambio*

Paso 8: Ancle el cambio en la cultura de la empresa

Acciones:

- *Incluir el concepto de cambio como permanente al negocio de SKC Maquinarias y de Servicio Técnico*
- *Incluir en las cuentas semestrales y anuales de la gerencia los avances de los proyectos de cambio*

- *Incluir a través de RRHH, la inclusión de personal que tenga internalizado el valor del cambio*
- *Reconocimiento público del personal que ha cumplido los objetivos del proyecto*
- *Relacionar el éxito del proyecto y de las metas conseguidas con la propuesta de cambio*

CONCLUSIONES

A continuación se exponen las diversas conclusiones y desafíos derivados de la implementación del proyecto de tesis, separados por los aspectos relevantes considerados.

Metodología

En términos de metodología de servicios de mantenimiento, se incorpora una metodología simple y probada (RCM), que permite aumentar la potencialidad de todos los aspectos relevantes relacionados al servicio, poniéndolo como el componente básico de la relación con el cliente.

Los aspectos metodológicos y tecnológicos incorporados quedan además, disponibles para ser mejorados con la experiencia diaria de su aplicación y con los cambios evolutivos normales que se presenten, de manera de generar un proceso de cambio constante que permita mantener en el tiempo, el nivel de excelencia esperado.

Los aspectos metodológicos, generan también un agregado cultural que permite que el personal de mantenimiento se sienta involucrado en la génesis, desarrollo y resultados del proyecto, por lo que cumple el doble rol de ser el artífice de la construcción de la estrategia de servicios y de hacer partícipe a los actores involucrados en éste.

La metodología definida, junto al rediseño de los procesos de servicio y mantención, corresponden a la base de la estrategia de servicio técnico que SKC Maquinarias impulsa, para generar un nuevo modelo de negocios enfocado en los pilares estratégicos de excelencia y servicio.

La base para el cambio metodológico con la incorporación de los servicios proactivos de mantenimiento, están determinados por la metodología de ingeniería de negocios, ya que esta permite incorporar RCM, facilitando además el rediseño de procesos en un contexto estratégico, lo que deriva en una implantación tecnológica de gran impacto para SKC Maquinarias.

Resultados

Una consecuencia derivada de la aplicación del modelo, corresponde al rápido beneficio cuantitativo obtenido con su aplicación, ya que el cambio de modelo de servicios, genera inmediatamente liberación de horas usadas en mantención, para sumarlas directamente a producción, por lo que existe el incentivo real a implementar el modelo de servicios y la oferta

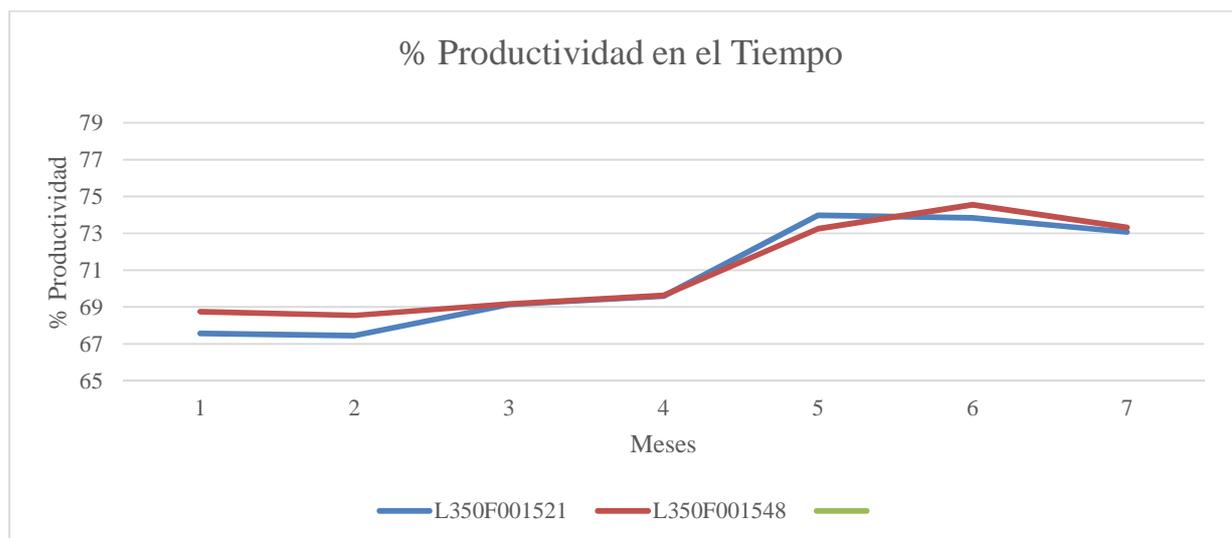
asociada, a todo el parque de máquinas que permitan tecnológicamente la lectura en línea de los eventos ocurridos.

