

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
SISTEMAS QCS, APLICABLE A UN CLIENTE BAJO EL MODELO  
OUTSOURCING DE MANTENIMIENTO CON LA EMPRESA SEMCON LTDA**

**ERICK SALOMÓN ESPITIA SERRATO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
SISTEMAS QCS, APLICABLE A UN CLIENTE BAJO EL MODELO  
OUTSOURCING DE MANTENIMIENTO CON LA EMPRESA SEMCON LTDA**

**ERICK SALOMÓN ESPITIA SERRATO**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director  
Diego Fernando Rueda Pepinosa  
Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018**

A Dios por ser el guía que orienta mi vida, otorgándome la oportunidad de empezar y culminar mis estudios.

A Andrea por sacrificar tiempo en familia, por su constante apoyo y amor incondicional. Este logro también es de ella.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa su agradecimiento a:

Semcon Ltda por la confianza y el apoyo que me brindaron en el proceso.

Al Ing. Guillermo Usme y Nerio Zamora por los consejos y aportes en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Diego Rueda por su muy buen direccionamiento y oportunas aclaraciones.

A mis compañeros por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo, las cuales sirvieron para el desarrollo de este trabajo.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	21
1.3 OBJETIVOS.....	22
1.3.1 Objetivo general.....	22
1.3.2 Objetivos específicos. ....	22
2. MARCO CONCEPTUAL .....	23
2.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO .....	23
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	23
2.2.1 Mantenimiento Correctivo .....	24
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	24
2.2.3 Mantenimiento Conductivo.....	24
2.2.4 Mantenimiento Predictivo.....	24
2.2.5 Mantenimiento Cero Horas .....	24
2.3 CRITICIDAD .....	26
2.4 INDICADORES .....	26
2.4.1 Confiabilidad .....	26
2.4.2 Disponibilidad.....	27
2.4.3 Mantenibilidad.....	27
2.5 OUTSOURCING .....	28
2.6 QUALITY CONTROL SYSTEM - QCS .....	29
3. MARCO LEGAL .....	31
3.1 CONTRATO DE SERVICIOS TÉCNICOS QCS .....	31
3.1.1 Compromisos por parte del contratista .....	31
3.1.1 Compromisos por parte del contratante .....	32
4. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO .....	33
4.1 DESCRIPCIÓN DE SEMCON LTDA .....	33
4.1.1 Misión.....	33

4.1.2 Visión .....	33
4.1.3 Estructura organizacional.....	34
4.1.4 Descripción del departamento de servicio técnico .....	34
4.2 METODOLOGÍA USADA PARA DIAGNOSTICAR EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO .....	35
4.3 DIAGNOSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA SEMCON LTDA .....	37
5. CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL EQUIPO QCS.....	41
5.1 TAXONOMÍA DEL EQUIPO.....	41
5.2 HOJA DE VIDA DEL EQUIPO .....	43
5.3 ORDENES DE TRABAJO .....	44
5.3.1 Ordenes de trabajo remoto .....	44
5.3.2 Ordenes de trabajo visita programada .....	45
5.3.3 Ordenes de trabajo visita emergencia .....	46
5.4 MANUALES Y PROCEDIMIENTOS .....	48
6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA ESTABLECER JERARQUÍAS ENTRE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA QCS.....	49
6.1 METODOLOGÍA USADA PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL EQUIPO QCS .....	49
6.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL EQUIPO QCS.....	54
7. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL SISTEMA QCS.....	60
7.1 RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIRIGIDA AL CLIENTE .....	60
7.2 RUTINA DE INSPECCIÓN REMOTA DIRIGIDO A PERSONAL DE SEMCON .....	61
7.3 RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VISITA PROGRAMADA..	66
7.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL TIEMPO .....	68
7.5 REPUESTOS RECOMENDADOS EN ALMACÉN PARA EL SISTEMA QCS .	72
8. INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA MEDIR EL RESULTADO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	73
8.1 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO QCS .....	73
8.2 INDICADORES DE CONTROL DE CONTRATO.....	75
8.2.1 Días faltantes de visita programada.....	75

8.2.2 Días de visita de emergencia.....	76
8.2.3 Tiempo de respuesta máximo.....	76
8.2.4 Horas hombre en atención remota.....	76
9. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	77
9.1 OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN EN SEMCON LTDA.....	78
9.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN SI PARA SEMCON LTDA .....	78
9.3 MÓDULOS PARA EL SI EN SEMCON LTDA.....	80
9.3.1 Control de usuario.....	80
9.3.2 Modulo de mantenimiento.....	81
9.3.3 Modulo de contratos .....	86
9.3.4 Modulo de dashboard .....	88
10. CONCLUSIONES .....	91
BIBLIOGRAFÍA .....	93
ANEXOS .....	95

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Escala de evaluación de índices de conformidad .....	36
Tabla 2. Factores claves y aspectos para mantenimiento Semcon .....	38
Tabla 3. Resultados de encuestas para mantenimiento Semcon .....	39
Tabla 4. Subsistemas para codificación QCS .....	42
Tabla 5. Criterios de evaluación para análisis de criticidad .....	50
Tabla 6. Componentes a incluir en el análisis de criticidad.....	54
Tabla 7. Clasificación de componentes según su criticidad.....	57
Tabla 8. Rutina de mantenimiento preventivo dirigido al cliente .....	62
Tabla 9. Rutina de inspección remota semanal .....	64
Tabla 10. Rutina de mantenimiento preventivo en visita.....	66
Tabla 11. Programa de mantenimiento preventivo basado en el tiempo .....	69
Tabla 12. Lista de repuestos básicos en almacén .....	72

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Escáner del sistema QCS.....	20
Figura 2. Configuración general de un QCS .....	30
Figura 3. Organigrama Semcon Ltda.....	34
Figura 4. Diagrama de radar para factores de mantenimiento.....	39
Figura 5. Niveles de codificación .....	42
Figura 6. Hoja de vida de equipo QCS .....	43
Figura 7. Orden de trabajo remoto.....	45
Figura 8. Orden de trabajo visita programada .....	46
Figura 9. Orden de trabajo visita de emergencia .....	47
Figura 10. Instructivo para actividades de mantenimiento .....	48
Figura 11. Matriz de valoración de riesgo para equipo QCS .....	53
Figura 12. Acciones a implementar según nivel de criticidad .....	53
Figura 13. Estructura general para un SI en Semcon.....	79
Figura 14. Módulos para SI Semcon.....	80
Figura 15. Estructura control de usuario .....	81
Figura 16. Entradas al proceso de mantenimiento preventivo .....	82
Figura 17. Salidas del proceso de mantenimiento preventivo.....	83
Figura 18. Entradas al proceso de atenciones remotas.....	83
Figura 19. Salidas del proceso de alertas.....	84
Figura 20. Entrada de datos para pendientes correctivos programados.....	85
Figura 21. Entradas para el proceso de repuestos .....	85
Figura 22. Salidas del proceso de repuestos .....	86
Figura 23. Entradas para el proceso de contratos .....	87
Figura 24. Entradas del proceso de visitas .....	87
Figura 25. Salidas del módulo de contratos.....	88
Figura 26. Graficas de atención remota.....	89
Figura 27. Grafica de tiempos de respuesta y solución. ....	89
Figura 28. Grafica de disponibilidad.....	90

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. ENCUESTA DE AUDITORIA SEMCON LTDA.....	96
Anexo B. CODIFICACIÓN DE COMPONENTES QCS.....	100
Anexo C. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTES QCS .....	102

## GLOSARIO

**BALIZA:** Elemento del escáner que genera una señal luminosa indicando la existencia o no de peligro radiológico.

**CUANTIFICACIÓN:** Acción de expresar numéricamente una magnitud.

**DYNACOM:** Medición que realiza el escáner del aire, con el fin de realizar compensaciones por suciedad.

**EOS:** Estación de operación del QCS.

**EPM:** Memoria no volátil que almacena la configuración de drive del escáner.

**ESCÁNER:** Componente de un QCS que se moviliza constantemente a lo largo de la hoja de papel, transportando los sensores de las variables de calidad.

**EXTERNALIZAR:** Acción que realiza una empresa de confiar a una empresa externa una parte de sus actividad.

**FLAG:** Elemento de un QCS que contiene una muestra conocida de peso base. Se mide con el fin de realizar compensaciones.

**FROTIS:** Acción de frotar el contenedor de una fuente radioactiva, con el fin de tomar una muestra de laboratorio para detectar fugas de radiación.

**FUNCIONALIDAD:** Utilidad práctica de un QCS.

**GAP:** Espacio de aire que se encuentra entre un módulo sensor y la hoja de papel.

**GUARDAPOLVO:** Cinta protectora que impide el ingreso de suciedad al interior del escáner.

**JERARQUIZACIÓN:** Acción de organizar o clasificar en varios niveles.

**KAPTON:** Ventana protectora de los módulos del sensor de peso.

**KNOW HOW:** Conocimiento práctico adquirido a través de la experiencia.

**LA:** Lado accionamiento. Costado de la maquina papelera donde se encuentran ubicados los motores y demás componentes de transmisión de movimiento.

**LIMIT SWITCH:** Switch de codillo que limita el movimiento del escáner. Ante su accionamiento, se bloquea el movimiento del escáner.

**LM:** Lado mando. Costado de la maquina papelera donde se ubica el operario, generalmente se permite el tránsito de personal por esta área.

**MODULO CAN:** Componente de bus CAN que permite la comunicación por medio de este protocolo.

**NUBE:** Procesamiento y almacenamiento masivo de datos por medio de una red informática compartida.

**ODU:** Conector rápido de los módulos sensores.

**ONQ:** Sistema de cómputo que maneja las funcionalidades del escáner.

**OUTSOURCING:** Practica empresarial que consiste en contratar servicios a externos especializados.

**ONV:** Sistema de cómputo que maneja históricos y bases de datos de un QCS.

**PAPELERA:** Empresa industrial dedicada a la transformación de pulpa en papel.

**PELTIER:** Elemento que se usa para refrigeración por medio del efecto termoeléctrico.

**PERFIL:** Grafica de las variables de calidad a lo ancho de la hoja de papel.

**PIVOTE:** Elemento que apoya el movimiento del shutter, permitiendo su apertura o cierre.

**PLC:** Dispositivo electrónico usado para procesar datos de una máquina. Computador industrial.

**POLIVALENCIA:** Cualidad de una persona que puede realizar diferentes funciones en una empresa.

**POWERTRACK:** Elemento que permite el movimiento constante de cableado y mangueras en el escáner. Oruga porta cables.

**PROVEEDOR:** Empresa que brinda un bien o servicio.

**QCS:** Sistema completo de medición y control de variables de calidad del papel.

**REED SWITCH:** Interruptor eléctrico activado por un campo magnético.

**REEL:** Bobina o rollo de papel.

**SEB:** Gabinete que contiene la electrónica asociada al escáner.

**SENSOR Z:** Elemento para medir distancia entre el módulo de peso y la hoja de papel, mediante el principio de la corriente de Foucault.

**SERVIDORES:** Equipos de cómputo encargados de procesar y suministrar información a los cliente.

**SHUTTER:** Obturador que bloquea la ventana de la fuente radioactiva.

**STOCK:** Conjunto de repuestos disponibles para su uso.

**SUPERVISIÓN:** Subsistema de un QCS, el cual contiene los componente hardware de computo.

**TERCERIZAR:** Confiar a una empresa externa parte de sus actividades.

**YANKEE:** Secador cilíndrico principal de un proceso papelerero.

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMAS QCS, APLICABLE A UN CLIENTE BAJO EL MODELO OUTSOURCING DE MANTENIMIENTO CON LA EMPRESA SEMCON LTDA.\*

**AUTOR:** ERICK SALOMÓN ESPITIA SERRATO.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Humedad, mantenimiento, outsourcing, papelera, peso base, preventivo, QCS.

### DESCRIPCIÓN:

Esta monografía desarrolla una propuesta para la empresa Servicios Especializados de Medición y Control Ltda – SEMCON LTDA, sobre el mantenimiento realizado en modalidad outsourcing en un equipo QCS perteneciente a un cliente de la industria papelera. La propuesta contiene un diagnóstico del departamento de mantenimiento de Semcon Ltda, los cuales son los encargados de ejecutar las actividades de mantenimiento, además de una recopilación de la información del equipo, disponible en la empresa mencionada, y el planteamiento de formatos estandarizados para iniciar la recopilación de información de importancia para el plan de mantenimiento, no almacenada hasta el momento. Se realizó un análisis de criticidad de los componentes del equipo bajo estudio, teniendo en cuenta las características propias del equipo a mantener y el cliente, generando una serie de factores de frecuencia y consecuencia propios para el caso bajo estudio, y a partir de esto, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo, el cual tiene en cuenta las cláusulas contractuales del mantenimiento outsourcing, las obligaciones del cliente y del contratista. Finalmente, se propuso una serie de indicadores de gestión adecuados para Semcon Ltda, y un diseño básico para un sistema de información que permita el seguimiento y control del plan de mantenimiento y los indicadores de gestión del mantenimiento propuestos.

---

\* Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Diego Fernando Rueda Pepinosa, Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR QCS SYSTEMS, APPLICABLE TO A CUSTOMER UNDER THE OUTSOURCING MAINTENANCE MODEL WITH THE COMPANY SEMCON LTDA. \*

**AUTHOR:** ERICK SALOMÓN ESPITIA SERRATO. \*\*

**KEYWORDS:** Moisture, maintenance, outsourcing, paper, basis weight, preventive, QCS.

### DESCRIPTION:

This monograph develops a proposal for the company Specialized Services of Measurement and Control Ltda - SEMCON LTDA, on the maintenance performed in outsourcing mode in a QCS team belonging to a client of the paper industry. The proposal contains a diagnosis of the maintenance department of Semcon Ltda, which are in charge of executing the maintenance activities, as well as a compilation of the equipment information, available in the aforementioned company, and the proposal of standardized formats to initiate the collection of information of importance for the maintenance plan, not stored so far. A criticality analysis of the components of the equipment under study was carried out, taking into account the characteristics of the equipment to be maintained and the client, generating a series of factors of frequency and consequence for the case under study, and from this, designed a preventive maintenance plan, which takes into account the contractual clauses of maintenance outsourcing, the obligations of the client and the contractor. Finally, a series of management indicators suitable for Semcon Ltda was proposed, and a basic design for an information system that allows the monitoring and control of the maintenance plan and the maintenance management indicators proposed.

---

\* Monograph.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Specialization in Maintenance Management.

Director: Diego Fernando Rueda Pepinosa, Master in Engineering-Telecommunications.

## INTRODUCCIÓN

La industria papelera se ha caracterizado por ser un nicho de mercado de alta competencia, donde la calidad de los productos y el costo de los mismos son factores que definen la participación del mercado de las empresas. El mantenimiento de los equipos influye directamente en la calidad y los costos de los productos, convirtiéndose en parte esencial en la estructura de una empresa.

Para medir y controlar variables de calidad de los productos, los proveedores de tecnología brindan varias opciones a los industriales del papel. Equipos de alta tecnología con niveles altos de complejidad, y elevados costo de inversión, son usados como la mejor opción para asegurar la calidad de los productos finales. La complejidad de los equipos y la criticidad de los mismos, hacen que las empresas de la industria papelera acudan a modalidades de mantenimiento outsourcing, para que personal contratista especializado atienda el mantenimiento de los equipos críticos para el proceso.

Las empresas papeleras requieren que los equipos encargados de controlar las variables de calidad cuenten con una alta disponibilidad, a un costo razonable, es por esto que se requiere del planteamiento de un plan de mantenimiento que tenga en consideración todas las variables que intervienen en un mantenimiento outsourcing, variables como recursos del cliente, recursos de la empresa ejecutante del mantenimiento, cláusulas contractuales y criticidad de componentes del equipo a mantener.

Cualquier plan de mantenimiento implementado, requiere de un seguimiento y control; para esto se emplean los indicadores de gestión de mantenimiento, los cuales deben ser correctamente seleccionados, para que brinden información útil para la toma de decisiones. Anexo a lo anterior, contar con un sistema de información que facilite el procesamiento de la información y el seguimiento de las actividades de mantenimiento, además, que se ajuste a las necesidades y limitaciones de la empresa, se convierte en una necesidad de cualquier entidad que deba ejecutar mantenimiento.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Semcon Ltda es una empresa con actividades económicas basadas en venta de soluciones tecnológicas y prestación de servicio técnico, enfocándose en clientes de la industria papelera, cartón y plástico. Una de las unidades de negocio es la prestación de servicios de mantenimiento en modalidad outsourcing a clientes de la industria papelera, especializándose en la atención a equipos QCS's (Quality Control System).

Un QCS tiene como función principal medir y controlar variables de calidad del producto final (ver figura 1), influyendo directamente en la producción, lo cual hace que estos equipos sean de gran importancia para los clientes. Debido al grado de complejidad de los QCS's, los clientes optan por tercerizar el mantenimiento de los equipos, para asegurar un porcentaje de disponibilidad y unos niveles establecidos de estabilidad en la medición.

Figura 1. Escáner del sistema QCS



Semcon Ltda cuenta con un buen grupo técnico, el cual conoce a fondo los sistemas, parte esencial para llevar a cabo las actividades de mantenimiento; pero carece de un plan de mantenimiento estructurado, que permita llevar el control de las actividades realizadas en los mismos. Esto conlleva al aumento de las fallas de los equipos, aumento de tiempos de mantenibilidad y disminución de la disponibilidad de los mismos, traduciéndose en la disminución de la efectividad del servicio prestado, a esto se suma la falta de procedimiento para ejecutar ciertas labores del mantenimiento y la dependencia de tiempos de parada y disponibilidad de repuestos de los clientes.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Para Semcon Ltda es prioridad el cumplimiento de los contratos de mantenimiento de los equipos QCS's, pero esta labor se ve afectada por la falta de organización y control de los mantenimientos ejecutados. La empresa tiene tendencia a crecer en clientes con modalidad outsourcing, pero antes de esto, es necesario estructurar el plan de mantenimiento aplicable a los equipos de los clientes actuales, para garantizar una mejor prestación del servicio. El no tener bien definidas las actividades del mantenimiento, y no llevar el control de las mismas provoca el incremento de las fallas en los QCS's, aumento del tiempo de mantenibilidad e incremento en las intervenciones no planificadas a los equipos, lo cual deja una percepción negativa en el cliente. En cuatro años de prestación de servicio de mantenimiento a uno de los sistemas, se han generado 6 visitas no programadas, para intervenciones por emergencias, de estas, 5 se pudieron haber evitado si existieran procedimientos y regulación de las actividades de mantenimiento.

Al tratarse de mantenimiento tercerizado, el tiempo de las intervenciones y el presupuesto para repuestos está sujeto a la disponibilidad del cliente, esto hace que las actividades deban ser muy bien planificadas y la priorización de los recursos tome un papel sumamente importante en el mantenimiento.

El presente trabajo busca diseñar un plan de mantenimiento aplicable en un equipo QCS, el cual permita estructurar las actividades del mismo, para que a partir de este, se logre aumentar el tiempo de disponibilidad del equipo, reducir las intervenciones no planificadas y priorizar la asignación de los recursos disponibles para el mantenimiento, todo lo anterior con miras a mejorar el servicio de mantenimiento prestado por Semcon Ltda.

## **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1 Objetivo general.** Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para un sistema QCS, aplicable a un cliente outsourcing de Semcon Ltda, en aras de mejorar el servicio prestado por la empresa.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Diagnosticar la gestión del servicio de mantenimiento que ofrece la empresa Semcon Ltda, para tomar acciones enfocadas en el mejoramiento del mismo.
- Clasificar la información disponible del equipo QCS bajo estudio, enfocándose en inventarios, hojas de vida, codificación, fichas técnicas, formatos y procedimientos, todo esto para generar una base de datos del equipo.
- Realizar un análisis de criticidad para establecer jerarquías entre los elementos que componen el sistema QCS.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo, tomando como base el análisis de criticidad de los componentes del QCS.
- Aplicar un conjunto de indicadores de desempeño, que permitan a futuro, medir el resultado del plan de mantenimiento.
- Especificar la estructura básica de un sistema de información que permita realizar el seguimiento al plan de mantenimiento.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento industrial se conoce como una serie de actividades que buscan conservar la funcionalidad y eficiencia de los equipos e instalaciones en servicio, buscando la máxima disponibilidad de los mismos [1].

Inicialmente, el mantenimiento de los equipos se llevaba a cabo por el personal de producción, pero a finales del siglo XIX, se crearon los primeros grupos de mantenimiento, impulsados por la creciente complejidad de los equipos y el tiempo necesario para la intervención de los mismos. Estos grupos dirigen los esfuerzos a solucionar las fallas existentes.

Al finalizar la segunda guerra mundial, aparece el concepto de fiabilidad, lo que lleva a invertir esfuerzos en estudiar las fallas y realizar acciones para prevenirlas. Lo anterior lleva al aumento de los costos asociados al mantenimiento, pero logra una disminución en las pérdidas de producción y otros costos relacionados.

La definición de mantenimiento se puede resumir en tres grandes ideas: arreglar averías, evitar que las averías se produzcan y conocer el estado actual de los equipos; sin dejar de lado la seguridad del personal, cuidado del medio ambiente, y costo óptimo del mismo [2].

### **2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

La gran variedad de industrias y sus diferentes condiciones e instalaciones crean la necesidad de tener diferentes prioridades y técnicas para ejecutar el mantenimiento.

---

[1] GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Díaz de Santos, 2003.