En primera instancia, esta aplicación se llevará a cabo con el parque de más de 120 máquinas Volvo, para posteriormente incorporar al resto de marcas que tecnológicamente lo permiten, además de desarrollar aplicaciones que incorporen otros aspectos de procesos, metodológicos y tecnológicos complementarios

El efecto real de la implementación se ve en el gráfico siguiente, en donde se indica la situación de 2 máquinas consideradas en la prueba de concepto (L350F001521 y L350F001548) de 2 clientes de SKC Maquinarias.

La gráfica de horas de producción en el tiempo muestra que en los 4 primeros meses, (que representan el estatus anterior en dónde el mantenimiento se realiza en base a pautas de mantenimiento y/o mantenimiento correctivo), la media está entre el 67 y 69% de horas de producción. A partir del mes 4, se incorpora el proyecto de mantenimiento proactivo representado en esta tesis, en donde inmediatamente se aumentan las horas de producción disponibles a sobre el 73% de horas para producción (más de un 4,5% obtenido).

Esta causa-efecto determinada sólo por la implementación del proyecto de tesis, es muy importante, ya que representa cada una de las potenciales mejoras de producción de las máquinas y que se pueden sumar para generar una gran ganancia por todo el parque potencial de máquinas que se puede implementar.



Lógica de negocios

El proyecto considera la lógica de árboles de decisión y una matriz de riesgo como su lógica base, para determinar las diferentes acciones de mantenimiento a ejecutar y la priorización de cada una de éstas. Esto se decide a partir de la poca información histórica que se pudo rescatar y el nivel de desarrollo metodológico que se apreciaba, de manera que la facilidad de visualización del árbol de decisión, su rápida implementación, los rápidos beneficios obtenidos y el calce con la metodología RCM, fueron la fuente de decisión de su inclusión en el proyecto.

Además, la lógica de árboles de decisión y riesgo actuales, permiten el desarrollo hacia modelos matemáticos más complejos que generen decisiones más acertadas en el tiempo, ya que con la historia acumulada, se calculan las probabilidades de que cada una de las decisiones conceptualmente consideradas, dándole un peso empírico que puede ser contrastado con las propuestas actuales, siendo un complemento valioso del modelo y su mejoramiento hacia el futuro.

La lógica de árboles entonces, es el método más simple para apoyar la decisión definida bajo el criterio experto usado, en términos de las posibles acciones de mantenimiento a realizar y muestra las diferentes consecuencias de tomar una u otra decisión.

La identificación de los riesgos a través de la criticidad y la frecuencia, son claves para determinar las posibles consecuencias y gravedad de la alarma generada, de manera que conforma una importante información para la priorización y la oportunidad de las actividades de mantenimiento, determinando los factores de riesgo que potencialmente tendrían mayor efecto sobre la confiabilidad de la operación de la máquina. Dado que el proyecto contempla el registro de información completa y real, la frecuencia es un dato que se actualizará constantemente, haciendo más exacto el nivel de riesgo definido.

El modelo de árboles y gestión de riesgos, como lógica de negocios definida, apoyan la estrategia de mantenimiento que se incorpora para el tratamiento de cada evento, alarma o falla y la categoriza en términos del riesgo inherente y de las actividades a realizar para mantener la confiabilidad de la función o sistema afectado.

Estratégico

En términos estratégicos, el modelo de servicio técnico proactivo tiene amplias posibilidades de ser implementado, ya que además de apuntar directamente a la necesidad del cliente de obtener mayor productividad y vida útil de sus equipos, está directamente relacionado con la línea estratégica definida por SK de ser “proveedores integrales a la minería”, incorporando como pilares, la búsqueda de la excelencia y el compromiso de crecimiento con el cliente y sus necesidades.

Además, el modelo de servicios proactivos converge perfectamente con los pilares estratégicos de SKC Maquinarias como son la orientación a la excelencia y el servicio al cliente, poniendo al modelo de servicios, la metodología propuesta, los procesos en que se basan y la tecnología que lo sustenta, como bases de la relación de largo plazo, aprovechando la importancia del servicio y sus implicancias de cara al cliente. Todo lo anterior, pretende generar la integración a niveles de servicio como posicionamiento estratégico y en términos comerciales, permite acceder a la inmensa industria del mantenimiento relacionado con la minería, aprovechando la proyección de inversión futura y la necesidad de mejoras en la productividad de la industria.

De esta manera, se requiere un cambio en la estrategia competitiva que permita cambiar el foco desde la venta de unidades a la integración con el cliente en términos de servicios, potenciando ésta área con el modelo de servicio proactivo. Esta modificación estratégica, debe estar apoyada por la dirección de la organización de manera de poder ejecutarla y mantenerla en el tiempo, consiguiendo verificar los resultados de su aplicación en la medida que exista la convicción y los recursos asignados para conseguirla.

Para reenfocar la estrategia competitiva hacia la integración a nivel de servicios de mantenimiento proactivo, se requiere redefinir la estrategia de incentivos que apunten hacia los aspectos de la post venta, la excelencia en el servicio y la calidad, por lo que el modelo de servicios de mantenimiento propuesto toma total relevancia, ya que genera mejoras que apuntan directamente a las necesidades del cliente y permiten enfocarse en los aspectos relevantes de la integración y de la relación en el largo plazo.

La implementación del modelo del proyecto implica un seguimiento a la alineación con los pilares estratégicos definidos por la organización, lo que implica la definición de indicadores de

servicio y de mantenimiento que deben ser permanentemente medidos y readecuados a la realidad cambiante.

Además, el modelo incorporado implica en definitiva, diseñar una estrategia de mantenimiento que permita el mejoramiento integral del servicio prestado, la cual se irá adecuando a los factores críticos que la componen y se irá nutriendo de la historia que se compone día a día con la información real registrada.

Operación

En términos operacionales, la incorporación del modelo de servicios proactivos, su metodología y su reingeniería de procesos, permite acceder a la oportunidad de determinar las posibles fallas que aparecen en los equipos generando acciones inmediatas a través de un modelo simple de implementar y que permite incorporar matrices de riesgo que priorizan acciones reales, permitiendo detener los equipos sólo en los casos necesarios, aumentando los tiempos disponibles para producción, generando un uso más eficiente de los recursos, efectividad del mantenimiento y aumentando la vida útil de los activos. Además incorpora en su modelo de determinación de acciones y riesgo, elementos de seguridad y aspectos ambientales sumamente relevantes para la toma de decisiones de servicios en la industrias objetivo.

El resultado de este proyecto y la acumulación de historia sirven como base para futuras incorporaciones de modelos que permitan continuar cerrando la brecha de la situación real versus las recomendaciones del fabricante o las recomendaciones de los expertos técnicos inicialmente incorporadas.

En aspectos de operación y gracias a la posibilidad de acumular los eventos en bases de datos que acumulen datos históricos, se está llevando a cabo un análisis de los eventos junto a sus criticidades y frecuencias, de manera de ir generando matrices de riesgo cada vez más cercanas a la realidad y que permitan mejorar la forma en la que se están llevando a cabo las acciones de mantenimiento.

Además, permite que la información que se acumula y que perfecciona modelos complementarios al actualmente usado, sea pública para las áreas involucradas, de manera de servir para complementar las decisiones de los distintos estamentos de servicio técnico.