[2] NARANJO, Hernando. Planeación de mantenimiento, buenas prácticas. Acotepac, III Seminario Internacional de Operaciones de Maquinas Papeleras, notas de seminario, 2014.

Existen muchas clasificaciones de mantenimiento industrial, la más común se realiza en base a las actividades que llevan a cabo en la ejecución del mismo.

**2.2.1 Mantenimiento Correctivo.** Tiene como principio básico arreglar las averías que vayan surgiendo, provocando una baja necesidad de planificación. Su justificación se realiza en base a los bajos costos de mantenimiento, aunque puede provocar el aumento de costos asociados a pérdida de producción, por esto se recomienda su aplicación en equipos y componentes de baja criticidad para el proceso.

**2.2.2 Mantenimiento Preventivo.** Se define como el conjunto de tareas que tienen como objetivo preservar la funcionalidad de los equipos mediante la compensación de los desgastes y pérdidas de prestaciones, antes de que se genere una avería que pueda afectar la producción. Se deben definir fechas de inspección y actividades, para evitar así que los elementos lleguen a tiempos de falla. El costo de la implementación de este mantenimiento es mayor, comparado con el mantenimiento correctivo, pero los costos asociados a pérdida de producción por falla de los equipos disminuye sustancialmente.

**2.2.3 Mantenimiento Conductivo.** Se deriva del mantenimiento preventivo; realizado por personal de producción, mediante tareas sencillas como pequeños ajustes, inspección de parámetros y pequeños correctivos a los mismos. No requiere una gran formación al personal, solo entrenamiento básico. También es conocido como mantenimiento en uso.

**2.2.4 Mantenimiento Predictivo.** Tiene como principio fundamental el relacionar una variable física o química con el estado del equipo, todo esto por medio del uso de herramientas tecnológicas. Es necesaria la identificación de las variables cuya variación represente problemas en los equipos. Requiere de una fuerte inversión tecnológica, entrenamiento avanzado y en ocasiones, buenos conocimientos matemáticos y físicos. Su principal beneficio se da en el máximo aprovechamiento de la vida útil de equipos y componentes, sin exponerse a una falla catastrófica, mediante el constante monitoreo de las variables y predicción del estado del equipo.

**2.2.5 Mantenimiento Cero Horas.** Busca retornar el equipo a condiciones similares a cuando estaba nuevo, mediante la sustitución o reparación de todos los elementos

que se han sometido a desgastes. Es necesario definir tiempos de inspección y ejecución de labores de reemplazo o reparación de piezas.

## 2.3 CRITICIDAD

Los recursos disponibles en las empresas para mantenimiento son limitados, teniendo lo anterior como principio, se debe priorizar el mantenimiento de los equipos críticos para el proceso, asignando gran parte de los recursos a esto, y dejando una pequeña parte de los recursos a la reparación de equipos que no tengan un impacto significativo en los resultados de la empresa.

Para establecer la jerarquización descrita anteriormente, se realiza análisis de criticidad, teniendo en cuenta el impacto total en el negocio de las instalaciones, sistemas, equipos y elementos. La cuantificación de este impacto tiene en cuenta el número de fallas, daños al personal, costos de producción, costos de mantenimiento, entre otros. Una vez asignada la criticidad, se tienen argumentos para definir los tipos de tareas de mantenimiento a usar, y asignar los recursos a usar en las mismas.

## 2.4 INDICADORES

Una manera de saber cómo marcha el mantenimiento de los equipos, es usar parámetros que reflejen los resultados, y a partir de estos, tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento; estos parámetros se conocen como indicadores de mantenimiento.

Para determinar que indicadores usar, se debe tener en cuenta la utilidad de la información que aporta el mismo, para así tomar decisiones acertadas. A continuación se describirán los indicadores más usuales en los departamentos de mantenimiento [3].

**2.4.1 Confiabilidad.** Se puede definir como la probabilidad que se tiene de que un equipo o componente realice su función, durante un periodo de tiempo dado. Se expresa como:

---

[3] MESA GRAJALES, Dairo H; ORTIZ SANCHEZ, Yesid; PINZON, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas

al mantenimiento, Universidad Tecnológica de Pereira, Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo 2006.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

Donde:

$\lambda$  = Tasa de fallas.

**2.4.2 Disponibilidad.** Se expresa como el porcentaje de tiempo en el que un sistema está listo para realizar una función asignada, en sistemas de operación continua. Este indicador tiene en cuenta la frecuencia de fallas y el tiempo requerido para corregir las mismas. Se expresa como:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (2.2)$$

Donde:

TMEF = Tiempo medio entre fallas.

TMPR = Tiempo medio de reparación.

**2.4.3 Mantenibilidad.** Se conoce como la probabilidad de retornar la funcionalidad de un equipo en un tiempo determinado. Se expresa como.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2.3)$$

Donde:

$\mu$  = Tasa de reparación.

## 2.5 OUTSOURCING

La necesidad de las empresas de obtener mayores rendimientos en ciertas áreas que no forman parte directa de su enfoque de negocio, ha provocado que se busque la tercerización de funciones, por medio de la contratación de corporaciones externas [4].

El ítem principal para tomar la decisión de externalizar labores es el análisis de costos, donde se compara el costo de realizar la función por la empresa misma, o contratar a un tercero que lo haga. Adicional a lo anterior, se debe analizar varios aspectos antes de tomar decisiones de contratación outsourcing.

- Experiencia y referencias de las empresas a contratar.
- Casos de éxito en outsourcing en la misma área.
- Análisis de vitalidad de la función; si se considera fundamental, se debe evitar al máximo la tercerización.

Un creciente aumento en el número y variedad de los activos fijos de las empresas ha provocado que la gestión del mantenimiento cambie. Una empresa toma la decisión de externalizar el mantenimiento de los equipos por varias razones:

- Reducción de gastos fijos.
- Necesidad de personal especializado, debido a la complejidad de los equipos.
- Cumplimiento de requerimientos del fabricante, para temas de garantía.
- Falta de personal.

Una empresa que preste el servicio de mantenimiento debe contar con los recursos necesarios para cumplir con las labores encomendadas, y así garantizar que las instalaciones o equipos estén en buenas condiciones operacionales, sin comprometer la seguridad ni la producción continua.

---

[4] ARDILA MARÍN, Maria Isabel; MARTÍNEZ NIETO, Wilson; OLMOS VILLALBA, Luis. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el

sector productivo de bienes y servicios. Institución Universitaria Pascual Bravo, Resultado de investigación, 2015.

## **2.6 QUALITY CONTROL SYSTEM - QCS**

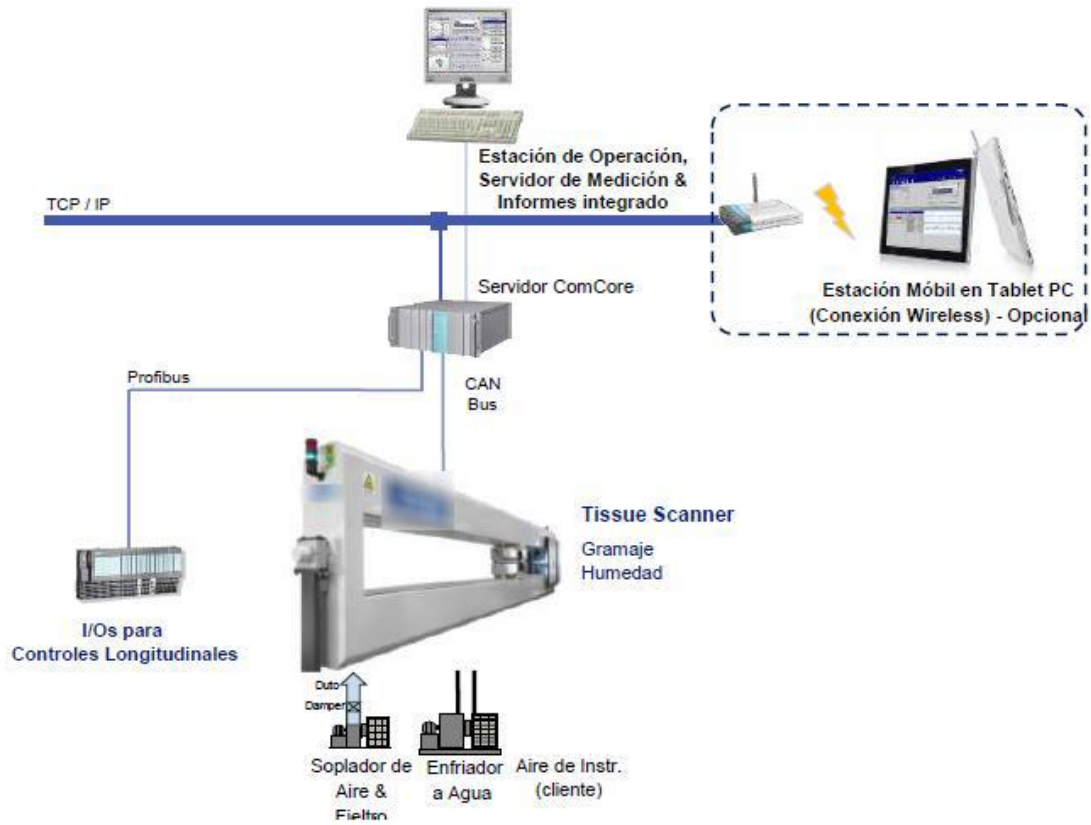
Como en muchas empresas industriales, un productor de papel debe cumplir requerimientos de calidad, y ser rentable al mismo tiempo, para esto se hace necesario tener mediciones confiables y precisas de las variables de calidad del producto. Una vez aseguradas las mediciones correspondientes, se debe contar con controles confiables para así maximizar la producción sin salirse de las especificaciones.

Es aquí donde aparece el término de QCS (Quality Control System), el cual se define como una herramienta de visualización y control en línea y en tiempo real, de las variables de calidad del papel, siendo las más importantes el peso base y la humedad. Adicional al control de las variables mencionadas, un QCS permite la detección de problemas de máquina, ahorros tangibles en materia prima, y disminución de rechazos [5].

En un equipo QCS se puede identificar dos grandes sistemas, el compuesto por el escáner y los sensores, y el sistema de cómputo. El primero se identifica como la parte principal de un QCS; encargado de la medición directa de las variables de calidad. Al poseer componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, se convierte en el foco principal de mantenimiento. Los componentes mecánicos permiten el desplazamiento de los sensores a lo largo de la hoja de papel, para generar así una medición representativa del ancho de la hoja. El sistema de cómputo se encarga de procesar la información generada por el escáner, almacenarla y desplegarla a operación; se compone de una parte hardware (servidores y redes de comunicación) y otra parte software (programas de comunicación, bases de datos y programas de visualización). El mantenimiento de este sistema es el común para equipos de cómputo. Lo anterior se muestra en la figura 2, donde se observa la configuración tipo de un QCS.

[5] Voith QCS Soluciones Tissue, presentación Favalle, Mayo 2014.

Figura 2. Configuración general de un QCS



### 3. MARCO LEGAL

El desarrollo del plan de mantenimiento está enmarcado dentro del contrato de prestación de servicios técnicos celebrado entre Semcon Ltda y un cliente productor de papel tissue, donde se especifican las cláusulas contractuales para el desarrollo del mantenimiento preventivo y correctivo de un sistema QCS instalado en una maquina papelera ubicada en la ciudad de Medellin. Se debe tener en cuenta estas cláusulas para definir los alcances del mantenimiento, equipos a mantener, y penalidades de incumplimiento.

#### 3.1 CONTRATO DE SERVICIOS TÉCNICOS QCS

Este contrato describe las labores a realizar por Semcon Ltda, en el equipo QCS instalado en el domicilio del cliente, además aclara el número de visitas de mantenimiento, las responsabilidades de ambas partes, y los equipos que forman parte del QCS, y los cuales formaran parte del plan de mantenimiento. Algunos compromisos adquiridos en el contrato definen el lineamiento del plan de mantenimiento, por lo cual se deben tener siempre presentes para el desarrollo los objetivos.

**3.1.1 Compromisos por parte del contratista.** A continuación de enlistan los compromisos de la parte contratista:

- Prestar asistencia técnica profesional, usando un ingeniero especialista en sistemas QCS, perteneciente al grupo de servicio técnico de Semcon radicado en Cali.
- Realizar 4 visitas técnicas programadas, de 3 días cada una, en las cuales se ejecutaran las labores de mantenimiento por parte del personal de servicio técnico de Semcon. Los gastos que se generen en dichas visitas correrán por parte del prestador del servicio.
- Atender las situaciones de emergencia que se presenten con el equipo QCS, con un servicio las 24 horas del día, todos los días del mes; inicialmente vía telefónica, celular o soporte con conexión remota al equipo vía internet; y de acuerdo con la necesidad y el tipo de emergencia, ofrecer soporte presencial en planta.
- Prestar asistencia técnica en la selección, adquisición y manejo de un stock mínimo de repuestos para el equipo.

- Brindar entrenamiento básico al personal del cliente, para atención de fallas comunes.

**3.1.1 Compromisos por parte del contratante.** A continuación se enlistan los compromisos de la parte contratante:

- Comprar las partes de repuesto solicitadas o requeridas por el contratista.
- Designar un responsable del grupo de mantenimiento para coordinar las actividades a desarrollar.
- Realizar las rutinas de mantenimiento básico conforme a las instrucciones del contratista.
- Asegurar los canales de conexión remota vía internet, para realizar soporte o verificación.

## 4. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Para mejorar la competitividad de una empresa, se hace necesario conocer en qué punto se encuentra la misma, en este caso, se busca saber el estado de la gestión de mantenimiento del departamento de servicio técnico de Semcon Ltda y a partir de este, tener una idea clara sobre que cual es la ruta a seguir en la implementación de mejores prácticas, identificando áreas críticas prioritarias y zonas de mejora en el departamento en cuestión.

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE SEMCON LTDA

Semcon Ltda es una empresa que provee al mercado papelerero de la comunidad andina, soluciones de alta tecnología para la medición y control de variables relacionadas directamente con la calidad del producto final. Las soluciones son fabricadas o integradas por compañías líderes de tecnología con amplia trayectoria en el gremio papelerero a nivel mundial, en otras palabras, Semcon es representante de ventas y servicio de algunas marcas líderes en soluciones tecnológicas para la industria papelerera.

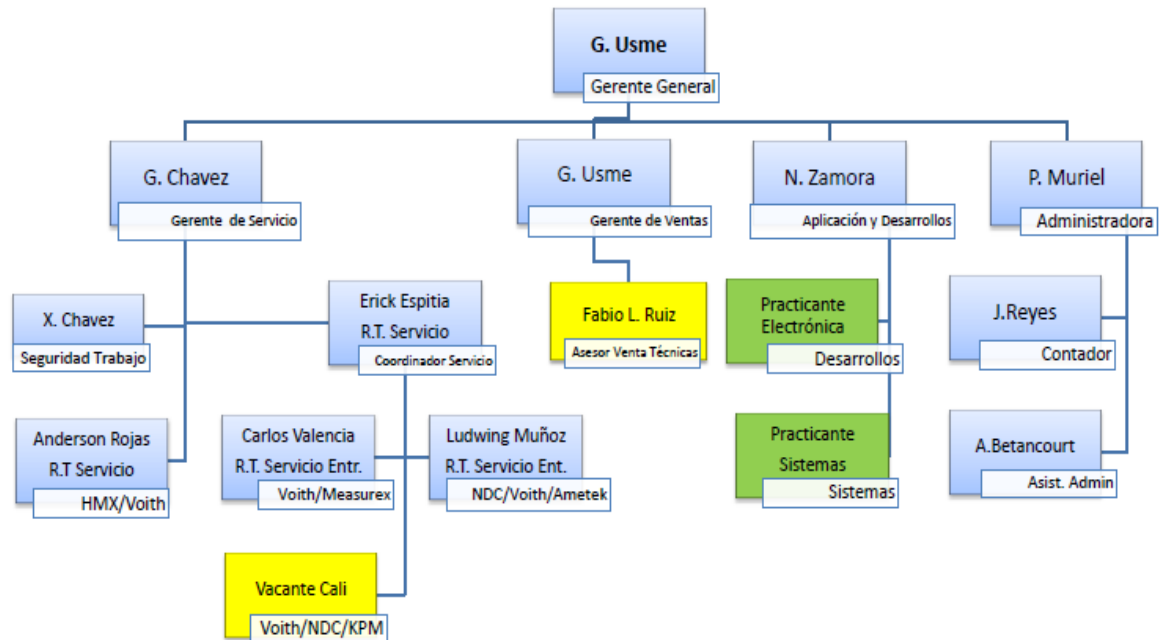
En algunos casos donde las soluciones de los representados no se ajustan a la necesidad del cliente, Semcon provee soluciones basadas en el “know how” del grupo técnico, incluyendo ingeniería, desarrollo, suministro de equipos, soporte al arranque y puesta en operación de las soluciones.

**4.1.1 Misión.** Brindar seguridad y buenos resultados, a nuestros clientes mediante la prestación de servicio técnico especializado. Impulsando la innovación y calidad con equipos de automatización de muy buena calidad.

**4.1.2 Visión.** Ser a mediano plazo, la mejor alternativa de servicios outsourcing en nuestra especialidad, mediante la obtención de excelentes resultados tangibles para nuestros clientes.

### 4.1.3 Estructura organizacional.

Figura 3. Organigrama Semcon Ltda



**4.1.4 Descripción del departamento de servicio técnico.** El área de servicio técnico de Semcon tiene como principal objetivo brindar soporte a los equipos de las marcas representadas, instalados en la región, teniendo como meta la conservación de las óptimas condiciones de operación de los equipos.

Como funciones específicas del área de servicio técnico se tiene:

Programar, organizar, ejecutar y supervisar las diferentes actividades de mantenimiento.

- Mantener registro y control de los servicios prestados.
- Apoyar activamente en la detección de necesidades u oportunidades de mejoras de desempeño en los equipos.
- Realizar tareas afines requeridas.

Hay muchos clientes que optan por tercerizar completamente el mantenimiento de dichos equipos, para esto, Semcon ofrece un contrato de servicio, el cual va enfocado a la prestación de asistencia técnica especializada, mediante un número anual definido de visitas programadas, con intervalos razonables de tiempo, en las cuales se realizan actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas; además el contrato incluye la atención de situaciones de emergencias,

con soporte remoto vía telefónica o conexión remota, las 24 horas del día, todos los días del año (24X365). Dependiendo del tipo de emergencia y requerimiento, se realiza atención presencial, con un tiempo de respuesta no mayor a 24 horas (sujeto a disponibilidad de cupos aéreos). La atención remota en horario laboral (lunes a viernes, de 08:00 a 18:00) es realizada por cualquier ingeniero de servicio disponible, con un tiempo de respuesta inferior a 1 hora, pero en horario no laboral (lunes a viernes, de 18:00 a 00:00 y 01:00 a 08:00, fines de semana y festivos 24 horas), es realizada por un ingeniero de guardia, el cual debe estar disponible para la atención requerida, con el mismo tiempo de respuesta del horario laboral.

#### **4.2 METODOLOGÍA USADA PARA DIAGNOSTICAR EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO**

Para conocer la gestión del departamento de servicio técnico en Semcon, se realiza una auditoría de mantenimiento, con la cual se obtiene una evaluación, análisis y valoración objetiva de las características esenciales del servicio de mantenimiento; además, se identifican puntos de mejora y se define el camino para el avance del departamento en cuestión.

El procedimiento para desarrollar la auditoría, se basa en cuatro puntos que permiten comparar la gestión de la empresa a auditar, con una gestión basada en mejores prácticas.

- Determinación de los objetivos claves.
- Determinación de los factores que afectan el cumplimiento de los objetivos.
- Selección de un estándar de excelencia, definiendo como debería ser la gestión ideal de cada factor.
- Comprobación de la situación de cada uno de los factores, mediante la elaboración de una encuesta, la cual debe permitir detectar donde la gestión es acertada y donde no.

La definición de los objetivos claves del departamento de mantenimiento debe basarse en el tipo de mantenimiento aplicado, y el alcance del mismo, teniendo como principio el objetivo general de todo departamento de mantenimiento, “máxima disponibilidad, a costo razonable, cuidando la seguridad y medio ambiente”. Una vez definidos los objetivos específicos, se deben definir los factores que intervienen en la consecución de los mismos, y as u vez, establecer los aspectos que componen cada factor.

A partir de los anteriores aspectos, se define un cuestionario que permite cuantificar la gestión del mantenimiento a evaluar, este cuestionario debe ser resuelto por un equipo auditor multidisciplinar, conformado por personas que conozcan el departamento, sus funciones, procedimientos y resultados. Se define un rango de calificación de cada una de las preguntas:

- “0” si el aspecto es considerado ausente o inexistente.
- “1” si el aspecto es deficiente.
- “2” si el aspecto se alcanza, pero puede mejorar.
- “3” si el aspecto se alcanza óptimamente.

Para cada una de las encuestas, se debe encontrar el índice de conformidad de cada factor, según la siguiente ecuación:

$$F_{mx} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{3*n} * 100 \quad (4.1)$$

Donde:

$F_{mx}$  = Índice de conformidad para el factor m, del miembro x del grupo.

$n$  = número máximo de preguntas para el factor m.

$C_i$  = calificación de la pregunta i, del factor m.

Para saber en qué nivel se encuentra la gestión del mantenimiento, y cada uno de los factores definidos, se sigue la tabla 1, donde se define la escala para la evaluación de los índices.