Procesos

Derivado de la implementación del modelo, se genera una base de procesos que sustentan el proyecto y a partir de esta nueva estructura de procesos rediseñados, se promueve una mejora continua que apunte a la definición estratégica de servicios como eje de la relación con el cliente. En este sentido, los procesos de mantenimiento proactivo, se desarrollan en un escenario flexible que permite adecuarse a los cambios que el mercado y el cliente requieren, garantizando que los equipos se mantienen en condiciones de desempeñar las funciones deseadas en el contexto operacional actual.

Para la implementación y evolución del proyecto en el tiempo, se requiere que la organización conozca los procesos y la metodología implementada a través de protocolos de comunicación públicos y conocidos, de manera de tener controlado los procesos, que se puedan controlar y que se vaya ajustando a los cambios que se puedan incorporar.

Dado el rediseño de procesos que implica la inclusión del proyecto, se propone la incorporación al resto de las unidades que tienen la posibilidad de incorporar la lectura automática de eventos, validando la evolución de los indicadores de servicio, para así lograr la estandarización de estos procesos y flujos de trabajo en las áreas de mantenimiento de SKC Maquinarias.

Oferta

En términos de oferta el proyecto permite enfocarse en los aspectos más importantes que valora el cliente de minería e industria y que son los objetivos estratégicos definidos, ya que aporta inmediatamente, tal cómo se obtuvo en los resultados de la prueba de concepto, mayor cantidad de horas enfocadas en producción, prolongación de vida útil, menores tiempos de inmovilización, continuidad operativa y calidad de servicio. Con esto, la oferta de SKC Maquinarias se reenfoca hacia los aspectos relevantes que el cliente valora como es la producción continua de la maquinaria.

Además, SKC Maquinarias incorpora dentro de su oferta, la incorporación junto con la venta de la máquina o posterior a su venta, de contratos de mantenimiento que permita la integración de SKC Maquinarias con el cliente a nivel de servicios, dejando al cliente que se dedique directamente a todo lo referido a producción.

Es importante mencionar que como el proyecto incorpora el concepto de confiabilidad en dónde las máquinas, sus componentes y funciones cumplen con los objetivos para los que están definidos, el riesgo de pérdida de funcionalidad se reduce al mínimo, determinándose que es un factor relevante para la definición de una propuesta atractiva al cliente.

Personal

Dentro de los desafíos que el proyecto incorpora, se puede determinar que el modelo para que sea efectivo, debe estar sustentado en las personas y para esto, el proceso de gestión del cambio es fundamental, por lo que está considerado en todos los aspectos de la implementación, ejecución y desarrollo del proyecto, incorporando medidas de comunicación formales, responsables de la gestión, definición de métricas de servicio e incentivos al cumplimiento y mejora continua.

El inicio y consolidación del proyecto, implica que hagan definiciones a nivel del personal que permitan un desarrollo controlado y adecuado respecto de los procesos diseñados y que deriven cada vez en una mejor utilización de los datos generados a partir del modelo. Las probables actividades a desarrollar implican definiciones como:

- Conformar equipos de trabajo.
- Definición de líderes.
- Capacitaciones permanentes sobre tecnologías de monitoreo de condiciones.
- Entrenamiento al equipo técnico sobre la metodología RCM.
- Apoyo permanente para la interpretación de las propuestas de servicio generadas.
- Incentivos al correcto y oportuno registro de los datos reales.
- Las descripciones de las tareas programadas se deben escribir con el detalle requerido con el fin de asegurar que la tarea sea hecha correctamente.

Las limitaciones del proyecto se basan en el cambio cultural que debe generarse dentro del personal de servicios, ya que aparte de tener un alto nivel de compromiso con los procesos definidos, debe internalizar que el cambio de paradigma estratégico de SKC Maquinarias depende en gran medida de su actividad diaria de atención a clientes, de la atención a las propuestas de servicios oportunas o del registro de datos confiables en el sistema de control.

Proyectos relacionados en curso

El modelo de servicios proactivos permite también, incorporar la información real derivada de las actividades realizadas por el personal de operaciones y mantenimiento, de modo de complementar la información de causas y propuestas de solución definidas en el modelo, de manera que en el tiempo y con mayor cantidad de datos, se pueden hacer modelos más exactos, que incorporen mayor cantidad de variables y que permitan, en definitiva tomar mejores y más oportunas decisiones respecto de cada una de la máquinas y sus particularidades. Para esto, se registra la información de todos los detalles indicados en una base de datos que en el mediano plazo generará la información para complementar la metodología y el modelo de negocios actual, con modelos probabilísticos que vayan mejorando el servicio entregado.

Además, se incorporan una mayor cantidad de variables que permiten continuar enriqueciendo el modelo y que permiten seguir mejorando la entrega de servicios a los clientes en términos de la productividad final generada.

Como proyectos en curso, se indica que se está trabajando en el desarrollo de aplicaciones que consideran al proyecto de tesis como base, como son el desarrollo de monitores de control de las máquinas, que a través de seguimiento geo referencial, permite mostrar dentro de una página web proporcionada por SKC Maquinarias, el estatus de cada una de las máquinas del cliente, de manera de que éste esté enterado en cada instante de la situación de cada uno de sus equipos.

Otro proyecto que se avizora a partir de la implementación del proyecto de tesis, considera a partir de los modelos predictivos que se puedan implementar con la información histórica que se vaya acumulando, la planificación de los mecánicos, talleres y repuestos, de manera que estos relevantes aspectos, puedan solventar la base de confiabilidad propuestos por el proyecto.

Para complementar la información derivada del proyecto de tesis, se considera para complementar la información acumulada, la incorporación de la información de los análisis de lubricantes realizados a las máquinas, información relevante para la toma de decisiones de mantenimiento y que está siendo analizada complementariamente a la información registrada. De esta manera, se procura incorporar esta información, para que sea parte integrante de los análisis y modelos futuros a desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

Barros, O. Rediseño de Procesos de Negocios mediante el uso de Patrones. Editorial Dolmen, 2000.

Barros O. Business Process Patterns and Frameworks: Reusing Knowledge in Process Innovation. Business Process Management Journal. Enero 2007.

Hax, A. C. y D. L. Wilde II. The Delta Project. Palgrave. 2001.

Leading Change. HBR. March – April 1995.

Porter. M.E. What is Strategy? Harvard Business Review. Noviembre-Diciembre, 1996.

SK Sigdo Koppers. Presentación Corporativa. Marzo 2012.

Administración Estratégica y Política de Negocios. Thomas Wheelen y J. David Hunger.

Desarrollando el modelo RCM. Charlas especiales para gestión de mantenimiento.
Fernando Espinosa Fuentes.

Presentación Resultados SKC Maquinarias 2011.

Reliability Centered Maintenance. F. Stanley Nolan and Howard F. Heap.

Revista Área Minera. Análisis Económico: El Negocio del Mantenimiento en la Minería de Chile.

Ingeniería de la Producción-Calidad. James Fierro. 2011.

El camino hacia el RCM. John Moubray.

Leading Change. John Kotter. 1995.

ANEXOS

Anexo I

Proceso de Evaluación de Desempeño SKC Maquinarias Año 2011

Antecedentes Generales



Participantes:

191 colaboradores de SKC Maquinarias S.A, con una antigüedad mínima de 6 meses

Resultado

El cuadro siguiente adjunto indica resultado de la Evaluación de Desempeño Interna realizada en SKC Maquinarias.

Competencia	Tipo	Nº de Planes de Acción	%
Orientación a la Excelencia	Corporativa	50	12,2%
Actitud Proactiva	Cargo	45	11,0%
Orientación de Servicio al Cliente	Corporativa	39	9,5%
Trabajo en Equipo	Corporativa	35	8,6%
Cumplimiento de Normas	Cargo	25	6,1%
Orientación a la Calidad	Cargo	22	5,4%
Liderazgo y Desarrollo de Equipo	Cargo	18	4,4%
Capacidad de Aprendizaje	Cargo	17	4,2%