Tabla 1. Escala de evaluación de índices de conformidad

Intervalo del índice de conformidad	Evaluación
$85 \leq \text{índice} \leq 100$	Excelente
$75 \leq \text{índice} < 85$	Sobresaliente
$60 \leq \text{índice} < 75$	Bueno
$40 \leq \text{índice} < 60$	Aceptable
$0 \leq \text{índice} < 40$	Deficiente

### **4.3 DIAGNOSTICO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA SEMCON LTDA**

Al hablar de calidad del servicio en mantenimiento outsourcing, se tiene como primera idea la satisfacción del cliente con el servicio recibido en relación al costo del mismo, pero para lograr esto, se debe tener en cuenta los objetivos específicos que se deben alcanzar por el departamento de mantenimiento, en este caso, el área de servicio de Semcon Ltda.

- Alta disponibilidad de mano de obra calificada.
- Alto rendimiento de dicha mano de obra.
- Disponibilidad de herramientas adecuadas y métodos de trabajo definidos.
- Intervenciones fiables y periodos de repetición considerables de las mismas.
- No afectación del plan de producción debido a paradas no programadas.
- Contar con información adecuada para analizar la evolución y decisiones sobre mantenimiento.

Los factores claves para el cumplimiento de los objetivos son mostrados en la tabla 2, donde se especifican cuáles son los aspectos a tener en cuenta en cada factor; estos surgieron a partir de estudio de la gestión del mantenimiento basado en mejores prácticas, donde cada uno de los aspectos se puede ver como un ítem a evaluar, esto último sirve como base para la elaboración del cuestionario de auditoría.

Teniendo claridad en los puntos a evaluar con la encuesta, se elaboró un documento (ANEXO A), el cual se entregó al equipo auditor, conformado por el personal del área de servicio técnico, gerencia de servicio y gerencia general de Semcon Ltda.

A partir de las calificaciones dadas a cada uno de los aspectos de la encuesta, se obtuvieron los resultados de los índices de conformidad por factor, y un índice de conformidad total de la gestión de mantenimiento de la empresa. En la tabla 3 se muestran los índices obtenidos.

Tabla 2. Factores claves y aspectos para mantenimiento Semcon

FACTOR	ASPECTOS DEL FACTOR
<b>Personal de mantenimiento</b>	Organización
	Formación
	Polivalencia
	Rendimiento
	Clima laboral
<b>Medios Técnicos</b>	Herramientas
	Taller
	Sistemas de comunicación
	Transporte
<b>Preventivo y Plan de Mantenimiento (P.M)</b>	Existencia de P.M
	Contenido de P.M
	Realización de P.M
<b>Organización de Mantenimiento Correctivo</b>	Proporción preventivo/correctivo
	Numero de averías repetitivas
	Sistema de asignación de prioridades
	Número de averías urgentes
	Rapidez de resolución de averías
	Número de averías pendientes
	Realización de análisis de fallo
<b>Procedimiento de Mantenimiento</b>	Inclusión de tareas habituales
	Claridad de procedimientos
	Seguimiento y uso de procedimientos
	Revisión y actualización de procedimientos
<b>Stock de Repuestos</b>	Inventarios
	Orden y limpieza de almacén
	Ubicación
	Comprobaciones de calidad de repuestos
<b>Resultados del Mantenimiento</b>	Disponibilidad
	Tiempo medio entre fallas
	Número de emergencias
	Tiempo medio de reparación
	Número de averías repetitivas
	Número de horas hombre en mantenimiento

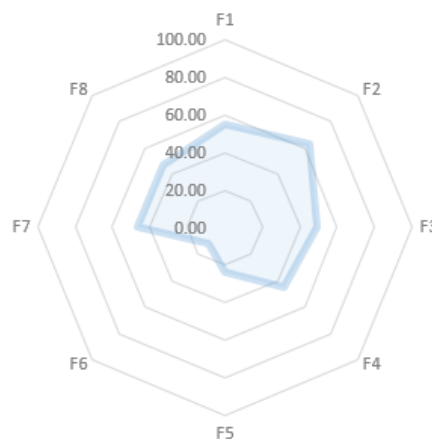
Tabla 3. Resultados de encuestas para mantenimiento Semcon

Identificador	Factor	Índice de conformidad
F1	Personal de mantenimiento	55.13
F2	Medios técnicos	63.33
F3	Mantenimiento preventivo y P.M	49.52
F4	Organización de mantenimiento correctivo	44.67
F5	Procedimientos de mantenimiento	23.81
F6	Sistema de información	12.22
F7	Repuestos	46.67
F8	Resultados del mantenimiento	46.67
<b>Índice de conformidad total de la gestión</b>		<b>45.05</b>

La figura 4 muestra los índices de conformidad de cada factor del mantenimiento, a partir de esta se puede detectar los puntos críticos del servicio de mantenimiento prestado por Semcon.

Figura 4. Diagrama de radar para factores de mantenimiento

Diagnostico Gestion de Mantenimiento Semcon



Analizando los resultados de la auditoria, se evidencia que Semcon no cuenta con procedimientos establecidos los cuales instruyan al personal en las acciones del mantenimiento, además, carece de un sistema de información que permita llevar el control de las actividades realizadas y favorezca la programación de actividades futuras. La documentación que permite realizar el seguimiento al mantenimiento es inexistente o incompleta, tal como ordenes de trabajo, hojas de vida de los equipos, manuales, etc. Esto se suma a la no utilización de indicadores de mantenimiento,

por tal motivo, no se cuenta con un valor cuantificable de la labor del mismo (disponibilidad, número de emergencias, tiempo entre fallas, etc.). El personal de servicio técnico apenas puede cubrir los clientes actuales, condicionando la posibilidad de crecimiento de la empresa, y aunque el nivel técnico de los mismos es muy bueno, existe un nivel de imprescindibilidad alto, traduciéndose en el aumento de la carga laboral en algunos miembros del grupo. Como punto a destacar está el buen ambiente laboral de los trabajadores y la disposición de los medios técnicos por parte de Semcon, con lo cual se tiene un buen punto de partida para mejorar los otros factores. En general, la gestión del mantenimiento en Semcon Ltda es aceptable, pero rozando el intervalo de deficiente, por tal motivo se hace urgente la mejora de muchos aspectos en la empresa, y así aumentar el grado de conformidad de los clientes actuales y favorecer el crecimiento de la compañía.

## **5. CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL EQUIPO QCS**

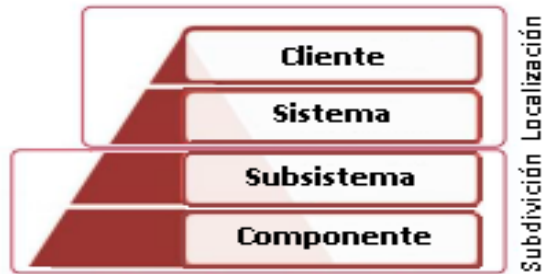
La información forma parte fundamental en el diseño de un plan de mantenimiento, ya que a partir de esta se toman decisiones y se enfoca el accionar del grupo de trabajo. Contar con hojas de vida de los equipos, inventarios, procedimientos, entre otros, brinda una base sólida para el desarrollo de cualquier plan de mantenimiento.

Como punto de partida se analizó toda la información disponible del equipo bajo estudio, para así identificar la más relevante, y de ser necesario, crear formatos nuevos para facilitar la recopilación de datos que se han venido generando o que aún no se tenían en cuenta y son de suma importancia para el plan de mantenimiento. Como se mencionó en el diagnóstico del grupo de servicio, Semcon no cuenta con un sistema de información que permita llevar el seguimiento de las actividades, toda la información disponible se reduce a manuales poco detallados del proveedor, planos eléctricos, informes de algunas intervenciones al equipo de manera remota, informes de las visitas programadas e informes de las visitas de emergencia, toda esta información se encuentra almacenada en la nube, desde el año 2010, fecha de arranque del equipo.

### **5.1 TAXONOMÍA DEL EQUIPO**

Al tratarse de un aspecto nuevo en la gestión del mantenimiento en Semcon, y buscando una rápida asimilación de los resultados, se realizó una clasificación de los componentes del equipo, para facilitar el correcto manejo de la información, tanto para documentos, como para sistemas de información. Como el mantenimiento que realiza Semcon es en equipos de terceros, la codificación debe ir enfocada a identificar el cliente y la maquina papelera, además, se realiza un agrupamiento por funcionalidad de los componentes del QCS.

Figura 5. Niveles de codificación



Para el primer nivel de la codificación, se trabaja con el nombre del cliente, para esto se asigna 3 caracteres, los cuales corresponden a las tres primeras consonantes que componen el nombre de la empresa cliente. En el segundo nivel se especifica la maquina papelera donde está instalado el QCS, compuesto de dos consonantes y finaliza con el número de la máquina. En el tercer nivel se muestra el subsistema en el cual se agrupó el componente (ver tabla 4), según su funcionalidad, y por último se tiene el nombre del componente. Para los dos últimos niveles, no se maneja codificación por medio de caracteres, simplemente se especifica el subsistema y el nombre del componente.

Tabla 4. Subsistemas para codificación QCS

Subsistema	Descripción de componentes
Traslación	Intervienen en movimiento del escáner
Sensor peso	Módulos de medición de peso base
Sensor humedad	Módulos de medición de humedad
Auxiliares cabezales	Facilitan las mediciones de variables de calidad en los cabezales
Control y alimentación escáner	Electrónica general del escáner
Auxiliares QCS	Componentes para alimentación del QCS (energía, agua, aire).
Supervisión	Hardware de servidores
Software	Software de servidores

Para entender mejor la taxonomía seleccionada, se considera como ejemplo al cliente llamado SEMCON, el cual cuenta con un QCS en la maquina papelera 1, para hacer referencia al moto-reductor de movimiento del escáner, este componente se identifica de la siguiente manera: SMC-MP1-Traslación-Motoreductor.

La codificación completa del QCS bajo estudio se muestra en el ANEXO B.

## 5.2 HOJA DE VIDA DEL EQUIPO

El registro de las intervenciones realizadas al sistema QCS, es parte fundamental para el correcto control del mantenimiento, Semcon no contaba con un formato de hoja de vida de los equipos, por tal motivo se diseñó un formato en el cual se debe registrar el historial de intervenciones, responsables de las mismas, datos que permitan identificar la intervención, y tipo de servicio, este último ítem hace referencia a intervenciones en visita de mantenimiento, visita de emergencia o atención remota.

Figura 6. Hoja de vida de equipo QCS

			REGISTRO DE MANTENIMIENTO EQUIPO QCS						
EQUIPO:			FML-MP4			CLIENTE:			
MODELO:			DAIDALOS-ONQ			FECHA DE ARRANQUE:			
Fecha			Tipo de servicio	O.T #	Actividad	Componente	Ejecutante	Repuestos	Observaciones
Día:	Mes:	Año:							


### 5.3 ORDENES DE TRABAJO

Semcon no contaba con formatos de órdenes de trabajo, y por lo tanto no era usado en el mantenimiento. El control de las actividades se realizaba por medio de los informes, pero esto aumentaba el tiempo de alistamiento, el cual se encontraba entre 40 y 90 minutos, ya que era necesaria una revisión de los informes antiguos para ejecutar cualquier actividad, el aumento del tiempo de alistamiento era más evidente cuando la intervención la realizaba un ingeniero no familiarizado con el equipo. Al no usar ordenes de trabajo, no era posible el correcto uso de indicadores de mantenimiento por parte de Semcon, esto conllevó en muchas ocasiones a problemas con los clientes, tales como actividades que no se realizaron, demoras en informes a los clientes, fallas en los equipos y falta de un stock mínimo de repuestos.

Debido a que hay tres tipos de intervenciones a los sistemas (intervención remota, intervención en visita programada e intervención en visita de emergencia), y cada una tiene características diferentes, se hace necesario la utilización de tres formatos distintos, los cuales brinda la información requerida para el control de las actividades de mantenimiento.


**5.3.1 Ordenes de trabajo remoto.** Este documento se diligencia en un formato físico, al momento de generarse una solicitud de un cliente para una atención de manera remota. Cabe recordar que para el equipo bajo estudio, la atención remota es 24/7, lo cual convierte este formato en una de las fuentes de información más importante para el mantenimiento.

Figura 7. Orden de trabajo remoto

 <b>ORDEN DE TRABAJO REMOTO</b>			
<b>DATOS GENERALES DE ORDEN DE TRABAJO</b>			
Número de O.T:	24		
Cliente:			
Subsistema:	Control y alimentacion scanner		
<b>DATOS DE SOLICITANTE</b>			
Solicitado por:	Sebastian Bello		
Fecha de solicitud:	23/03/2018	Hora de solicitud:	9:47:00 a. m.
<b>Descripción de solicitud:</b>			
El escaner presenta paro de emergencia y no permite reseteo del mismo			
<b>DATOS DE LA ATENCIÓN REMOTA</b>			
Atendido por:	Erick Espitia		
Fecha de atencion:	23/03/2018	Hora de atencion:	9:47:00 a. m.
<b>Descripción de actividades:</b>			
*Verificacion de cada uno de los elementos del paro de emergencia (antitrapamiento, embrague, reed contact, botoneras), medicion de voltajes de componentes. *Punteo en el pilz de todo el circuito de paro y circuito de reconocimiento. *Medicion de los contactos de salida del pilz, indicando que este no se estaba activando. *Cambio del modulo pilz. *Normalizacion de circuito de paro y reconocimiento. *Puesta en marcha del escaner			
Fecha de cierre:	23/03/2018	Hora de cierre:	12:06:00 p. m.
Tiempo Down[hr]:			


**5.3.2 Ordenes de trabajo visita programada.** Este documento es generado antes de realizar una visita programada. Por medio de esta orden de trabajo se informa al ingeniero de servicio sobre las actividades a realizar en la visita. Las labores se generan a partir del seguimiento de actividades, plan de mantenimiento y acciones correctivas que se programan a partir de las atenciones remotas. Al finalizar la visita programada, se especifican las labores que quedaron pendientes, si se debe programar actividades nuevas, según inspecciones, y resultados de las actividades como mediciones y verificaciones.

Figura 8. Orden de trabajo visita programada

 <b>ORDEN DE TRABAJO VISITA PROGRAMADA</b>	
<b>DATOS GENERALES DE ORDEN DE TRABAJO</b>	
<b>Número de O.T:</b> 5	<b>Fecha de generación:</b> 06/04/2018
<b>Cliente:</b>	<b>Responsable:</b>
<b>ACTIVIDADES:</b>	
Cambio de 8 rodamientos cabezal superior	Cambio
Cambio de mangueras unidad de mantenimiento y Si	Cambio
Fuente de poder 24VDC	Medición
Switch flujo de agua a cabezal superior	Verificación
Switch flujo de agua a cabezal inferior	Verificación
Switch presion de aire	Verificación
Cableado	Verificación
Transformador 220VAC/24VAC	Medición
Limit switch LM	Medición
Limit switch LA	Medición
<b>Horas invertidas:</b>	
<b>Fecha ejecución:</b>	
<b>PENDIENTES:</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>	

**5.3.3 Ordenes de trabajo visita emergencia.** En el momento en que una emergencia no se pueda resolver de manera remota, y si esta lo amerita, se generará una visita de emergencia a las instalaciones del cliente, según lo contempla el contrato con el mismo. Esta visita irá acompañada de una orden de trabajo, la cual especifica las labores previas realizadas, actividades a realizar para resolver la emergencia, y finalmente, descripción de la solución dada.

Figura 9. Orden de trabajo visita de emergencia

 <b>ORDEN DE TRABAJO VISITA EMERGENCIA</b>	
<b>DATOS GENERALES DE ORDEN DE TRABAJO</b>	
Número de O.T: 6	Fecha de generación: 12/03/2018
Cliente:	Responsable:
<b>PROBLEMA INICIAL:</b>	
<input type="text"/>	
<b>ACTIVIDADES PREVIAS:</b>	
<input type="text"/>	
<b>ACTIVIDADES DE LA VISITA:</b>	
<input type="text"/>	
Horas invertidas:	Fecha ejecución:
<b>OBSERVACIONES:</b>	
<input type="text"/>	


## 5.4 MANUALES Y PROCEDIMIENTOS

La empresa, al ser representante para servicio de varios tipos de equipos, y de diferentes marcas, cuenta con un archivo físico y digital de manuales. Para el equipo bajo estudio, se cuenta con los manuales de operación apropiados, pero al profundizar en las recomendaciones de mantenimiento del fabricante, se encuentra que esta sección no tiene la profundidad necesaria para un equipo de tan alta complejidad. Por esto, el personal de Semcon, a lo largo del tiempo de trabajo con este equipo, ha apelado a ejecutar el mantenimiento según su experiencia en otros equipos, y recomendaciones verbales de personal del representado.

Con respecto a los procedimientos, se cuenta con muy pocos documentos de este tipo, los cuales no representan una fuente clara de conocimiento, ya que no se tiene un formato establecido para los mismos (el formato es definido por la persona que creo el procedimiento en su momento), y las actividades que se describen en estos, no son las más comunes en el manteniendo de los QCS.

Como medida inicial para la organización del mantenimiento, se definió el formato para crear instructivos en Semcon, los cuales tienen como objetivo principal brindar una guía clara sobre como ejecutar la actividad, especificando recursos y herramientas.

Figura 10. Instructivo para actividades de mantenimiento

		<b><i>Instructivo Actividad de Mantenimiento</i></b>	
		Versión:	1.0
Fecha de elaboración:		Elaborado por:	
Código de instructivo:	VTH0001	Revisado por:	
Instructivo Aplicable en:			
Dirigido a:			
<b>Introducción</b> El siguiente instructivo se realiza con el fin de mostrar los pasos a seguir para el desarrollo de la actividad indicada. <b>Recursos y herramientas requeridas:</b> 1) En este punto se especifican las herramientas necesarias, además del recurso humano, manuales e instructivos necesarios para la ejecución de la actividad. <b>Procedimiento:</b> 1) En este punto se describen el paso a paso de la actividad, acompañado de claras ilustraciones.			
Notas: <input checked="" type="checkbox"/>			

## **6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA ESTABLECER JERARQUÍAS ENTRE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA QCS**

Los recursos asignados para mantenimiento en la mayoría de las plantas son limitados, y en este caso, al tratarse de mantenimiento outsourcing, recursos como el tiempo, personal y repuestos, son condicionados por el cliente y la empresa que ejecuta el mantenimiento. Debido a que las principales actividades son llevadas a cabo por personal de Semcon en las paradas programadas, el tiempo de ejecución se restringe a la programación del cliente, además, los repuestos, según se contempla en el contrato, deben ser adquiridos por este último, generándose la necesidad de priorizar los recursos, dando preferencia en el mantenimiento a componentes que tengan mayor impacto en la confiabilidad operacional del QCS.

El análisis de criticidad es una metodología que permite dar jerarquías y prioridades a instalaciones, sistemas, equipos o elementos de un equipo, siendo así, este capítulo aporta una visión de que componentes del QCS requieren más atención en las labores de mantenimiento, permitiendo la optimización de recursos. Inicialmente se describirá la metodología usada en el análisis de criticidad, seguido de los resultados de aplicar dicha metodología en el equipo QCS bajo estudio.

### **6.1 METODOLOGÍA USADA PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL EQUIPO QCS**

Huerta Mendoza [6] nos dice que la limitación en recursos económicos y humanos, conlleva a tener dificultades en la mejora de la confiabilidad en el mantenimiento, el cual es uno de los aspectos fundamentales para la confiabilidad operacional. Para disminuir el impacto de las limitaciones de recursos, se usa la metodología de análisis de criticidad, como herramienta que permite priorizar las actividades de mantenimiento.

---

[6] HUERTA MENDOZA, Rosendo; 2011. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. [Artículo en línea] Disponible desde internet en [http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5196/mod\\_resource/content/1/Documentos/AnalisisdeCriticidadMetodologiaparamejorarlaConfiabilidad.pdf](http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/5196/mod_resource/content/1/Documentos/AnalisisdeCriticidadMetodologiaparamejorarlaConfiabilidad.pdf) [con acceso el 17-05-2018]

En la metodología usada para jerarquizar los componentes del equipo, se plantea una serie de interrogantes, que al ser resueltas, brindan datos suficientes para realizar un análisis cuantitativo de criticidad. Los interrogantes deben ser resueltos para cada uno de los componentes a incluir en el análisis de criticidad:

- ¿Con que frecuencia se presenta una falla en el componente?
- ¿Qué funciones se ven afectas con la falla en el componente?
- ¿Cuánto tiempo se debe parar la maquina papelera para intervenir la falla?
- ¿En cuánto tiempo se realiza la intervención?
- ¿Quién realiza la intervención?
- ¿Cuál es el costo del reemplazo del componente?
- ¿Cuánto se demora en llegar el repuesto necesario?

A partir de las anteriores interrogantes, y teniendo como base lo planteado por Castillo, Brito y Fraga [7], los cuales desarrollan análisis de criticidad para casos personalizados de mantenimiento, haciendo uso de criterios de evaluación no convencionales, que surgen de las características propias de los departamentos de mantenimiento; se definen los criterios de evaluación y puntuación, estos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Criterios de evaluación para análisis de criticidad

<b>Criterio</b>	<b>Rangos</b>	<b>Puntos</b>
<b>Frecuencia de falla en el componente</b>	1 falla en más de 5 años	1
	1 falla entre 3 y 5 años	2
	1 falla entre 1 y 3 años	3
	Entre 1 y 3 fallas anuales	4
	Más de 3 fallas anuales	5
<b>Perdida de funcionalidad</b>	Pérdida de control de humedad	1
	Pérdida de tendencias y reportes	2
	Leve disminución de estabilidad en medición de peso base	3
	Grave disminución de estabilidad en medición de humedad	4

---

[7] del CASTILLO, A.M; BRITO, M.L; FRAGA, E. Análisis de criticidad personalizados. Ingeniería Mecánica Vol. 12 No. 3. Septiembre-Diciembre 2009.