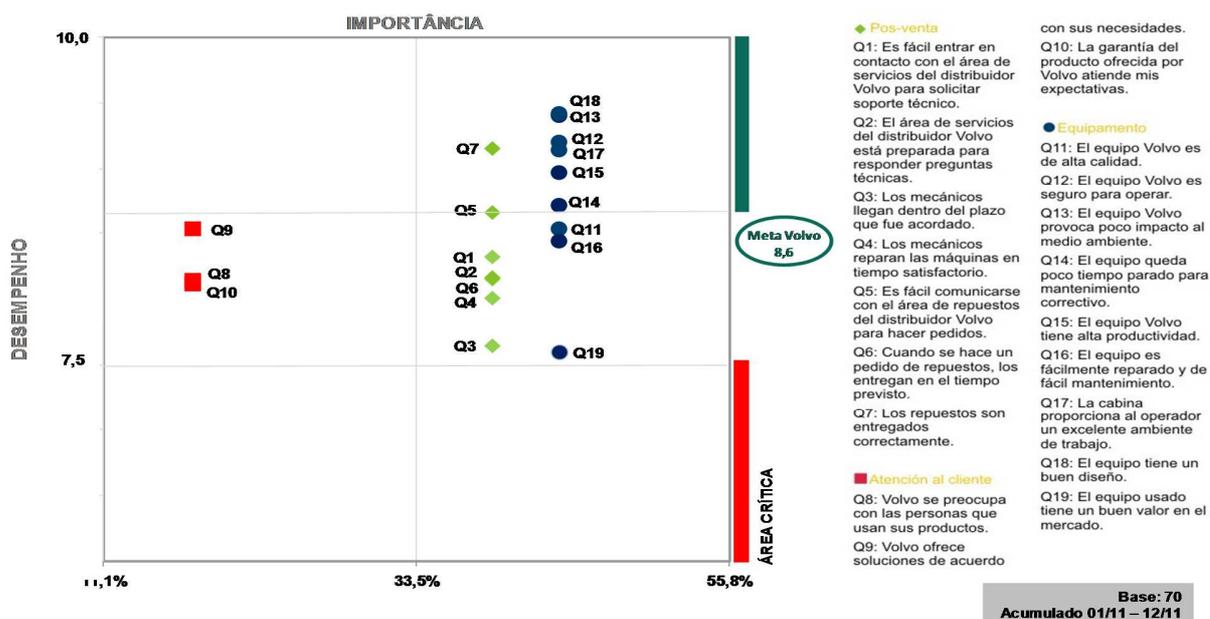
Conclusiones y Desafíos

A partir de los resultados, se desprende que las competencias Corporativas con menor puntuación son: Orientación a la Excelencia y Servicio al Cliente. Lo anterior se encuentra en sintonía con los pilares estratégicos de trabajo definidos por SKC Maquinarias.

Anexo II

Encuesta del fabricante (VOLVO) a Clientes. Diciembre 2011

La siguiente figura muestra el resultado de una encuesta realizada por la Marca Volvo representada por SKC Maquinarias, directamente a clientes.



Conclusiones

Las conclusiones que se pueden determinar a partir del estudio realizado por Volvo indican que los aspectos con menor evaluación por parte de los clientes de SKC Maquinarias y que se encuentran bajo la Meta Definida, en general tienen que ver con los aspectos relacionados a Servicio Técnico, tal como se mencionan a continuación.

Q9 : Volvo ofrece soluciones de acuerdo. (Atención al Cliente) Unidades - Servicio Técnico

Q11 : El equipo Volvo es de alta calidad. (Equipamiento) Unidades

- Q16 : El equipo es fácilmente reparado y de fácil mantenimiento (Equipamiento) Unidades - Servicio Técnico
- Q1 : Es fácil entrar en contacto con el área de servicios del distribuidor Volvo para solicitar soporte técnico (Post-Venta) Servicio Técnico
- Q2 : El área de servicios del distribuidor Volvo está preparada para responder preguntas técnicas (Post-Venta) Servicio Técnico
- Q8 : Volvo se preocupa por las personas que usan sus productos (Post-Venta) Servicio Técnico
- Q10 : La Garantía del producto ofrecida por Volvo atiendo mis expectativas (Atención al Cliente) Unidades - Servicio Técnico
- Q6 : Cuando se hace un pedido de repuestos, los entregan en el tiempo previsto (Post-Venta) Repuestos
- Q4 : Los mecánicos reparan las máquinas en tiempo satisfactorio (Post-Venta) Servicio Técnico
- Q3 : Los mecánicos llegan dentro del plazo que fue acordado (Post-Venta) Servicio Técnico
- Q19 : El equipo usado tiene un buen valor en el mercado. (Equipamiento) Unidades