Tabla 5. (Continuación)

<b>Criterio</b>	<b>Rangos</b>	<b>Puntos</b>
<b>Perdida de funcionalidad</b>	Pérdida de medición de humedad	5
	Pérdida de control de peso base	6
	Grave disminución de estabilidad en medición de peso base	7
	Pérdida de medición de peso base	8
<b>Tiempo de paro de maquina papelera</b>	No requiere parar la maquina	1
	Paro menor a 1 hora	1.2
	Paro entre 1 y 3 horas	1.4
	Paro entre 3 y 5 horas	1.6
	Paro entre 5 y 8 horas	1.8
	Paro mayor a 8 horas	2
<b>Tiempo de intervención</b>	Menor a 1 hora	1
	Entre 1 y 3 horas	2
	Entre 3 y 5 horas	3
	Entre 5 y 8 horas	4
	Mayor a 8 horas	5
<b>Costo del repuesto</b>	Menor a \$350000	1
	Entre \$350000 y \$1750000	2
	Entre \$1750000 y \$3500000	3
	Entre \$3500000 y \$10500000	4
	Entre \$10500000 y \$21000000	5
	Mayor a \$21000000	6
<b>Proveedor del repuesto</b>	Semcon	1
	Local	1.2
	Fabricante	1.5
<b>Personal a realizar intervención</b>	Personal de Semcon	1
	Personal del cliente	2

En la tabla 5 se tiene que la frecuencia de falla representa el número de veces que ha fallado el componente en un periodo de tiempo determinado. La pérdida de la funcionalidad evalúa el efecto de la falla del componente en las principales funciones del QCS, definidas por el personal experto de Semcon; cabe aclarar que la falla de un componente puede tener efecto en más de una funcionalidad, en este caso se asigna el puntaje de la funcionalidad afectada más alta. Para intervenir una falla puede que se deba interrumpir por completo el funcionamiento de la maquina papelera, lo cual depende del componente a intervenir, este criterio se define como tiempo de paro de maquina papelera. Independientemente si se debe parar o no la máquina, la reparación tiene un tiempo propio, el cual se expresa con el criterio tiempo de intervención; para algunos componentes, la reparación no requiere parar la maquina todo el tiempo, solo una fracción del mismo, para temas concretos.

Una de las cláusulas contractuales dice que los repuestos deben ser adquiridos por el cliente, bajo solicitud de Semcon, es por esto que en el análisis se debe incluir el criterio de costo del repuesto. Los tiempos de entrega de repuestos por parte del proveedor del equipo QCS son altos en comparación con proveedores de repuestos locales, debido a lo anterior se debe tener en cuenta quien provee el repuesto, para saber qué medidas tomar en caso de repuestos costosos o de pérdida de funcionalidad alta. Finalmente, el contrato indica que la responsabilidad del mantenimiento es compartida entre el cliente y Semcon, siendo así, se debe incluir el nivel de conocimiento que debe tener la persona que va a realizar la intervención, para saber si ante una falla que afecte la disponibilidad del equipo, se hace necesaria una visita de emergencia o la reparación se puede realizar por parte del personal del cliente.

La expresión matemática que define el análisis de criticidad, teniendo en cuenta el riesgo, es la siguiente:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} * \textit{Consecuencia} \quad (6.1)$$

Para el caso de criticidad en componentes de un QCS, se definieron dos tipos de consecuencia: consecuencia en producción y consecuencia en costos, los cuales hacen uso de los criterios mostrados anteriormente.

$$\textit{C. Producción} = \textit{Pérdida de funcionalidad} * \textit{T. paro de maquina} * \textit{T. intervención} \quad (6.2)$$

$$\textit{C. Costos} = \textit{Costo repuesto} * \textit{Proveedor} \quad (6.3)$$

$$\textit{Consecuencia} = \textit{C. Producción} + \textit{C. Costos} \quad (6.4)$$

Con las ecuaciones (6.2), (6.3) y (6.4), se tienen los datos necesarios para jerarquizar los diferentes elementos que componen el equipo. Para tener una mejor apreciación del valor de consecuencia, se expresa la misma como un valor porcentual con respecto al valor máximo de consecuencia posible, en este caso, la máxima consecuencia es 169.

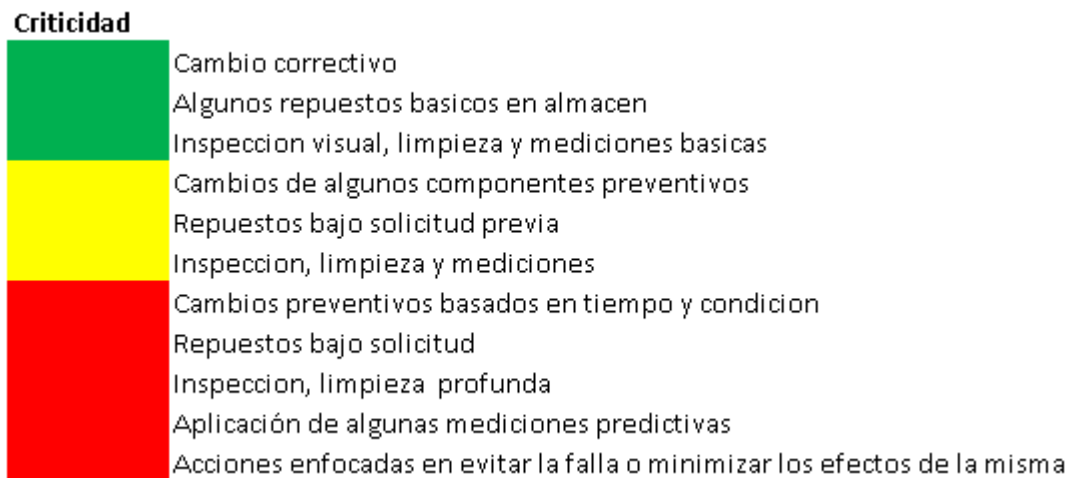
La clasificación de la criticidad de los componentes se realiza teniendo en cuenta el resultado de la matriz de valoración de riesgo diseñada para el equipo QCS, donde por un lado se tiene la frecuencia, y por otro lado se tiene la consecuencia porcentual, la matriz se muestra en la figura 11.

Figura 11. Matriz de valoración de riesgo para equipo QCS



Para cada nivel de criticidad se da un enfoque diferente a las actividades de mantenimiento, invirtiendo los recursos disponibles en aquellos componentes que pueden llegar a afectar en mayor medida la disponibilidad operacional del QCS. Además permite dar un enfoque al manejo de los repuestos y tomar acciones dirigidas a disminuir el impacto de una falla en la disponibilidad. En la figura 12 se muestra las acciones a implementar en el plan de mantenimiento, según el nivel de criticidad del componente; cabe aclarar que el resultado de la matriz de criticidad puede someterse a ajustes, y para algunos componentes se pueden aplicar acciones no propias del nivel de criticidad obtenido, lo anterior bajo criterio del personal experto de Semcon.

Figura 12. Acciones a implementar según nivel de criticidad



## 6.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA EL EQUIPO QCS

El alcance del plan de mantenimiento abarca un solo equipo QCS, el cual se compone de diferentes sistemas, que a su vez tienen múltiples componentes, en estos últimos es donde se implementa la metodología para el análisis de criticidad.

A partir del listado de componentes del equipo, y basándose en la experiencia del personal del departamento de servicio técnico de Semcon, se seleccionaron los componentes que se incluirían en el análisis, estos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Componentes a incluir en el análisis de criticidad

<b>Subsistema</b>	<b>Componente</b>
Control y alimentación escáner	Fuente de poder 24VDC
Sensor peso	Tarjeta fuente de poder peso
Sensor humedad	Motor rueda de filtros
Sensor humedad	Tarjeta fuente poder humedad
Auxiliares cabezales	Barra antiestática superior
Auxiliares cabezales	Barra antiestática inferior
Auxiliares cabezales	Fuente de alta antiestática superior
Auxiliares cabezales	Fuente de alta antiestática inferior
Control y alimentación escáner	Tarjeta electrónica de distribución
Control y alimentación escáner	Switch flujo de agua a cabezal superior
Control y alimentación escáner	Switch flujo de agua a cabezal inferior
Control y alimentación escáner	Switch presión de aire
Control y alimentación escáner	Switch alimentación principal
Control y alimentación escáner	Transformador 220VAC/24VAC
Supervisión	Batería PLC
Auxiliares cabezales	Reed switch separación cabezales
Auxiliares cabezales	Reed switch separación cabezales peso
Traslación	Riel cabezal superior
Traslación	Riel cabezal inferior
Traslación	Limit switch LM
Traslación	Limit switch LA
Sensor peso	Micro switch shutter abierto
Sensor peso	Micro switch shutter cerrado
Control y alimentación escáner	Modulo CAN SEB
Control y alimentación escáner	Cableado

Tabla 6. (Continuación)

<b>Subsistema</b>	<b>Componente</b>
Supervisión	PC OnV
Supervisión	PC OnQ
Supervisión	PC EOS
Traslación	Sensor inductivo embrague superior
Traslación	Sensor inductivo embrague inferior
Control y alimentación escáner	Boquillas de limpieza
Auxiliares cabezales	Ventilador superior
Auxiliares cabezales	Ventilador inferior
Traslación	Rodamientos guías guardapolvo
Traslación	Rodamientos tensores guardapolvo
Sensor humedad	Intercambiadores sensor Humedad
Sensor peso	Intercambiadores sensor peso
Traslación	Guías guardapolvo
Traslación	Tensores guardapolvo
Traslación	Powertrack superior
Traslación	Powertrack inferior
Traslación	Correa superior
Traslación	Correa inferior
Traslación	Encoder
Traslación	Moto reductor
Sensor humedad	Conexiones ODU humedad
Sensor peso	Conexiones ODU peso
Auxiliares cabezales	Fotoceldas
Traslación	Polea tensora superior
Traslación	Polea tensora inferior
Traslación	Rodamientos/chumaceras eje principal
Traslación	Anti atrapamiento lado yankee
Traslación	Anti atrapamiento lado reel
Sensor humedad	Lámpara halógena
Traslación	Guardapolvo superior
Traslación	Rodamientos polea tensora inferior
Sensor peso	Ventana kapton inferior
Sensor peso	Ventana kapton superior
Traslación	EPM Drive
Traslación	Rodamientos polea tensora superior
Supervisión	Fuente PC OnV
Supervisión	Fuente PC EOS
Supervisión	Fuente PC OnQ

Tabla 6. (Continuación)

<b>Subsistema</b>	<b>Componente</b>
Sensor peso	Cilindro neumático shutter
Sensor peso	Cilindro neumático flag
Supervisión	Discos duros OnQ
Supervisión	Discos duros EOS
Supervisión	Discos duros OnV
Traslación	Rodamientos desplazamiento cabezal superior
Traslación	Rodamientos desplazamiento cabezal inferior
Traslación	Guardapolvo inferior
Control y alimentación escáner	Botonera Control Scanner
Supervisión	Cables de red
Control y alimentación escáner	Mangueras agua refrigeración
Control y alimentación escáner	Mangueras neumáticas Barra cortina de aire
Control y alimentación escáner	Mangueras neumáticas Presión positiva sensor humedad
Control y alimentación escáner	Mangueras neumáticas Presión positiva sensor Peso
Sensor peso	Mangueras neumáticas shutter
Control y alimentación escáner	Relé de seguridad paro de emergencia
Control y alimentación escáner	Relés auxiliares
Sensor peso	Sensor eje Z
Sensor peso	Válvula accionamiento Flag
Sensor peso	Válvula accionamiento Shutter
Control y alimentación escáner	Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LA
Control y alimentación escáner	Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LM
Control y alimentación escáner	Válvula limpieza Gap entrada a garaje
Traslación	Variador de velocidad

Cada uno de los componentes seleccionados es sometido a los criterios de evaluación mostrados en la tabla 6, los puntajes de evaluación son asignados por el personal de mantenimiento de Semcon.

Haciendo uso de las formulas establecidas para la criticidad de los componentes, se obtiene el nivel de criticidad, y a partir de la matriz de valoración de riesgo (figura 11), se clasifican los componentes, el resultado es mostrado en la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de componentes según su criticidad

<b>Criticidad</b>	<b>Componente</b>
2.66	Boquillas de limpieza
3.20	Transformador 220VAC/24VAC
5.44	Switch alimentación principal
7.57	Fuente de poder 24VDC
8.28	Mangueras neumáticas Barra cortina de aire
8.28	Mangueras neumáticas Presión positiva sensor Peso
9.94	Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LA
9.94	Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LM
9.94	Válvula limpieza Gap entrada a garaje
10.65	Mangueras neumáticas Presión positiva sensor humedad
13.31	Barra antiestática superior
13.31	Barra antiestática inferior
13.31	Intercambiadores sensor peso
13.91	Variador de velocidad traslación
14.20	Fuente de alta antiestática superior
14.20	Fuente de alta antiestática inferior
15.38	Tarjeta fuente poder humedad
15.62	Cables de red
16.57	Fuente PC OnV
16.57	Fuente PC EOS
16.86	Intercambiadores sensor Humedad
20.12	Mangueras neumáticas shutter
21.30	Ventilador superior
21.30	Ventilador inferior
21.30	Fuente PC OnQ
21.60	Limit switch LA
22.19	Ventana kapton inferior
22.19	Ventana kapton superior
22.49	Tarjeta fuente de poder peso
22.49	Tarjeta electrónica de distribución
22.49	Reed switch separación cabezales
23.08	Lámpara halógena
23.43	Batería PLC
23.67	Fotoceldas
25.38	Limit switch LM
27.22	Botonera Control Scanner
29.29	Micro switch shutter abierto

Tabla 7. (Continuación)

<b>Criticidad</b>	<b>Componente</b>
29.29	Micro switch shutter cerrado
30.18	Reed switch separación cabezales peso
30.18	Mangueras agua refrigeración
30.77	Switch presión de aire
31.07	Válvula accionamiento Flag
31.07	Válvula accionamiento Shutter
32.54	Switch flujo de agua a cabezal superior
32.54	Switch flujo de agua a cabezal inferior
32.66	Relés auxiliares
34.79	Relé de seguridad paro de emergencia
40.24	EPM Drive
40.47	Rodamientos guías guardapolvo
40.47	Rodamientos tensores guardapolvo
40.47	Guías guardapolvo
40.47	Tensores guardapolvo
41.42	Modulo CAN SEB
44.38	Motor rueda de filtros
44.97	Encoder
49.11	Conexiones ODU humedad
52.07	Anti atrapamiento lado yankee
52.07	Anti atrapamiento lado reel
55.92	Guardapolvo superior
55.92	Guardapolvo inferior
56.80	Sensor eje Z
60.36	Cilindro neumático shutter
60.36	Cilindro neumático flag
70.12	Moto reductor
75.27	Polea tensora inferior
77.51	Conexiones ODU peso
86.63	Polea tensora superior
88.76	Discos duros EOS
88.76	Discos duros OnV
100.00	Riel cabezal superior
100.00	Riel cabezal inferior
103.55	Cableado
103.55	Sensor inductivo embregue inferior
104.38	Rodamientos polea tensora inferior
117.16	Discos duros OnQ

Tabla 7. (Continuación)

<b>Criticidad</b>	<b>Componente</b>
121.42	Rodamientos polea tensora superior
127.81	PC OnV
127.81	PC EOS
150.89	Sensor inductivo embrague superior
158.58	Correa inferior
165.68	PC OnQ
177.51	Correa superior
200.00	Powertrack superior
200.00	Powertrack inferior
200.00	Rodamientos/chumaceras eje principal
245.21	Rodamientos desplazamiento cabezal superior
245.21	Rodamientos desplazamiento cabezal inferior

La clasificación obtenida en el análisis de criticidad, sirve como base para diseñar un plan de mantenimiento que se ajuste a las características propias del departamento de mantenimiento de Semcon, y a las limitaciones de recursos por parte del cliente. La jerarquía obtenida del análisis permite tomar decisiones en cuanto al manejo del stock de repuestos, cambios preventivos/correctivos, frecuencias de mantenimiento o acciones que ataquen los modos de falla del componente. Los elementos que obtuvieron mayor criticidad se destacan por su alto costo, además de que requieren un paro de maquina prolongado, acorde con la dificultad del cambio del componente o su posible reparación. Los elementos de baja criticidad se destacan por ser elemento de fácil cambio, costo razonable e impacto reducido en la funcionalidad del equipo.

## **7. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL SISTEMA QCS**

A partir de la asignación de criticidad a los componentes del QCS, y según las acciones planteadas en la figura 12, se puede crear un plan de mantenimiento preventivo, que permita garantizar la disponibilidad del equipo QCS, atacando las fallas potenciales en los componentes, mitigando las consecuencias y reduciendo la frecuencia de las fallas.

Este capítulo aporta una guía que permite reducir el riesgo de las averías, prolongar la vida del equipo, reducir costos de mantenimiento y programar las actividades de intervención, optimizando recursos y conservando la seguridad del personal de operación y mantenimiento.

Para el diseño del plan de mantenimiento, se tomó como base la experiencia del personal del departamento de mantenimiento de Semcon, los manuales del proveedor del equipo y los reportes de fallas obtenidos en el análisis de información del mantenimiento del QCS. A partir de lo anterior, se diseñaron rutinas de inspección, frecuencias de cambio o reparación y acciones enfocadas a evitar los modos de falla del componente.

Una de las cláusulas contractuales habla de que el cliente debe cumplir con rutinas de mantenimiento básico, conforme a las instrucciones dadas por Semcon, es por esto que el plan de mantenimiento debe incluir rutinas dirigidas al cliente, con actividades básicas de limpieza, inspección y ajuste; actividades de limpieza, inspección y ajuste, con un grado de profundidad mayor, son realizadas por personal de Semcon en las visitas programadas. Además, el plan de mantenimiento debe contener las frecuencias del cambio preventivo por tiempo o inspección de los componentes que así lo requieran; es por esto que el plan de mantenimiento debe incluir rutinas específicas para el cliente y otras rutinas con actividades desarrolladas por personal del departamento de mantenimiento de Semcon.

### **7.1 RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIRIGIDA AL CLIENTE**

El resultado del análisis de criticidad de los componentes muestra que las partes mecánicas de alto costo tienen una criticidad mayor, ya que estos son las que requieren más recursos para realizar una intervención. Debido a lo anterior, la rutina de mantenimiento preventivo dirigido al cliente, debe ir enfocada al sostenimiento de las condiciones básicas de operación del QCS, para evitar desgaste prematuro

de componentes mecánicos. Cabe aclarar que las actividades direccionadas al cliente no solo tendrán en cuenta elementos mecánicos, sino que también abordaran condiciones básicas de operación de electrónica, sistemas de cómputo y elementos de desgaste continuo.

Al hablar de condiciones básicas de operación, se hace referencia a limpieza, lubricación y ajuste, en este caso, solo se tendrán en cuenta condiciones de limpieza y ajuste, ya que las labores de lubricación serán abordadas en rutinas dirigidas a un mantenimiento más especializado.

La rutina del cliente debe incluir actividades de inspección del estado de algunos elementos de criticidad media, que requieren monitoreo para detectar anomalías y fallas incipientes. Las inspecciones realizadas por el personal de mantenimiento del cliente no deben comprometer la seguridad de los mismos, deben ser de rápida ejecución y en lugares de fácil acceso.

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó una rutina de mantenimiento preventivo para el sistema QCS, dirigido al personal de mantenimiento del cliente, la cual se muestra en la tabla 8. A cada una de las actividades se le asigna una frecuencia de ejecución, se especifica la anomalía que se busca detectar con las inspecciones, y los componentes que se deben limpiar.

## **7.2 RUTINA DE INSPECCIÓN REMOTA DIRIGIDO A PERSONAL DE SEMCON**

Las actividades preventivas que deben ejecutar el personal del cliente buscan mantener las condiciones básicas de operación, las cuales tienen un efecto en la estabilidad de algunas variables monitoreadas por los diferentes softwares del QCS, variables tales como temperaturas de diferentes zonas, voltajes de los sensores, entre otras; es por esto que se requiere realizar una inspección semanal más especializada de todo el componente software del sistema, que permita detectar fallas incipientes en las variables mencionadas anteriormente, y así tomar medidas al respecto. Estas inspecciones semanales también permitirán verificar la correcta operación de funcionalidades del QCS, y descubrir anomalías en el sistema de cómputo, ya sea software o hardware.

La rutina de inspección semanal del sistema de cómputo requiere un mayor conocimiento del software del QCS, además, exige un mayor grado de interpretación de las señales inspeccionadas, es por esto que esta rutina debe ser ejecutada por personal del departamento de mantenimiento de Semcon, ya que este cuentan con el entrenamiento necesario en el manejo del QCS e interpretación de la información disponible en el mismo. En la tabla 9 se observa la rutina de inspección semanal.