Anexo III

Sistemas de Cargador Frontal VOLVO

C0107	Tempario Volvo - L120F	
00	GENERAL	
01	STANDARD PARTS, SERVICE	
02	ENGINE WITH MOUNTING AND EQUIPMENT	
03	ELEC. SYSTEM; WARNING SYSTEM; INFORMATION SYSTEM; INSTRUMENTS	
04	POWER TRANSMISSION	
05	BRAKE	
06	STEERING	
07	FRAME; SPRINGS; DAMPING; AXLE SUSPENSION; WHEEL/TRACK UNIT	
08	MACHINERY HOUSE; CAB; EXTERIOR TRIM PARTS ANYWHERE	
09	HYDRAULIC SYSTEM; DIGGING/ HANDLING/GRADING EQUIPM.; MISC. EQUIP.	

Sub Sistemas de Cargador Frontal VOLVO

C0107	Tempario Volvo - L120F	
00	GENERAL	
01	STANDARD PARTS, SERVICE	
02	ENGINE WITH MOUNTING AND EQUIPMENT	
02-20	GENERAL	
02-21	ENGINE	
02-22	LUBRICATING SYSTEM	
02-22-221006	Oil pressure, relief valve, replacing	
02-22-221014	Oil pump replacing	
02-22-221021	Lubrication oil pressure, check	
02-22-221022	Lubrication oil pressure, checking with pressure gauge	
02-22-222011	Oil filter, replacing	
02-22-223003	Oil cooler, removal	
02-22-223005	Oil cooler, installation	
02-22-223006	Oil cooler, replacing	
02-23	FUEL SYSTEM	
02-25	INLET SYSTEM; EXHAUST SYSTEM	
02-26	COOLING SYSTEM	
02-27	ENGINE CONTROL	
03	ELEC. SYSTEM; WARNING SYSTEM; INFORMATION SYSTEM; INSTRUMENTS	
04	POWER TRANSMISSION	
05	BRAKE	
06	STEERING	
07	FRAME; SPRINGS; DAMPING; AXLE SUSPENSION; WHEEL/TRACK UNIT	
08	MACHINERY HOUSE; CAB; EXTERIOR TRIM PARTS ANYWHERE	
09	HYDRAULIC SYSTEM; DIGGING/ HANDLING/GRADING EQUIPM.; MISC. EQUIP.	

Códigos de Defectos y Acciones

26		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
260-001	0.50	Monóxido de carbono en sistema de refrigerante, control
261-011	2.50	Radiador, desmontaje
261-013	4.00	Radiador, montaje
263-011	0.70	Presión de reserva de bomba 3 (P3), control y ajuste (tubería LS desmontada)
263-021	0.20	Bomba 3 (P3), presión máxima y velocidad del motor, control y ajuste
263-051	1.25	Hidráulica del ventilador de refrigeración, control del funcionamiento
263-062	2.50	Motor del ventilador de refrigeración, cambio
263-071	0.50	Válvula de control del ventilador, desmontaje
263-072	0.20	Válvula de control del ventilador, sustitución de junta
263-073	0.20	Válvula de control del ventilador, montaje
263-081	0.60	Bomba hidráulica P3, desmontaje
263-082	1.25	Bomba hidráulica P3, montaje

Anexo IV

Reporte de reglas de acceso públicas y privadas

Servidor Interno

- IP PRIVADA 172.16.1.100
- IP PÚBLICA 198.41.32.180

Las consultas realizadas a través del puerto 80 hacia la dirección 198.41.32.180 se trasladan hacia la 172.16.1.100 por el puerto 8081.