Tabla 8. Rutina de mantenimiento preventivo dirigido al cliente

		<b>RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SISTEMA QCS DIRIGIDA AL CLIENTE</b>					
		Inspección		Limpieza		Ajuste	
		Anomalia	Frec.	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.
<b>Sistema Traslación</b>							
Moto reductor	Fugas de aceite	Diario					
Guardapolvo superior	Deterioro banda	Diario	Limpieza banda	Diario			
Guardapolvo inferior	Deterioro banda	Diario	Limpieza banda	Diario			
Tapas bastidor	Deterioro de gomas	Diario	Limpieza tapas	Semanal	Ajuste tornillos	Semanal	
Bastidor	Presión positiva	Diario	Limpieza bastidor	Semanal			
Tapas cabezales	Deterioro de gomas	Diario	Limpieza tapas	Semanal	Ajuste tornillos	Semanal	
<b>Sensor Peso</b>							
Fuente radioactiva	Perfil radiológico y frotis	Semestral					
Ventada kapton superior	Deterioro ventana	Diario	Limpieza ventana	Semanal			
Ventada kapton inferior	Deterioro ventana	Diario	Limpieza ventana	Semanal			
<b>Sensor Humedad</b>							
Reflectivo cabezal superior			Limpieza reflectivo	Diario			
Ventana cabezal inferior			Limpieza ventana	Diario			
Lámpara halógena	Lámpara encendida	Diario					
<b>Sistemas Auxiliares cabezales</b>							
Fotoceldas detección borde de hoja	Fotoceldas encendidas	Diario	Limpieza fotoceldas	Diario			
Reflectivo fotocelda detección borde de hoja			Limpieza reflectivo	Diario			
Ventilador superior	Ventilador encendido	Diario	Limpieza ventilador	Diario			
Ventilador inferior	Ventilador encendido	Diario	Limpieza ventilador	Diario			
Mangueras agua refrigeración entrada	Fugas	Semanal					
Mangueras agua refrigeración salida	Fugas	Semanal					
<b>Sistema Control y alimentación Scanner</b>							
Baliza LM	Balizas encendidas	Diario	Limpieza de balizas	Semanal			
Baliza LA	Balizas encendidas	Diario	Limpieza de balizas	Semanal			
Boquilla limpieza guardapolvo LM	Aire en boquillas	Diario					
Boquilla limpieza guardapolvo LA	Aire en boquillas	Diario					
Unidad de mantenimiento de aire	Presión de aire	Diario	Purga de filtros	Diario			
Mangueras y acoples neumáticos	Fugas	Diario	Limpieza de zona	Diario	Ajuste conexiones	Semanal	

Tabla 8. (Continuación)

		<b>RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SISTEMA QCS DIRIGIDA AL CLIENTE</b>				
		<b>Inspección</b>		<b>Limpieza</b>		<b>Ajuste</b>
	<b>Anomalía</b>	<b>Frec.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frec.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frec.</b>
<b>Sistemas Auxiliares</b>						
Compresor chiller	Test de fugas	Semestral				
Condensador chiller	Test de fugas	Semestral				
Evaporador chiller	Test de fugas	Semestral				
Filtro chiller			Limpieza de filtro	Semanal		
Control chiller	General	Semanal				
Motor bomba chiller	General	Semanal				
Motor ventilador condensador chiller	General	Semanal				
Tanque de agua chiller	Nivel de agua	Diario	Cambio de agua	Semestral		
Motor blower	General	Semanal				
Filtro de aire blower	Desgaste de filtro	Diario	Limpieza filtro	Diario		
Tuberías de agua	Fugas	Semestral	Lavado químico	Anual		
Tuberías de aire	Fugas	Semestral				
Baterías UPS	General	Mensual				
<b>Sistema de supervisión</b>						
PC OP			Limpieza filtro	Semanal		
PC OnView			Limpieza filtro	Semanal		
PC Servidor de medición			Limpieza filtro	Semanal		

Tabla 9. Rutina de inspección remota semanal



		<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS - INSPECCIÓN REMOTA SEMANAL</b>		
Servidor de Medición				
FRAME:	Unidades	Valor Ideal	Valor Actual	Observaciones
Voltaje de alimentación SCB	V	24		
Temperatura SCB	°C	30-40		
Barridos entre Dynacom	----	----		
Distancia a borde para Dynacom	mm			
SENSOR DE PESO:	Unidades	Valor Ideal	Valor Actual	Observaciones
Temperatura del módulo TX	°C	35-45		
Temperatura del módulo RX	°C	35-45		
Temperatura de la matriz	°C	20		
Voltaje elemento peltier	V	0.1 - 2		
Voltaje de alimentación módulo RX	V	23-24		
Frecuencia sensor Z	KHz	290-310		
Temperatura AirGap inferior	°K	308-319		
Temperatura AirGap superior	°K	308-319		
Temperatura AirColumn	°K	308-319		
Temperatura Colimador	°K	308-319		
¿Dynacom activado?	----	SI/NO		
¿Cierra shutter antes de estandarizar?	----	SI/NO		
Estandarización Shutter Cerrado:	mínimo	máximo	Valor	Observaciones
V12	----	----		
V23	----	----		
V32	----	----		
V21	----	----		
V22	----	----		
V32	----	----		
¿Diferencia entre min y máx. menor a 0.03?	----	SI/NO		
Estandarización Shutter Abierto:	mínimo	máximo	Valor	Observaciones
V12	----	----		
V23	----	----		
V32	----	----		
V21	----	----		
V22	----	----		
V32	----	----		
¿Diferencia entre min y máx. menor a 0.06?	----	SI/NO		
¿V22 es el mayor de los voltajes?	----	SI/NO		
Estandarización Flag Activado:	mínimo	máximo	Valor	Observaciones
V12	----	----		
V23	----	----		
V32	----	----		
V21	----	----		
V22	----	----		
V32	----	----		
¿Diferencia entre min y máx. menor a 0.03?	----	SI/NO		
¿V22 es el mayor de los voltajes?	----	SI/NO		

Tabla 9. (Continuación)

	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS - INSPECCIÓN REMOTA SEMANAL			
<b>SENSOR DE HUMEDAD:</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor Ideal</b>	<b>Valor Actual</b>	<b>Observaciones</b>
Temperatura Peltier Hot Side	°C	30-40		
Temperatura Peltier Cold Side	°C	30-40		
Voltaje detector	V	-----		
Voltaje lámpara	V	-----		
Temperatura módulo RX	V	35-45		
Revoluciones motor	Rev./min	-----		
<b>Estandarización:</b>	<b>mínimo</b>	<b>máximo</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
Canal 1	-----	-----		
Canal 2	-----	-----		
Canal 3	-----	-----		
Canal 4	-----	-----		
¿Diferencia entre min y máx. menor a 0.03?	-----	SI/NO		
<b>GENERAL:</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor Ideal</b>	<b>Valor Actual</b>	<b>Observaciones</b>
¿Estandarización activa?	-----	SI/NO		
¿Intervalo entre estandarizaciones?	min	-----		
¿Slope y Offset de OnQ igual que EOS?	-----	SI/NO		
¿RAID OK?	-----	SI/NO		
Espacio libre en discos duros	GB	-----		
¿Hora sincronizada con el servidor OnView?	-----	SI/NO		
Ultima fecha LogEncendido	aaaa/mm/dd	-----		
<b>Servidor de OnView</b>				
<b>GENERAL:</b>		<b>Opciones</b>	<b>Repuesta</b>	<b>Observaciones</b>
¿OPCtoGDC OK?	-----	SI/NO		
¿LSCscan OK?	-----	SI/NO		
¿Station Configuration Editor OK?	-----	SI/NO		
¿Tablas base de datos OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de reel OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de turno OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de grado OK?	-----	SI/NO		
¿Tendencias OK?	-----	SI/NO		
¿Perfiles OK?	-----	SI/NO		
¿Mapas de color OK?	-----	SI/NO		
¿RAID OK?	-----	SI/NO		
Espacio libre en discos duros	GB	-----		
¿Hora sincronizada con el servidor OnQ?	-----	SI/NO		
Ultima fecha LogEncendido	aaaa/mm/dd	-----		
<b>Estación de Operación</b>				
<b>GENERAL:</b>		<b>Opciones</b>	<b>Repuesta</b>	<b>Observaciones</b>
¿Station Configuration Editor OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de reel OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de turno OK?	-----	SI/NO		
¿Reportes de grado OK?	-----	SI/NO		
¿Tendencias OK?	-----	SI/NO		
¿Perfiles OK?	-----	SI/NO		
¿Mapas de color OK?	-----	SI/NO		
¿RAID OK?	-----	SI/NO		

### 7.3 RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VISITA PROGRAMADA

Las visitas de mantenimiento programado por parte del personal de Semcon estarán enfocadas a desarrollar dos conjuntos de actividades, una rutina de mantenimiento general, y unas actividades de mantenimiento específicas que serán asignadas según el resultado de las inspecciones, o el cumplimiento de ciclos de vida de los componentes.

La rutina de mantenimiento preventivo de una visita programada busca especificar las actividades de inspección, limpieza y ajuste que deben ejecutar los integrantes del grupo de mantenimiento de Semcon, en cada una de las visitas que se realicen al equipo QCS. En pocas palabras, esta rutina muestra lo que sería un mantenimiento general del sistema QCS.

En la tabla 10 se muestra la rutina de mantenimiento preventivo que se debe ejecutar en una visita programada, donde las actividades no tienen una frecuencia dada, ya que las mismas se deben llevar a cabo siempre que el personal de Semcon se encuentre en las instalaciones del cliente. Si en alguna actividad de inspección se encuentra una anomalía, el personal técnico, de ser posible, debe dar solución a la misma, o informar para programar la intervención en futuras visitas.

Tabla 10. Rutina de mantenimiento preventivo en visita

	RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS - VISITA PROGRAMADA		
	Inspección	Limpieza	Ajuste
<b>Sistema Traslación</b>			
Moto reductor	General, fugas aceite	Limpieza general	
Encoder	General		
Polea tensora superior	Oxidación, desgaste	Limpieza general	
Polea tensora inferior	Oxidación, desgaste	Limpieza general	
Rodamiento polea tensora superior	Movimiento, oxidación	Limpieza general	
Rodamiento polea tensora inferior	Movimiento, oxidación	Limpieza general	
Eje principal	Movimiento, desgaste	Limpieza general	
Chumaceras, rodamientos eje principal	Desgaste, movimiento	Limpieza general	
Poleas, rodamientos eje principal	Desgaste, movimiento	Limpieza general	
Limitadores de torque	Torque límite	Limpieza general	
Correa superior	Desgaste	Limpieza general	
Correa inferior	Desgaste	Limpieza general	
Guardapolvo superior	Desgaste, unión	Limpieza general	Tensión
Guardapolvo inferior	Desgaste, unión	Limpieza general	Tensión
Tensores guardapolvo	Desgaste	hebras de banda	Tornillo tensor
Rodamientos tensores guardapolvo	Desgaste, movimiento	hebras de banda	
Poleas guardapolvo	Desgaste	hebras de banda	

Tabla 10. (Continuación)



	<b>RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS - VISITA PROGRAMADA</b>		
	<b>Inspección</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Ajuste</b>
Rodamientos poleas guardapolvo	Desgaste, movimiento	hebras de banda	
Ejes poleas guardapolvo	Desgaste		
Rodamientos apoyo cabezal superior	Desgaste, oxidación, movimiento	Limpieza general	
Rodamientos ajuste cabezal superior	Desgaste, oxidación, movimiento	Limpieza general	
Rodamientos apoyo cabezal inferior	Desgaste, oxidación, movimiento	Limpieza general	
Rodamientos ajuste cabezal inferior	Desgaste, oxidación, movimiento	Limpieza general	
Riel cabezal superior	Desgaste	Limpieza general	
Riel cabezal inferior	Desgaste	Limpieza general	
Sensor inductivo embrague superior	Funcionamiento		Tornillos posicionamiento
Sensor inductivo embrague inferior	Funcionamiento		Tornillos posicionamiento
Micro switch limite LM	Funcionamiento	Limpieza general	
Micro switch limite LA	Funcionamiento	Limpieza general	
Sensor inductivo garaje	Funcionamiento	Limpieza general	Tuerca sujeción
Sensor inductivo inicio limpieza	Funcionamiento	Limpieza general	Tuerca sujeción
Sensor antiatrapamiento lado yankee	Funcionamiento	Limpieza general	
Sensor antiatrapamiento lado reel	Funcionamiento	Limpieza general	
PowerTrack flexible superior	Fugas, desgaste	Limpieza general	
PowerTrack flexible inferior	Fugas, desgaste	Limpieza general	
Tapas bastidor	Deterioro de gomas	Limpieza general	Tornillos ajuste
Bastidor		Limpieza general	
Tapas cabezales	Deterioro de gomas	Limpieza general	Tornillos ajuste
Cabezales y garaje	Fugas	Limpieza general	Ajuste tornillos módulos
Barrido y alineación	Prueba de barrido y alineación		
<b>Sensor Peso</b>			
Ventada kapton superior	Desgaste	Limpieza profunda	Tornillos ajuste
Ventada kapton inferior	Desgaste	Limpieza profunda	Tornillos ajuste
Matriz detectora	Polvillo en la matriz	Limpieza general	
Estabilidad electrónica	Prueba de estabilidad y medición		
<b>Sensor Humedad</b>			
Reflectivo cabezal superior		Limpieza general	
Ventana cabezal inferior		Limpieza general	
Lámpara halógena	Funcionamiento		
Estabilidad electrónica	Prueba de estabilidad y medición		
<b>Sistemas Auxiliares cabezales</b>			
Fotoceldas detección borde de hoja	Funcionamiento	Limpieza general	
Reflectivo fotocelda detección borde de hoja		Limpieza general	
Ventilador superior	Funcionamiento	Limpieza general	
Ventilador inferior	Funcionamiento	Limpieza general	
Mangueras agua refrigeración entrada	Fugas		
Mangueras agua refrigeración salida	Fugas		
Intercambiadores de calor sensor de peso base	Fugas	Limpieza general	
Intercambiadores de calor sensor de humedad	Fugas	Limpieza general	
Cables planos sensores	Deterioro		
Reed switch separación cabezales	Funcionamiento	Limpieza general	
<b>Sistema Control y alimentación Scanner</b>			
Botonera control escáner LM	Funcionamiento	Limpieza general	

Tabla 10. (Continuación)

	<b>RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS - VISITA PROGRAMADA</b>		
	Inspección	Limpieza	Ajuste
Botonera control escáner LA	Funcionamiento	Limpieza general	
Baliza LA	Funcionamiento	Limpieza general	Ajuste baliza
Boquilla limpieza guardapolvo LM	Aire boquillas, deterioro		
Válvula boquillas de limpieza guardapolvo LM	Funcionamiento		
Boquilla limpieza guardapolvo LA	Aire boquillas, deterioro		
Válvula boquillas de limpieza guardapolvo LA	Funcionamiento		
Boquillas limpieza gap entrada a garaje	Aire boquillas, deterioro		
Válvula limpieza gap entrada a garaje	Funcionamiento		
Switch flujo de agua a cabezal superior	Funcionamiento		
Switch flujo de agua a cabezal inferior	Funcionamiento		
Switch presión de aire	Funcionamiento		
Unidad de mantenimiento de aire	Fugas, presión aire, deterioro	Purgar filtros	
Mangueras y acoples neumáticos	Fugas		Ajuste conexiones
Switch alimentación principal	Funcionamiento	Limpieza general	
Piloto alimentación principal	Funcionamiento		
Relé de seguridad paro de emergencia	Funcionamiento	Limpieza general	
Variador de velocidad traslación	Funcionamiento, frecuencia	Limpieza general	
Tarjeta electrónica SCB		Limpieza general	
<b>Sistema Auxiliares</b>			
Motor bomba chiller	Funcionamiento		
Tanque de agua chiller	Nivel agua		
Motor blower	Funcionamiento		
Filtro de aire blower	Deterioro	Limpieza profunda	
<b>Sistema de supervisión</b>			
PC OP		Limpieza filtro	
PC OnView		Limpieza filtro	
PC servidor de medición		Limpieza filtro	
Base de datos MySQL			Backup

## 7.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL TIEMPO

En el numeral 7.3 se mencionó que en las visitas programadas se ejecutaban actividades de mantenimiento resultado de las inspecciones, o el cumplimiento del ciclo de vida de los componentes, este ciclo se especifica en un programa de mantenimiento basado en el tiempo, donde se incluyen tiempos de cambio de los componentes que así lo requieran, actividades de mantenimiento que no se ejecutan en todas las visitas programadas y mediciones predictivas para algunos elementos que componen el sistema QCS. Este programa de mantenimiento se diseñó basado en la experiencia del personal técnico de Semcon y el proveedor del equipo, y los manuales de operación del mismo. En la tabla 11 se observa el programa de mantenimiento preventivo para el sistema QCS basado en el tiempo.

Tabla 11. Programa de mantenimiento preventivo basado en el tiempo


	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS BASADO EN EL TIEMPO					
	Inspección		Medición		Cambio cíclico	
	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.
<b>Sistema Translación</b>						
Moto reductor					Cambio moto reductor	5 años
Encoder					Cambio encoder	5 años
Polea tensora superior					Cambio polea	5 años
Polea tensora inferior					Cambio polea	5 años
Rodamiento polea tensora superior					Cambio rodamientos	2 años
Rodamiento polea tensora inferior					Cambio rodamientos	1 año
Eje principal					Cambio chumaceras	5 años
Chumaceras, rodamientos eje principal	Lubricación	Semestral			Cambio poleas	5 años
Poleas, rodamientos eje principal					Cambio eje	5 años
Limitadores de torque eje principal					Cambio limitadores	5 años
Correa superior			Medir tensión	Semestral	Cambio correa	5 años
Correa inferior			Medir tensión	Semestral	Cambio correa	5 años
Guardapolvo superior					Cambio guardapolvo	Anual
Guardapolvo inferior					Cambio guardapolvo	Anual
Tensores guardapolvo					Cambio tensores	3 años
Rodamientos tensores guardapolvo					Cambio rodamientos	3 años
Poleas guardapolvo					Cambio poleas	3 años
Rodamientos poleas guardapolvo					Cambio rodamientos	3 años
Ejes poleas guardapolvo					Cambio ejes	3 años
Rodamientos apoyo cabezal superior					Cambio rodamientos	anual
Rodamientos ajuste cabezal superior					Cambio rodamientos	3 años
Rodamientos apoyo cabezal inferior					Cambio rodamientos	Anual
Rodamientos ajuste cabezal inferior					Cambio rodamientos	3 años
Riel cabezal superior			Medir desgaste	Anual		
Riel cabezal inferior			Medir desgaste	Anual		
Codos entrada aire presurización bastidor	Limpieza	Anual				
PowerTrack flexible superior					Cambio powertrack	5 años
PowerTrack flexible inferior					Cambio powertrack	5 años

Tabla 11. (Continuación)

	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS BASADO EN EL TIEMPO					
	Inspección		Medición		Cambio cíclico	
	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.
<b>Sensor Peso</b>						
Micro switch shutter abierto			Medir impedancia	Anual		
Micro switch shutter cerrado			Medir impedancia	Anual		
Cilindro neumático accionamiento shutter	Funcionamiento	Anual				
Cilindro neumático accionamiento flag	Funcionamiento	Anual				
Pivote shutter	Lubricación	Anual				
Pivote flag	Lubricación	Anual				
Reed switch separación cabezales peso			Medir impedancia	Anual		
Fuente radioactiva					Cambio módulo TX peso	5 años
Ventada kapton superior					Cambio de kapton	2 años
Ventada kapton inferior					Cambio de kapton	Anual
<b>Sensor Humedad</b>						
Motor rueda de filtros	Funcionamiento	Anual			Cambio motor	5 años
Lámpara halógena					Cambio de lámpara	Anual
<b>Sistemas Auxiliares cabezales</b>						
Ventilador superior					Cambio ventilador	2 años
Ventilador inferior					Cambio ventilador	2 años
Barra antiestática superior	Funcionamiento	Anual				
Barra antiestática inferior	Funcionamiento	Anual				
Fuente de alta barras antiestática superior	Funcionamiento	Anual				
Fuente de alta barras antiestática inferior	Funcionamiento	Anual				
Intercambiadores de calor sensor de peso base					Cambio intercambiador	5 años
Intercambiadores de calor sensor de humedad					Cambio intercambiador	5 años
Boca toma aire ventiladores	Limpieza	Anual				
Mangueras flexibles cableado cabezales					Cambio mangueras	2 años
Reed switch separación cabezales			Medir impedancia	Anual		


Tabla 11. (Continuación)

	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA QCS BASADO EN EL TIEMPO					
	Inspección		Medición		Cambio cíclico	
	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.	Actividad	Frec.
<b>Sistema Control y alimentación Scanner</b>						
Botonera control escáner LM	Limpieza y ajuste	Anual				
Botonera control escáner LA	Limpieza y ajuste	Anual				
Switches paro de emergencia botoneras					Cambio switches	Anual
Switches llave shutter botoneras					Cambio switches	Anual
Switches reconocimiento botoneras					Cambio switches	Anual
Switch flujo de agua a cabezal superior			Aforar, Impedancia, limpieza	Anual		
Switch flujo de agua a cabezal inferior			Aforar, Impedancia, limpieza	Anual		
Switch presión de aire			Presión límite, impedancia, limpieza	Anual		
Unidad de mantenimiento de aire					Cambio elemento filtrante	Anual
Contactador de reconocimiento emergencia					Cambio contactor y aux	2 años
Borneras SEB	Re-apretar	Anual				
Borneras carrier	Re-apretar	Anual				
Variador de velocidad traslación					Cambio EPM	Anual
Fuente de poder 24 VDC	Limpieza	2 años	Medir voltajes	Semestral		
Transformador 220VAC/24VAC			Medir voltajes	Semestral		
<b>Sistema de supervisión</b>						
PC OP	Limpieza y cambio de pasta	Anual				
Fuente PC OP					Cambio fuente	4 años
RAID PC OP	Backup Acronis	Anual			Cambio Discos	4 años
PC OnView	Limpieza y cambio de pasta	Anual				
Fuente PC OnView					Cambio fuente	4 años
RAID PC OnView	Backup Acronis	Anual			Cambio Discos	3 años
Base de datos MySQL	Backup Carpeta	2 meses				
PC servidor de medición	Limpieza y cambio de pasta	Anual				
Fuente PC servidor de medición					Cambio fuente	4 años
RAID PC servidor de medición	Backup Acronis	Anual			Cambio Discos	4 años
PLC QCS	Backup Proyecto	Semestral				
Batería PLC			Medir voltajes	Semestral	Cambio batería	2 años

## 7.5 REPUESTOS RECOMENDADOS EN ALMACÉN PARA EL SISTEMA QCS

Una de las cláusulas contractuales especifica que es obligación de Semcon supervisar el inventario de repuestos del equipo en almacén, además de sugerir una lista de repuestos de consumo (punto de pedido automático), y solicitar al cliente la compra de partes adicionales conforme el mantenimiento del equipo lo requiera. Para la creación de una lista de repuestos en stock se tuvo en cuenta el resultado del análisis de criticidad, la experiencia del personal de Semcon y los manuales del equipo. En la tabla 12 se muestra el listado de repuestos recomendados por Semcon.

Tabla 12. Lista de repuestos básicos en almacén

		<b>REPUESTOS BÁSICOS EN ALMACÉN PARA SISTEMA QCS</b>		
Descripción	Código Proveedor	Código Cliente	Punto de Pedido [SI/NO]	Observaciones
Fuente de alimentación SEB 24V/20A	H84.589241	5025009	SI	
Variador de velocidad	430.056611	5025008-5014336	SI	
Módulo relé de emergencia PILZ	H84.629099		NO	
Moto reductor	430.047168	5025053	NO	
Sensor inductivo garaje	H84.628014	5025003	NO	
Encoder	H84.628144	5025005	NO	
Correa dentada x 12metros	430.057843	5025001	SI	
Banda guardapolvo x 24metros	430.054573	5062932	SI	
Lámpara halógena x 2	H84.111817	5023991	SI	
Tarjeta amplificadora humedad	H84.111851		SI	
Motor humedad	430.095579	5025014	SI	
Elemento peltier humedad	430.055697		SI	
Switch shutter	H84.159944		SI	
Cilindro neumático shutter	430.053039	5097271	SI	
Ventana kapton superior	H84.160189	5025033	SI	
Ventana kapton inferior	H84.304891	5025034	SI	
Tarjeta matriz detectora	430.053042	5110493	SI	
Fotocelda	430.055734		SI	

## **8. INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA MEDIR EL RESULTADO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Monitorear el resultado de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, permite evaluar y controlar los puntos a mejorar del mismo, para ello se usan una serie de parámetros que revelan el progreso alcanzado a lo largo del tiempo, y así obtener una visión de la gestión del mantenimiento de la empresa. Los parámetros a monitorear se conocen como indicadores de mantenimiento.

La correcta selección de los indicadores a usar permite evaluar de manera eficaz el desempeño del mantenimiento, brindando información útil para la toma de decisiones. Por lo anterior, se debe realizar un análisis de que es lo que se desea obtener de la implementación del plan de mantenimiento, para así definir que parámetros usar en el seguimiento del mismo.

Los indicadores a usar por parte de Semcon deben enfocarse en la medición del desempeño de los equipos de los clientes, sin dejar de lado los compromisos contractuales con los mismos. En este capítulo se presenta un análisis para la selección e implementación de los indicadores de desempeño a usar por Semcon, para el seguimiento del plan de mantenimiento preventivo del equipo QCS bajo estudio.

### **8.1 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO QCS**

El objetivo principal del grupo de mantenimiento de Semcon, es garantizar la disponibilidad del sistema QCS del cliente, ya que este es un equipo crítico que amerita la tercerización del mantenimiento. El departamento de producción del cliente requiere que el QCS este habilitado para el funcionamiento la mayor cantidad de tiempo posible, convirtiéndolo así en el indicador principal de la gestión de mantenimiento.

Según la taxonomía descrita en el capítulo 5, el equipo QCS se compone de varios subsistemas, los cuales tienen funcionalidades diferentes, algunas de ellas tienen un grado de relevancia mayor, por ejemplo, es más crítico una falla en el subsistema de traslación, que una falla en el subsistema de supervisión. Debido a lo anterior, se hace necesario el cálculo de indicadores de disponibilidad por subsistemas, lo cual permite un análisis más completo de la gestión del mantenimiento y complementa los indicadores de disponibilidad del equipo completo, además se plantea obtener los indicadores de disponibilidad con una frecuencia mensual.

Para calcular la disponibilidad se requiere del conocimiento de otros indicadores relacionados, tales como tiempo medio entre fallas (TMEF) y tiempo medio para reparaciones (TMPR), las expresiones matemáticas que definen estos indicadores son las siguientes:

$$TMEF = \frac{\text{Horas de operación subsistema}}{\# \text{ intervenciones}} \quad (8.1)$$

$$TMPR = \frac{\text{Horas de reparación subsistema}}{\# \text{ intervenciones}} \quad (8.2)$$

El tiempo medio entre fallas, muestra la frecuencia con la que suceden las averías en los subsistemas, y el tiempo medio para reparación hace referencia al tiempo medio que duran las intervenciones correctivas de los subsistemas. Para obtener los anteriores indicadores, se hace necesario contar con el registro del número de intervenciones remotas en el mes, convirtiéndose en el indicador de número de órdenes de trabajo remoto mensual.

El sistema QCS registra el tiempo total de operación de la maquina papelera (tiempo de producción), el equipo debe estar disponible en este periodo, por lo tanto al restarle al tiempo de operación de la maquina papelera, el tiempo que duraron las intervenciones que sacaron de lineal el QCS (tiempo down), se obtiene las horas de operación de los subsistemas.

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo de producción} - \text{Tiempo Down}}{\# \text{ O.T remotas}} \quad (8.3)$$

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo Down}}{\# \text{ O.T remotas}} \quad (8.4)$$

Teniendo en cuenta las ecuaciones (8.3) y (8.4), se obtiene la disponibilidad para cada uno de los subsistemas que componen el QCS:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (8.5)$$

Según lo anterior, se plantea una serie de indicadores de disponibilidad, con frecuencia de cálculo mensual, los cuales permiten al cliente y a Semcon, evaluar la efectividad del plan de mantenimiento preventivo, realizar modificaciones al mismo, y tomar decisiones con miras a mejorar la disponibilidad del equipo QCS.

- Número de órdenes de trabajo remoto.
- Tiempo medio entre fallas.
- Tiempo medio para reparación.
- Disponibilidad.

## 8.2 INDICADORES DE CONTROL DE CONTRATO

El compromiso contractual por parte de Semcon es una de las prioridades del grupo de servicio de la empresa, por tal motivo, se debe realizar seguimiento a los puntos críticos del contrato, para poder así tomar medidas correctivas o plantear soluciones ante un posible incumplimiento del contrato de mantenimiento outsourcing. Debido a lo anterior, se plantean unos indicadores que permitan conocer cómo se está ejecutando el contrato, si se están cumpliendo las cláusulas contractuales o se corre riesgo de incumplimiento, para poder así ejecutar acciones en busca de no caer en incumplimiento contractual. Cabe aclarar que toda la información necesaria para implementar los indicadores de control del contrato, se encuentra disponible en los diferentes documentos y formatos que se mostraron en el capítulo 5.

**8.2.1 Días faltantes de visita programada.** El contrato de mantenimiento establece que Semcon debe ejecutar 4 visitas de mantenimiento programado, cada visita debe ser de 3 días, esto en el periodo de duración del contrato (anual). Por lo anterior, se debe llevar un registro de los días que el personal de Semcon pasa en las instalaciones del cliente, ejecutando labores de mantenimiento al equipo QCS. El indicador planteado muestra los días restantes para dar cumplimiento a esta cláusula contractual.

**8.2.2 Días de visita de emergencia.** El contrato habla de que el cliente cuenta con dos visitas de emergencia en el periodo del contrato, cada visita de dos días; estas visitas no son acumulables y caducan al finalizar el periodo del contrato. Los gastos generados para el traslado del personal técnico de Semcon a las instalaciones del cliente, así como los gastos de manutención de los mismos corren por cuenta de Semcon. Debido a lo anterior, generar visitas de emergencia hace que Semcon incurra en gastos extras, se afecte la imagen de la labor de mantenimiento y genera paradas del equipo que golpean directamente la disponibilidad del QCS. Es por esto que llevar el registro de las visitas de emergencia permite tomar acciones correctivas en los planes de mantenimiento, y así minimizar el uso de los días de visita de emergencia.

**8.2.3 Tiempo de respuesta máximo.** Ante una solicitud de atención remota por parte del cliente, el contrato es claro en acotar a 60 minutos el tiempo que tarda el personal de Semcon en iniciar la atención remota del caso. Se plantea entonces un indicador mensual de tiempo máximo de respuesta ante una solicitud de atención remota; el indicador no debe superar los 60 minutos.

**8.2.4 Horas hombre en atención remota.** Aunque el contrato habla de que el cliente tiene atención remota ilimitada 24/7, para Semcon representa un gasto en horas hombre el incurrir en excesivas atenciones remotas. Por lo anterior se plantea un indicador que mida las horas usadas en atención remota, y así poder replantear las actividades de mantenimiento en busca de disminuir el indicador.

Según lo anterior, se plantea una serie de indicadores de control del contrato, con frecuencia de cálculo mensual, los cuales permiten a Semcon realizar el seguimiento del cumplimiento de las cláusulas contractuales, y evitar incurrir en gastos extras en la ejecución de las mismas.

## **9. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

El seguimiento de las actividades desarrolladas en el plan de mantenimiento es la columna vertebral del mismo, donde conocer la información de las actividades, el desarrollo del contrato de mantenimiento con el cliente, los detalles de las atenciones remotas, y los resultados de las verificaciones rutinarias, permite tomar decisiones acertadas en el mantenimiento. A partir del control de información mencionada, se logra obtener un correcto cálculo y seguimiento de los indicadores planteados en el capítulo 8. Por todo lo anterior, se hace necesario el manejo de una herramienta informática que permita el registro y control de la información generada a partir de la ejecución del plan de mantenimiento.

Un sistema de información (SI) se conoce como un conjunto de componentes que interactúan entre sí, permitiendo el procesamiento y almacenamiento de la información. Contar con un SI conlleva una serie de beneficios, tales como:

- Disminución de tiempos de análisis de información, a partir de un rápido acceso a la misma.
- Generación de indicadores de gestión de mantenimiento a partir del procesamiento de los datos.
- Mejoramiento de la comunicación entre los diferentes departamentos de una empresa.
- Correcta planeación del mantenimiento a partir del seguimiento del plan de mantenimiento diseñado.

Semcon Ltda no cuenta con un SI que permita el procesamiento de toda la información que se genere en la implementación de un plan de mantenimiento y en el desarrollo de los contratos con los clientes. La información de las actividades ejecutadas en las visitas programadas es almacenada en la nube, sin una estructura definida, esto conlleva a un aumento del tiempo usado para planeación y programación. En muchos casos, no contar con un sistema de información para centralizar toda la información, provocaba que no se ejecutaran actividades de mantenimiento, resultando en la generación de visitas de emergencia. El no realizar un correcto seguimiento de las visitas estipuladas en el contrato de mantenimiento outsourcing, implicaba que en muchos casos se realizaran visitas de mantenimiento cuando ya se habían ejecutado las visitas estipuladas en las cláusulas contractuales, provocando gastos extras para Semcon.

En este capítulo se plantea la estructura básica para un sistema de información que se ajuste a las necesidades de Semcon, lo cual se traduzca en la correcta selección de un SI, o en su defecto, sea desarrollado a medida de la empresa.

## **9.1 OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN EN SEMCON LTDA**

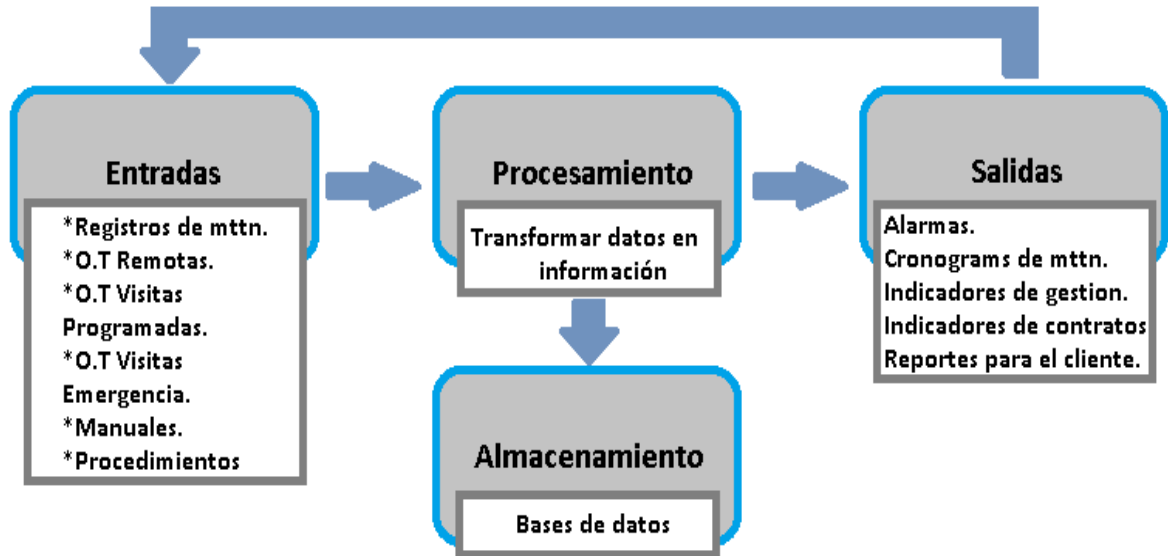
Semcon Ltda busca un sistema que sirva como apoyo de los procesos que se ejecutan en el departamento de mantenimiento, para que así se mejore la calidad de servicio que se da a los clientes, además que se reduzcan los gastos generados por una mala planeación del mantenimiento, tales como horas hombre invertidas en atenciones remotas (se busca que las atenciones remotas sean solo las de las rutinas de verificación remota semanal), visitas de emergencia y un número de días de visitas programadas superior al estipulado por las cláusulas contractuales.

En cuanto a la atención prestada al cliente, se busca mejorar la disponibilidad de los equipos acobijados por el contrato de mantenimiento outsourcing con Semcon, disminuyendo el número de averías que se traducen en atenciones remotas y el tiempo de las intervenciones. Adicional a esto, se requiere brindar la correcta y oportuna información a los cliente, de los recursos necesarios para los mantenimientos programados de los equipos (necesario para que el cliente realice laborases de planeación y presupuestos), además de cómo se está desarrollando el mantenimiento de sus equipos y el resultado de los indicadores de la gestión del mantenimiento.

## **9.2 ESTRUCTURA GENERAL DE UN SI PARA SEMCON LTDA**

Un sistema de información en general, debe transformar los datos ingresados en información útil para el usuario, generando así unos resultados de salida, y a su vez almacenar la información relevante. Además, debe estar en la capacidad de generar informes que contengan la información almacenada, según sea lo requerido. Según lo anterior, se plantea una estructura general para un sistema de información para Semcon.

Figura 13. Estructura general para un SI en Semcon



Como se puede observar en la figura 13, la estructura básica plantea una serie de entradas al sistema, datos generados a partir de la clasificación realizada en el capítulo 5, compuestas por los registros de mantenimiento, ordenes de trabajo de atenciones remotas, ordenes de trabajo de las visitas programadas, ordenes de trabajo de las visitas de emergencia, manuales y procedimientos. Todas las anteriores entradas deben contener lo necesario para el cálculo de los indicadores propuestos en el capítulo 8, además de los datos del resultado de la ejecución de las actividades de mantenimiento según el plan desarrollado en el capítulo 7.

Una vez el sistema de información cuenta con los datos requeridos, se debe realizar un procesamiento de los mismos, con el fin de transformar los datos en información útil para Semcon y el cliente; esta información debe ser almacenada para su posterior uso.

Finalmente, la estructura plantea que se deben generar unas salidas, las cuales van a ser las herramientas que permitan alcanzar los objetivos del uso de un SI. Las salidas están constituidas por alarmas generadas al acercarse la fecha de ejecución de alguna actividad preventiva, cronogramas de mantenimiento, resultado de los cálculos de indicadores de gestión y control de contratos, y finalmente, informes de gestión de uso interno e informes entregables al cliente.

Inicialmente, se plantea un desarrollo de un SI usando Visual Basic de Excel, esto por la facilidad de la programación, y la opción de manejar la base de datos en hojas de cálculo de Excel, apoyados en macros. Cabe aclarar que el planteamiento inicial se da como un desarrollo a mejorar, con la posibilidad de emigrar a una plataforma informática más potente.

### 9.3 MÓDULOS PARA EL SI EN SEMCON LTDA

Para alcanzar los objetivos del sistema de información para Semcon, se plantea una serie de módulos, los cuales tienen datos de entrada e información de salida. Cada módulo se caracteriza por manejar un proceso del departamento de mantenimiento de Semcon Ltda.

Figura 14. Módulos para SI Semcon



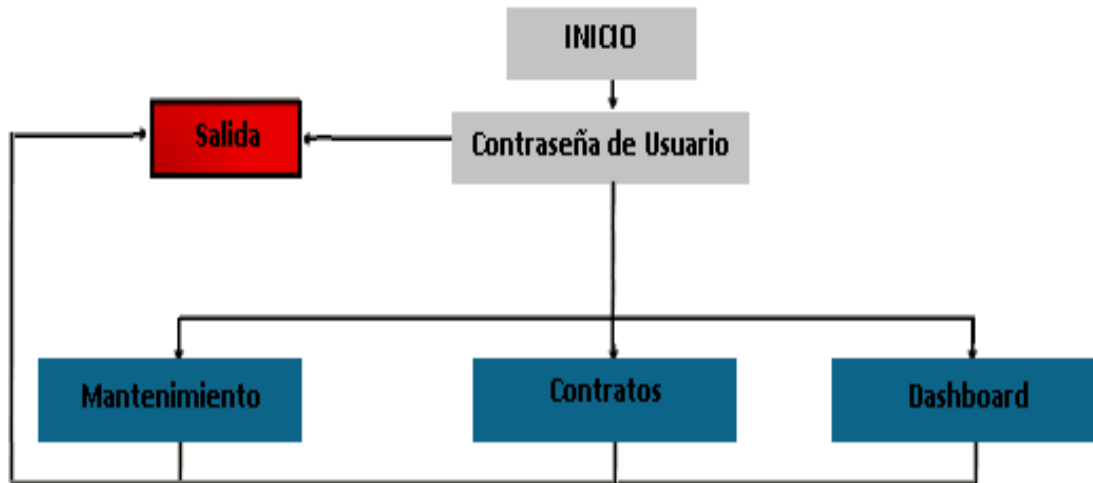
**9.3.1 Control de usuario.** Por encima de los módulos de los procesos, se encuentra un control de usuario, para permitir el acceso a cierta información, dependiendo del perfil del usuario que esté usando el SI. Para esto se proponen tres perfiles:

- Administrador, el cual tiene el rol de controlar toda la información disponible en el SI; es el único perfil que cuenta con permisos de borrar todo tipo de información y manejar directamente las bases de datos.
- Gerencial, el cual tiene acceso a toda la información, introducir información nueva y borrar o modificar cierto tipo de datos. No podrá acceder a las bases de datos.

- Usuario, el cual es el perfil base de un usuario común del SI. Este podrá acceder a una cierta cantidad de información, no tendrá permisos para borrar ni modificar ningún dato.

Según lo anterior, se deben asignar los perfiles al personal de Semcon, teniendo como base la estructura mostrada en la figura 3 del capítulo 4, donde el perfil más importante es el de administrador, el cual tiene la función principal de controlar el SI, asegurando su correcto funcionamiento. Los perfiles gerenciales podrán ingresar los datos de entrada al sistema, para generar las salidas, las cuales podrán ser observadas por los perfiles de usuario.

Figura 15. Estructura control de usuario



**9.3.2 Modulo de mantenimiento.** Este módulo cuenta con los procesos correspondientes a las funciones propias de un departamento de mantenimiento. Cada proceso tiene una serie de datos de entrada e información de salida; los procesos que se incluyen en este módulo se muestra a continuación:

- Plan de mantenimiento preventivo. Este proceso contiene las actividades a ejecutar en el mantenimiento preventivo, según el diseño del capítulo 7. En la figura 16 se observan los datos de entrada a este proceso, donde se requiere lo necesario para la creación de una nueva acción preventiva.