Desde DMZ hacia cualquier destino:

ORIGEN	DESTINO	PUERTO/SERVICIO
172.16.1.100	ANY	ICMP
172.16.1.100	ANY	TCP 587 TCP 995 ECHO POP3
172.16.1.100	10.10.221.10	IP
172.16.1.100	10.10.39.25	TCP 1433
172.16.1.100	10.10.39.106 10.10.39.107 10.10.39.14 10.10.39.21 100.1.0.0/22 10.10.221.10	IP
172.16.1.100	10.10.211.21 10.10.39.3 192.168.15.3	TCP 1433
172.16.1.100	172.27.44.20 172.27.44.21 172.27.44.22 172.27.44.34 172.27.44.55 172.27.44.67	TCP 9494 TCP 9495

Desde cualquier origen hacia DMZ

ORIGEN	DESTINO	PUERTO/SERVICIO
10.152.155.16	172.16.1.100	ICMP TCP 1248 TCP 1249 TCP 135 TCP 1433
10.10.21.33	172.16.1.100	TCP/UDP 137 TCP/UDP 138 TCP/UDP 139 TCP 3389
10.10.21.151 10.10.21.200 10.10.21.253 100.1.1.6 100.1.1.14 100.1.1.18 100.1.1.95 100.1.1.194 100.1.1.201 100.1.1.238 100.1.1.247 100.1.1.254 100.1.2.16 100.1.2.81 100.1.2.173 100.1.3.40	172.16.1.100	IP
10.10.20.253 10.10.21.244 10.10.21.33 10.10.22.110	172.16.1.100	IP

Anexo V

Proyecto Piloto de RCM en Minería de Cobre

Un ejemplo de aplicación de la metodología RCM en la industria minera, representado a continuación, demuestra que existen oportunidades que se pueden tomar para generar mayores beneficios a la compañía

Beneficios logrados

- Aumento de producción en 14%
- Reducción de Costos de Mantenimiento identificados entre 170-310k US\$/año
- Impacto en producción entre US\$ 600 mil y un millón US\$ anuales
- Se eliminó una de las 2 paradas de mantenimientos semanales de 4 horas. Actualmente se hacen más inspecciones.
- Guía de Troubleshooting

Jose Duran, coordinador operaciones Hispanoamérica: jduran@ieee.org

The Woodhouse Partnership: www.twpl.co.uk

Proyecto MACRO

Beneficios del Mantenimiento Predictivo

Adicionalmente y dado que el proyecto incorpora además de la metodología RCM, la generación de una oferta de mantenimiento proactivo/predictivo, genera los siguientes beneficios.

Los valores promedio de reducción de costo por ítem son los siguientes:

- Costos de mantenimiento – por debajo de 50%
- Reducción de fallas inesperadas - 55%
- Reparación del equipo y tiempos del reacondicionamiento –menos de 60%
- Reducción de stock de las piezas de repuesto - 30%
- Aumento de tiempo medio de funcionamiento de la maquinaria sin paradas - 30%

Referencia: Beneficios del Mantenimiento Predictivo por Rodolfo Musso

SKF Certified Maintenance Partner ahorra 143.000 euros anuales en un aserradero

La experiencia que se indica a continuación, permite identificar también, los beneficios que se pueden obtener a partir de la aplicación de un modelo predictivo/proactivo y que pueden considerarse como parte de la oferta de servicios a ofrecer.

Una compañía maderera con una producción anual de 240.000 ton., sufría pérdidas por paradas inesperadas por valor de 65 euros por minuto, por lo que pidieron a su **SKF Certified Maintenance Partner** ayuda para implantar un programa de mantenimiento predictivo. En tan sólo 3 años dicho programa ahorró 156.000 euros gracias a la reducción de paradas no planificadas, y ayudó a conseguir un retorno de capital del 1.080%.

- Reducción de tiempo de parada = 40 horas (2.400 min x 65euros)....156.000 euros
- Inversión inicial... ..13.000 euros
- Total ahorro... ..143.000 euros
- Total retorno de capital.1.080 %

Referencia: Proyecto Mantenimiento Aserradero. SKF