Figura 16. Entradas al proceso de mantenimiento preventivo

El formulario 'Agregar Accion Preventiva' contiene los siguientes campos:

- Componente:
- Actividad:
- Cliente:
- Subsistema:
- Frecuencia (días):
- Prioridad:
- Fecha de ultima ejecucion:
- Tipo ejecucion:

Botón:

La información de salida de este proceso es un listado de las actividades preventivas, cada una con su información correspondiente, donde se destaca las fechas de la próxima ejecución según su frecuencia y la prioridad de la acción. Lo anterior se muestra en la figura 17.

- Atenciones remotas. Este proceso maneja la información de las atenciones remotas generadas en el cumplimiento del contrato con los clientes. Cada vez que se realice una solicitud por parte del cliente, y se haga una atención remota por parte del personal de Semcon, de debe ingresar los datos de la misma al SI. Cabe aclarar que se debe tener especial atención en el dato correspondiente al tiempo down (tiempo de QCS fuera de servicio), y las horas de reporte e inicio de la atención, ya que estos datos son usados para el cálculo los indicadores de gestión de mantenimiento. Los datos de entrada para este proceso son mostrados en la figura 18.

Figura 17. Salidas del proceso de mantenimiento preventivo

**Accion:**

SUBSISTEMA:	TRASLACION
Riel cabezal superior	Medición
Riel cabezal inferior	Medición
Rodamientos guias guardapolvo	Cambio
Rodamientos tensores guardapolvo	Cambio
Guias guardapolvo	Cambio
Tensores guardapolvo	Cambio
PowerTrack superior	Cambio
PowerTrack inferior	Cambio
Correa superior	Cambio
Correa inferior	Cambio
Encoder	Cambio
Motoreductor	Cambio
Polea tensora superior	Cambio
Polea tensora inferior	Cambio
Eje principal	Cambio
Guardapolvo superior	Cambio
Rodamientos polea tensora inferior	Cambio
Rodamientos polea tensora superior	Cambio
Rodamientos apoyo cabezal superior	Cambio
Rodamientos ajuste cabezal superior	Cambio
Guardapolvo inferior	Cambio
Correa inferior	Medición
Correa superior	Medición
Chumacera, rodamientos eje principal	Cambio
Chumacera, rodamientos eje principal	Limpieza

**Datos de Accion:**

Subsistema:	Componente:	Actividad:	Frecuencia:	Proxima Ejecucion:	Prioridad:
Traslacion	PowerTrack superior	Cambio	1825	31/05/2015	Alta

Figura 18. Entradas al proceso de atenciones remotas

Cliente:  Fecha de solicitud:  Hora de solicitud (24 hrs):

Solicitado por:  Fecha de inicio atención:  Hora de inicio atención (24 hrs):

Atendido por:  Fecha de cierre:  Hora de cierre (24 hrs):

Que reportaron:

Descripcion de solución:

Ubicación de falla:  Tiempo Down :  Número de O.T:

- Alertas. Este proceso se debe generar automáticamente a partir de las frecuencias dadas en las actividades preventivas. Tiene como datos de entrada las fechas de la última ejecución de la acción preventiva, la frecuencia dada a la misma; y la prioridad; la salida es un mensaje de alerta sobre la aproximación de la fecha para ejecutar la acción; los mensajes de alerta se generarán un tiempo prudente antes de la fecha de la próxima ejecución, esto según la prioridad (prioridad alta requiere más tiempo de antelación). En la figura 19 se muestran los mensajes de alerta de este proceso.

Figura 19. Salidas del proceso de alertas

CLIENTE:	COMPONENTE:	ACTIVIDAD:	PRIORIDAD	DIAS F.:	SUBSISTEMA:	VIDA U.:	U. EJECUCIÓN:
	Fuente de poder 24VDC	Medición	Baja	-6	Control y alimentación sce	183	31/03/2018
	Pivote shutter	Limpieza	Baja	-2684	Sensor peso	365	01/06/2010
	Barra antiestatica superior	Verificación	Baja	-2684	Auxiliares cabezales	365	01/06/2010
	Barra antiestatica inferior	Verificación	Baja	-2684	Auxiliares cabezales	365	01/06/2010
	Fuente de alta antiestatica superior	Verificación	Baja	-2684	Auxiliares cabezales	365	01/06/2010
	Fuente de alta antiestatica inferior	Verificación	Baja	-2684	Auxiliares cabezales	365	01/06/2010
	Boca toma aire ventilador	Limpieza	Baja	-2684	Auxiliares cabezales	365	01/06/2010
	Fuente de poder 24VDC	Limpieza	Baja	-2319	Control y alimentación sce	730	01/06/2010
	Transformador 220VAC/24VAC	Medición	Baja	-6	Control y alimentación sce	183	31/03/2018
	Bateria PLC	Medición	Baja	-2866	Supervision	183	01/06/2010
	Reed switch separacion cabezales peso	Medición	Baja	-2684	Sensor peso	365	01/06/2010
	Riel cabezal superior	Medición	Baja	-2684	Traslacion	365	01/06/2010
	Riel cabezal inferior	Medición	Baja	-2684	Traslacion	365	01/06/2010
	Contactador reconocimiento emergencia	Cambio	Media	-2319	Control y alimentación sce	730	01/06/2010
	Rodamientos guias guardapolvo	Cambio	Media	-1954	Traslacion	1095	01/06/2010
	Rodamientos sensores guardapolvo	Cambio	Media	-1954	Traslacion	1095	01/06/2010
	Intercambiadores sensor Humedad	Cambio	Media	-1224	Auxiliares cabezales	1825	01/06/2010
	Intercambiadores sensor peso	Cambio	Media	-1224	Auxiliares cabezales	1825	01/06/2010
	Guías guardapolvo	Cambio	Media	-1954	Traslacion	1095	01/06/2010
	Tensores guardapolvo	Cambio	Media	-1954	Traslacion	1095	01/06/2010

- Pendientes. En este proceso se manejan actividades para programar en las visitas de mantenimiento programado. Existen varias fuentes de entrada de datos; una primera fuente de datos se da a través del proceso de alertas, donde se pueden generar pendientes a partir de las actividades preventivas con fecha de ejecución cercanas; una segunda fuente de datos se da a través del ingreso de actividades no especificadas en el plan de mantenimiento preventivo, se caracterizan por ser actividades correctivas programadas, en la figura 20 se muestra los campos de ingreso de actividades correctivas programadas.

Figura 20. Entrada de datos para pendientes correctivos programados

The screenshot shows a window titled "Agregar pendientes:". It contains four input fields: "Cliente:" (a dropdown menu), "Componente:" (a dropdown menu), "Actividad:" (a dropdown menu), and "Observaciones:" (a text box). To the right of these fields are three buttons: "Agregar", "Eliminar", and "Procesar". Below the input fields is a large empty rectangular area, likely for displaying a list of tasks.

- Repuestos. Una de las cláusulas contractuales dice que Semcon debe prestar asistencia técnica en el manejo del stock de repuestos del cliente, es por esto que se debe contar con un proceso que enliste los repuestos para el QCS disponibles en el almacén del cliente, y así tener la información necesaria para realizar solicitudes de adquisición de repuestos y programar actividades que requieran repuestos para su ejecución. En la figura 21 se muestra las entradas para el proceso de repuestos.

Figura 21. Entradas para el proceso de repuestos

The screenshot shows a window titled "Agregar repuesto". It contains four input fields: "Cliente:" (a dropdown menu), "Repuesto:" (a text box), "Codigo:" (a text box), and "Observación:" (a text box). At the bottom left of the window is a button labeled "Agregar".

Figura 22. Salidas del proceso de repuestos

Ciente:	Codigo:	Repuesto:	Observaciones:
	5062932	Cinta Protec Polvo K110 H84.304250 QCS	Banda guardapolvo
	5023991	Lampara Sensor Hum 12V 113W QCCS 8499990	Lampara halogena
	5025053	Motored 1710RPM 0.4W Lenze QCS	Motor desplazamientc
	5072711	Tarjeta Distribuidora 56002158-10	Tarjeta carrier distribu
	5087490	Baliza QCS Schneider Eleccttric XV82B3	Baliza
	5087491	Baliza QCS Schneider Electric XVBC2B4	Baliza
	5025017	Barra Antiest Simco QMC4KV_QCS 17x1.09 MM	Barra antiestatica
	5072712	Botonera Control QCS P/N H87.557179	botonera OPBX
	5072715	Cadena Portacable Inf QCS P/N H84.253412	PowerTrack Inferior
	5025030	Control Variador Lenze E82ZAFCS_QCS	Variador Lenze
	5025001	Correa Dent38MM LL-H-150_QCS	Correa Dentada
	5025031	Display Variador Lenze E82ZBC_QCS	Variador Lenze
	5025057	Extractor Aire 24VDC 17.5KW EBMPAP5T QCS	Ventilador cabezales
	5025009	Fuente 2.5A 24V Phonenix contct QCS	Fuente de alimentac
	5025015	Modulo ESD GMBH D. IN CAN-CBM-DI08_QCS	desconocido
	5025016	Modulo de Servicio QCS P/N 56002129-100	desconocido
	9000589	Motored 1710RPM 0.4W Lenze QCS	Motor de desplazamie

- Informes. La generación automática de informes es uno de los beneficios más notorios de un SI. Contar con la información correcta en el momento requerido se convierte en una necesidad de todo departamento de mantenimiento. Por lo anterior, el proceso de informes debe generar automáticamente los documentos para las atenciones remotas según la figura 7 del capítulo 5.

**9.3.3 Modulo de contratos.** Este módulo cuenta con los procesos correspondientes al seguimiento de los contratos de mantenimiento outsourcing, con el fin de evitar incurrir en incumplimiento de las cláusulas contractuales o generar gastos extras en la ejecución de los mismos.

- Contratos. El primer proceso tiene la funcionalidad de ingresar los contratos de Semcon, con sus respectivas características, entre ellas los días de visitas programadas, los días de visitas de emergencia y la fecha de inicio del contrato (se asume que los contratos son anuales). En la figura 23 se muestra los datos de entrada para el proceso de contratos.

Figura 23. Entradas para el proceso de contratos

**Agregar contrato**

**Cliente:**  **Fecha inicio:**  **Días de visita:**  **Días de emergencia:**

**Observación:**

- Visitas. Este proceso se encarga de procesar las visitas realizadas a los clientes, ya sean programadas o de emergencia, y a su vez actualiza los indicadores de control de contratos. Las entradas del proceso de visitas se muestran en la figura 24.

Figura 24. Entradas del proceso de visitas

**Agregar visita**

**Cliente:**  **Asistente a la visita:**  **Fecha de inicio de visita:**

**Días de visita:**  **Tipo de visita:**  **Observación:**

Al realizarse el procesamiento de los datos de entrada, por parte de los dos procesos que componen el módulo de contratos, se obtienen los indicadores de contratos, además, se tiene los detalles de las visitas (asistente, fechas, días, orden de trabajo de la visita). Los detalles de las salidas del módulo de contratos se muestran en la figura 25.

Figura 25. Salidas del módulo de contratos

**Busqueda por cliente**

Buscar

**Datos del contrato:**

Cerrar

Cliente:

fecha de inicio: 01/01/2018

Estado: actual

Número de visitas: 4

Dias por visita: 3

Número de emergencia: 2

Dias por emergencia: 2

Dias Faltantes: 3

Dias Emergencia Faltan: 4

**Visitas realizadas:**

Cliente:	OT:	Inicio:	Dias:	Asistente:
		22/10/2017	2	Nerio Zamora
	4	31/03/2018	3	Erick Espitia
	9	05/07/2018	4	Erick Espitia

**9.3.4 Modulo de dashboard.** El objetivo principal de este módulo es desplegar la información disponible, de una manera gráfica, fácil de entender por el usuario; la información desplegada se compone básicamente de los indicadores sugeridos en el capítulo 8. Las entradas de este módulo son las fechas de filtrado de la información y filtrado por cliente, ya que el cálculo de los indicadores se realiza automáticamente, con una frecuencia mensual. Es de suma importancia desplegar la evolución de los indicadores a lo largo del tiempo, para esto se requiere que la base de datos no presente datos corruptos.

Figura 26. Graficas de atención remota

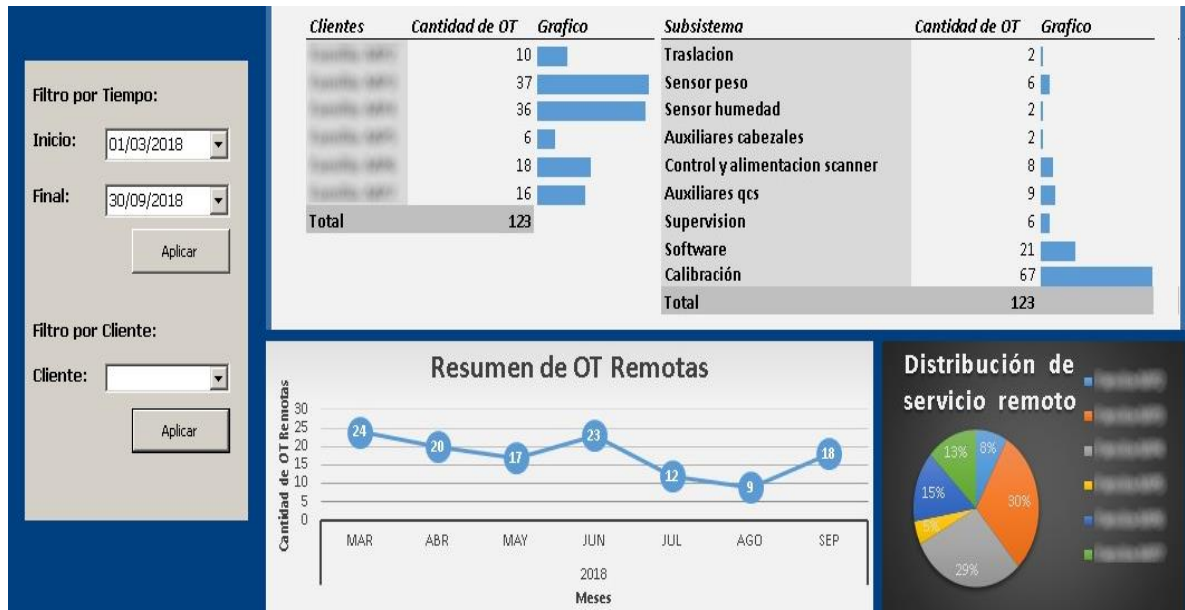


Figura 27. Grafica de tiempos de respuesta y solución.

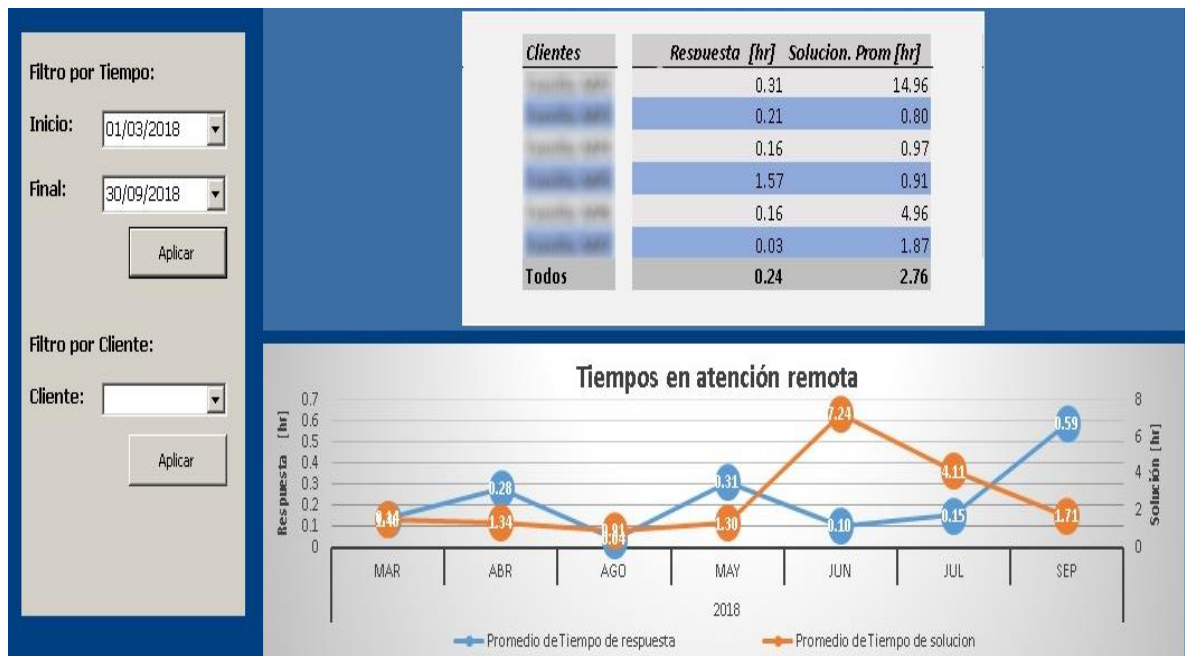
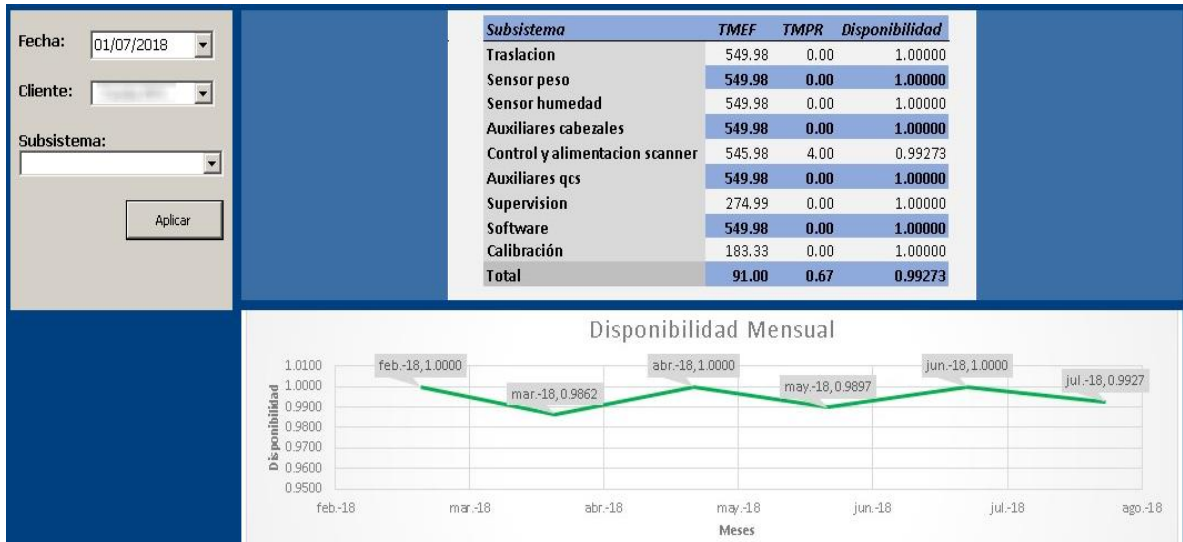


Figura 28. Grafica de disponibilidad.



Como se mencionó anteriormente, el planteamiento inicial del SI se realiza en una plataforma sencilla, con capacidad limitada de procesamiento y almacenamiento, pero con una simpleza de programación que permite tener resultados de implementación a corto plazo. Para una implementación a largo plazo, se debe analizar la emigración de los datos a otra plataforma capaz de procesar y almacenar los datos del departamento de mantenimiento de Semcon.

## 10. CONCLUSIONES

Mediante un cuestionario, se realizó una auditoria al departamento de servicio técnico de la empresa Servicios Especializados de Medición y Control Ltda – SEMCON LTDA, encontrando los puntos débiles del departamento, y poder así plantear una ruta de mejora. La empresa no cuenta con un correcto manejo de la información, lo que conlleva a fallas en la ejecución de las actividades de mantenimiento, afectando directamente los clientes con contrato de mantenimiento outsourcing.

SEMCON LTDA cuenta con un personal altamente calificado para realizar las labores de mantenimiento. Se dispone de personal con una gran experiencia y personal con una experiencia media, se debe trabajar en la transferencia del conocimiento, para evitar sobrecarga laboral en unos pocos miembros del grupo técnico.

La falta de documentación estándar de los equipos, procedimiento y formatos, provocan pérdida de la información y dificultades en el análisis de la misma. Por lo anterior, se diseñaron formatos que recopilen la información necesaria de los equipos a mantener, con el fin de disminuir tiempos de análisis de datos y tiempos de respuesta ante solicitudes de mantenimiento.

Debido a que un QCS es un sistema complejo, donde intervienen componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y sistemas de cómputo, se realizó la taxonomía del equipo, basándose en la funcionalidad de sus componentes. A partir de la taxonomía, se realizó el análisis de criticidad de cada componente, poniendo especial atención en las consecuencias de una falla en el componente para el cliente. A partir de lo anterior, se pudo conocer los componentes más críticos y los que requieren mayor asignación de recursos, con el fin de reducir el impacto negativo de una avería.

Ejecutar un mantenimiento a equipo bajo la modalidad outsourcing requiere de un análisis especializado, el cual debe tener en cuenta varios factores del cliente y de la empresa ejecutante del mantenimiento. Por lo anterior, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para un sistema QCS, el cual tiene bajo consideración los aspectos determinantes del departamento de mantenimiento de Semcon, las

necesidades del departamento de producción del cliente y los requerimientos del departamento de mantenimiento del mismo.

La correcta selección de indicadores de gestión permite conocer el avance y la efectividad del plan de mantenimiento, además de brindar herramientas para la toma de decisiones sobre el mismo. Se seleccionaron una serie de indicadores de gestión, que relacionan los aspectos más críticos del mantenimiento ejecutado por Semcon, y permiten saber si los objetivos del mantenimiento se están cumpliendo, tanto para el cliente, como para Semcon.

Un sistema de información es una herramienta indispensable en un departamento de mantenimiento con las características de Semcon Ltda, el cual busca satisfacer las necesidades de un tercero. El sistema de información para Semcon debe tener en cuenta las características del mantenimiento ejecutado por el mismo, con especial atención en el cumplimiento de las cláusulas contractuales y los objetivos de disponibilidad del cliente.

## BIBLIOGRAFÍA

ARDILA MARÍN, Maria Isabel; MARTÍNEZ NIETO, Wilson; OLMOS VILLALBA, Luis. Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios. Institución Universitaria Pascual Bravo, Resultado de investigación, 2015.

BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, notas de clase, 2017.

CASTELLANOS ACEVEDO, Mauricio; GONZALEZ ROA, Ivan, Diseño de una propuesta para mejorar la confiabilidad eléctrica en la planta de Productos Familia sede Cajicá, UIS, Monografía de grado, 2010.

DÍAZ OCHOA, Alejandro, Modelo de gestión para pequeñas empresas de mantenimiento en outsourcing, UIS, Monografía de grado, 2007.

ESTUPIÑAN CEPEDA, Félix Andres; VILLAMIL SANCHEZ, Joaquín Ernesto. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Americana de Suelas, UIS, Trabajo de grado, 2016.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES, Normas de presentación para trabajo de grado, Bogotá 2008.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Díaz de Santos, 2003.

GONZALEZ JAIME, Isnardo, Seminario 1 Profundización bibliográfica, Universidad Industrial de Santander, notas de clase, 2017

GONZALEZ JAIME, Isnardo, Seminario 2 Monografía de especialización, Universidad Industrial de Santander, notas de clase, 2018.

Honeywell Measurex, Maintenance and Troubleshooting for the 2200-2 and -3 Scanners, 1996.

MESA GRAJALES, Dairo H; ORTIZ SANCHEZ, Yesid; PINZON, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento, Universidad Tecnológica de Pereira, Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo 2006.

NARANJO, Hernando. Planeación de mantenimiento, buenas prácticas. Acotepac, III Seminario Internacional de Operaciones de Maquinas Papeleras, notas de seminario, 2014.

PERTUZ COMAS, Alberto David. Principios de mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, notas de clase, 2018

PINILLA, Pablo. Sistemas de información en mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, notas de clase, 2017-2

Voith QCS Soluciones Tissue, presentación Favalle, Mayo 2014.

# **ANEXOS**

**ANEXO A. ENCUESTA DE AUDITORIA SEMCON LTDA**


<b>CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN SEMCON LTDA</b>		<b>AUSENTE</b>	<b>DEFICIENTE</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>OPTIMO</b>
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?				
2	¿Hay personal que pueda considerarse 'imprescindible' cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?				
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?				
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?				
5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?				
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?				
7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?				
8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de los sistemas mejoren?				
9	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de los sistemas (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc) mejoren?				
10	¿El personal de mantenimiento puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?				
11	¿El personal de mantenimiento puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?				
12	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc)?				
13	¿Se respeta el horario de entrada y salida?				
14	¿Se respeta la duración de los descansos?				
15	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?				
16	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?				
17	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?				

18	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?				
19	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?				
20	¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?				
21	¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?				
22	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?				
23	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?				
24	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?				
25	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?				
26	¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo?				
27	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?				
28	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?				
29	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?				
30	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?				
31	¿Los equipos de medida están calibrados?				
32	¿Existe un inventario de herramientas?				
33	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?				
34	¿El taller está situado en el lugar apropiado?				
35	¿Está limpio y ordenado su interior?				
36	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?				
37	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?				
38	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?				
39	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos?				
40	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?				
41	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?				
42	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?				
43	¿Se han analizado los fallos críticos de los sistemas?				
44	¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de los sistemas y/o a reducir sus consecuencias?				

45	¿El plan de mantenimiento se realiza?				
46	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?				
47	¿El número de averías repetitivas es bajo?				
48	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?				
49	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?				
50	¿Este sistema se utiliza correctamente?				
51	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?				
52	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?				
53	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?				
54	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de los sistemas?				
55	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?				
56	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?				
57	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?				
58	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?				
59	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?				
60	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?				
61	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?				
62	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?				
63	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?				
64	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?				
65	¿El personal cumple correctamente estas órdenes?				
66	¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?				
67	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?				
68	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?				
69	¿El sistema informático aporta información útil?				
70	¿El sistema informático aporta información fiable?				
71	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?				
72	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?				


73	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?				
74	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?				
75	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?				
76	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?				
77	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?				
78	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?				
79	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?				
80	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?				
81	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?				
82	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?				
83	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)?				
84	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?				
85	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?				
86	¿El número de OT de emergencia es bajo?				
87	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?				
88	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?				
89	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?				
90	¿El número de averías repetitivas es bajo?				
91	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?				
92	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?				
93	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?				
94	¿El gasto en repuestos es el adecuado?				
95	¿El gasto en repuestos está descendiendo?				

## ANEXO B. CODIFICACIÓN DE COMPONENTES QCS

	COMPONENTES CLIENTE
TRASLACIÓN	CONTROL Y ALIMENTACIÓN ESCÁNER
<i>Moto reductor</i> <i>Acople</i> <i>Encoder</i> <i>Polea tensora Superior</i> <i>Polea Tensora Inferior</i> <i>Rodamiento Polea tensora Superior</i> <i>Rodamiento Polea Tensora Inferior</i> <i>Rodamientos/Chumaceras eje principal</i> <i>Correa Superior</i> <i>Correa Inferior</i> <i>Guardapolvo Superior</i> <i>Guardapolvo Inferior</i> <i>Rodamientos desplazamiento Cabezal Superior</i> <i>Rodamientos desplazamiento Cabezal Inferior</i> <i>Riel Cabezal Superior</i> <i>Riel Cabezal Inferior</i> <i>Sensor Inductivo Limite LM</i> <i>Sensor Inductivo Limite LA</i> <i>Micro Switch Seguridad LM</i> <i>Micro Switch Seguridad LA</i> <i>Sensor Inductivo Inicio Limpieza</i> <i>Sensor anti atrapamiento Lado Yankee</i> <i>Sensor anti atrapamiento Lado Reel</i> <i>PowerTrack flexible Superior</i> <i>PowerTrack flexible Inferior</i> <i>Guardas garaje(tapas de inox)</i> <i>Bastidor</i> <i>Cabezales y garaje</i>	<i>Botonera Control Scanner LM</i> <i>Botonera Control Scanner LA</i> <i>Baliza LM</i> <i>Baliza LA</i> <i>Puesta a tierra</i> <i>Boquilla limpieza guardapolvo LM</i> <i>Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LM</i> <i>Boquilla limpieza guardapolvo LA</i> <i>Válvula Boquillas de limpieza guardapolvo LA</i> <i>Boquillas limpieza Gap entrada a garaje</i> <i>Válvula limpieza Gap entrada a garaje</i> <i>Switch flujo de agua a cabezal superior</i> <i>Switch flujo de agua a cabezal inferior</i> <i>Switch presión de aire</i> <i>Unidad de mantenimiento de aire</i> <i>Mangueras y acoples neumáticos</i> <i>Switch alimentación principal</i> <i>Piloto alimentación principal</i> <i>Relé de seguridad paro de emergencia</i> <i>Flujómetro aire presurización sensor de Peso base</i> <i>Borneras de conexión</i> <i>Módulo CAN SEB</i> <i>Relés auxiliares</i> <i>Cableado</i> <i>Variador de velocidad traslación</i> <i>Tarjeta electrónica "Switch board"</i> <i>Fuente de poder 24 VDC</i> <i>Transformador 220VAC/24VAC</i>
SENSOR PESO	AUXILIARES QCS
<i>Micro Switch Shutter Abierto</i> <i>Micro Switch Shutter Cerrado</i> <i>Cilindro Neumático accionamiento Shutter</i> <i>Válvula accionamiento Shutter</i> <i>Cilindro Neumático accionamiento Flag</i> <i>Válvula accionamiento Flag</i> <i>Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Compresor chiller</i> <i>Condensador chiller</i> <i>Evaporador chiller</i> <i>Filtro Chiller</i> <i>Control Chiller</i> <i>Motor Bomba Chiller</i> <i>Motor ventilador condensador chiller</i>

<p>Tarjeta Fuente Poder</p> <p>Fuente Radioactiva</p> <p>Ventada Kapton Superior</p> <p>Ventada Kapton Inferior</p> <p>Sello cabezal</p> <p>Conexiones ODU</p> <p>Barra Cortina de aire</p> <p>Sensor eje Z</p> <p>Reed switch separación cabezales</p>	<p>Tanque de agua chiller</p> <p>Motor Blower</p> <p>Filtro de aire blower</p> <p>Indicador presión diferencial blower</p> <p>Tuberías de agua</p> <p>Tuberías de aire</p>
<b>AUXILIARES CABEZALES</b>	<b>SUPERVISIÓN</b>
<p>Fotoceldas detección borde de hoja</p> <p>Reflectivo fotocelda detección borde de hoja</p> <p>Sensor AirGap Superior</p> <p>Sensor AirGap Inferior</p> <p>Ventilador Superior</p> <p>Ventilador Inferior</p> <p>Barra antiestática Superior</p> <p>Barra antiestática Inferior</p> <p>Fuente de alta barras antiestática Superior</p> <p>Fuente de alta barras antiestática Inferior</p> <p>Tarjetas Electrónica de Distribución</p> <p>Mangueras neumáticas shutter</p> <p>Mangueras neumáticas Barra cortina de aire</p> <p>Mangueras neumáticas Presión positiva sensor Peso</p> <p>Mangueras neumáticas Presión positiva sensor humedad</p> <p>Mangueras agua refrigeración Entrada</p> <p>Mangueras agua refrigeración Salida</p> <p>Intercambiadores de calor sensor de Peso Base</p> <p>Intercambiadores de calor sensor de Humedad</p> <p>Guardas cabezal superior</p> <p>Guardas cabezal inferior</p> <p>Cables planos sensores</p> <p>Reed switch separación cabezales</p>	<p>PC OP</p> <p>Monitor OP</p> <p>Mouse OP</p> <p>Teclado OP</p> <p>PC OnView</p> <p>PC Servidor de medición</p> <p>Switch KVM</p> <p>Monitor Switch KVM</p> <p>Mouse Switch KVM</p> <p>Teclado Switch KVM</p> <p>Switch de red</p> <p>Cables de red</p> <p>PLC QCS</p> <p>Batería PLC</p> <p>Switch principal alimentación</p> <p>Lámpara Gabinete</p> <p>Filtros de aire de los PCs</p> <p>Gabinete</p>
	<b>SENSOR HUMEDAD</b>
	<p>Cabezal superior Reflectivo</p> <p>Ventana Cabezal Inferior</p> <p>Motor rueda de Filtros</p> <p>Filtros</p> <p>Tarjetas Electrónicas</p> <p>Tarjeta Fuente Poder</p> <p>Sensor PBs</p> <p>Lámpara Halógena</p> <p>Sello cabezal</p> <p>Conexiones ODU</p>

**ANEXO C. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE COMPONENTES QCS**

 <b>EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE COMPONENTES QCS</b>												
COMPONENTE	FRECUEN CIA	FUNCIO NALIDAD	P. MAQUIN A	T. REPAR ACIÓN	N. TÉCNI CO	COST OS	PROV EEDO R	C. Produ ccion	C. Costo s	C. Total	C. Total %	Criticid ad
Fuente de poder 24VDC	1	8	1	1	1	4	1.2	8	4.8	12.8	7.57	<b>7.57</b>
Tarjeta fuente de poder peso	1	8	1	2	2	4	1.5	32	6	38	22.49	<b>22.49</b>
Motor rueda de filtros	2	5	1	3	2	5	1.5	30	7.5	37.5	22.19	<b>44.38</b>
Tarjeta fuente poder humedad	1	5	1	2	2	4	1.5	20	6	26	15.38	<b>15.38</b>
Barra antiestática superior	1	3	1	3	2	3	1.5	18	4.5	22.5	13.31	<b>13.31</b>
Barra antiestática inferior	1	3	1	3	2	3	1.5	18	4.5	22.5	13.31	<b>13.31</b>
Fuente de alta antiestática superior	1	3	1	3	2	4	1.5	18	6	24	14.20	<b>14.20</b>
Fuente de alta antiestática inferior	1	3	1	3	2	4	1.5	18	6	24	14.20	<b>14.20</b>
Tarjeta electrónica de distribución	1	8	1	2	2	4	1.5	32	6	38	22.49	<b>22.49</b>
Switch flujo de agua a cabezal superior	5	8	1	1	1	2	1.5	8	3	11	6.51	<b>32.54</b>
Switch flujo de agua a cabezal inferior	5	8	1	1	1	2	1.5	8	3	11	6.51	<b>32.54</b>
Switch presión de aire	5	8	1	1	1	2	1.2	8	2.4	10.4	6.15	<b>30.77</b>
Switch alimentación principal	1	8	1	1	1	1	1.2	8	1.2	9.2	5.44	<b>5.44</b>
Transformador 220VAC/24VAC	1	3	1	1	1	2	1.2	3	2.4	5.4	3.20	<b>3.20</b>
Batería PLC	3	6	1	2	1	1	1.2	12	1.2	13.2	7.81	<b>23.43</b>
Reed switch separación cabezales	2	8	1	2	1	2	1.5	16	3	19	11.24	<b>22.49</b>
Reed switch separación cabezales peso	1	8	1	3	2	2	1.5	48	3	51	30.18	<b>30.18</b>
Riel cabezal superior	1	8	2	5	2	6	1.5	160	9	169	100.0	<b>100.00</b>
Riel cabezal inferior	1	8	2	5	2	6	1.5	160	9	169	100.0	<b>100.00</b>
Limit switch LM	1	8	1.2	2	2	3	1.5	38.4	4.5	42.9	25.38	<b>25.38</b>
Limit switch LA	1	8	1	2	2	3	1.5	32	4.5	36.5	21.60	<b>21.60</b>
Micro switch shutter abierto	1	8	1	3	2	1	1.5	48	1.5	49.5	29.29	<b>29.29</b>
Micro switch shutter cerrado	1	8	1	3	2	1	1.5	48	1.5	49.5	29.29	<b>29.29</b>
Modulo CAN SEB	1	8	1	4	2	4	1.5	64	6	70	41.42	<b>41.42</b>

Cableado	2	8	1	5	2	5	1.5	80	7.5	87.5	51.78	<b>103.55</b>
PC OnV	4	6	1	4	2	5	1.2	48	6	54	31.95	<b>127.81</b>
PC OnQ	4	8	1	4	2	5	1.2	64	6	70	41.42	<b>165.68</b>
PC EOS	4	6	1	4	2	5	1.2	48	6	54	31.95	<b>127.81</b>
Sensor inductivo embrague superior	5	8	1	3	2	2	1.5	48	3	51	30.18	<b>150.89</b>
Sensor inductivo embregue inferior	5	8	1	2	2	2	1.5	32	3	35	20.71	<b>103.55</b>
Boquillas de limpieza	1	3	1	1	1	1	1.5	3	1.5	4.5	2.66	<b>2.66</b>
Ventilador superior	4	3	1	2	1	3	1	6	3	9	5.33	<b>21.30</b>
Ventilador inferior	4	3	1	2	1	3	1	6	3	9	5.33	<b>21.30</b>
Rodamientos guías guardapolvo	3	3	1.2	3	2	1	1.2	21.6	1.2	22.8	13.49	<b>40.47</b>
Rodamientos tensores guardapolvo	3	3	1.2	3	2	1	1.2	21.6	1.2	22.8	13.49	<b>40.47</b>
Intercambiadores sensor Humedad	1	4	1	3	2	3	1.5	24	4.5	28.5	16.86	<b>16.86</b>
Intercambiadores sensor peso	1	3	1	3	2	3	1.5	18	4.5	22.5	13.31	<b>13.31</b>
Guías guardapolvo	3	3	1.2	3	2	1	1.2	21.6	1.2	22.8	13.49	<b>40.47</b>
Tensores guardapolvo	3	3	1.2	3	2	1	1.2	21.6	1.2	22.8	13.49	<b>40.47</b>
Powertrack superior	2	8	2	5	2	6	1.5	160	9	169	100.0	<b>200.00</b>
Powertrack inferior	2	8	2	5	2	6	1.5	160	9	169	100.0	<b>200.00</b>
Correa superior	2	8	1.8	5	2	4	1.5	144	6	150	88.76	<b>177.51</b>
Correa inferior	2	8	1.6	5	2	4	1.5	128	6	134	79.29	<b>158.58</b>
Encoder	2	8	1	4	1	4	1.5	32	6	38	22.49	<b>44.97</b>
Moto reductor	3	8	1	4	1	5	1.5	32	7.5	39.5	23.37	<b>70.12</b>
Conexiones ODU humedad	2	5	1	4	2	1	1.5	40	1.5	41.5	24.56	<b>49.11</b>
Conexiones ODU peso	2	8	1	4	2	1	1.5	64	1.5	65.5	38.76	<b>77.51</b>
Fotoceldas	2	7	1	2	1	4	1.5	14	6	20	11.83	<b>23.67</b>
Polea tensora superior	2	8	1.4	3	2	4	1.5	67.2	6	73.2	43.31	<b>86.63</b>
Polea tensora inferior	2	8	1.2	3	2	4	1.5	57.6	6	63.6	37.63	<b>75.27</b>
Rodamientos/chumaceras eje principal	2	8	2	5	2	6	1.5	160	9	169	100.0	<b>200.00</b>
Anti atrapamiento lado yankee	4	8	1	2	1	4	1.5	16	6	22	13.02	<b>52.07</b>
Anti atrapamiento lado reel	4	8	1	2	1	4	1.5	16	6	22	13.02	<b>52.07</b>
Lámpara halógena	3	5	1	2	1	2	1.5	10	3	13	7.69	<b>23.08</b>

Guardapolvo superior	5	3	1.2	2	2	3	1.5	14.4	4.5	18.9	11.18	<b>55.92</b>
Rodamientos polea tensora inferior	3	8	1.2	3	2	1	1.2	57.6	1.2	58.8	34.79	<b>104.38</b>
Ventana kapton inferior	3	8	1	1	1	3	1.5	8	4.5	12.5	7.40	<b>22.19</b>
Ventana kapton superior	3	8	1	1	1	3	1.5	8	4.5	12.5	7.40	<b>22.19</b>
EPM Drive	4	8	1	2	1	1	1	16	1	17	10.06	<b>40.24</b>
Rodamientos polea tensora superior	3	8	1.4	3	2	1	1.2	67.2	1.2	68.4	40.47	<b>121.42</b>
Fuente PC OnV	2	6	1	2	1	2	1	12	2	14	8.28	<b>16.57</b>
Fuente PC EOS	2	6	1	2	1	2	1	12	2	14	8.28	<b>16.57</b>
Fuente PC OnQ	2	8	1	2	1	2	1	16	2	18	10.65	<b>21.30</b>
Cilindro neumático shutter	2	8	1	3	2	2	1.5	48	3	51	30.18	<b>60.36</b>
Cilindro neumático flag	2	8	1	3	2	2	1.5	48	3	51	30.18	<b>60.36</b>
Discos duros OnQ	3	8	1	4	2	2	1	64	2	66	39.05	<b>117.16</b>
Discos duros EOS	3	6	1	4	2	2	1	48	2	50	29.59	<b>88.76</b>
Discos duros OnV	3	6	1	4	2	2	1	48	2	50	29.59	<b>88.76</b>
Rodamientos desplazamiento C.S	4	8	1.6	4	2	1	1.2	102.4	1.2	103.6	61.3	<b>245.21</b>
Rodamientos desplazamiento C.I	4	8	1.6	4	2	1	1.2	102.4	1.2	103.6	61.3	<b>245.21</b>
Guardapolvo inferior	5	3	1.2	2	2	3	1.5	14.4	4.5	18.9	11.18	<b>55.92</b>
Botonera Control Scanner	5	8	1	1	1	1	1.2	8	1.2	9.2	5.44	<b>27.22</b>
Cables de red	2	6	1	2	1	1	1.2	12	1.2	13.2	7.81	<b>15.62</b>
Mangueras agua refrigeración	3	8	1	2	1	1	1	16	1	17	10.06	<b>30.18</b>
Mangueras neumáticas cortina de aire	2	3	1	2	1	1	1	6	1	7	4.14	<b>8.28</b>
Mangueras neumáticas presión S.H	2	4	1	2	1	1	1	8	1	9	5.33	<b>10.65</b>
Mangueras neumáticas presión S.P	2	3	1	2	1	1	1	6	1	7	4.14	<b>8.28</b>
Mangueras neumáticas shutter	2	8	1	2	1	1	1	16	1	17	10.06	<b>20.12</b>
Relé de seguridad paro de emergencia	3	8	1	2	1	3	1.2	16	3.6	19.6	11.60	<b>34.79</b>
Relés auxiliares	3	8	1	2	1	2	1.2	16	2.4	18.4	10.89	<b>32.66</b>
Sensor eje Z	2	7	1	3	2	4	1.5	42	6	48	28.40	<b>56.80</b>
Válvula accionamiento Flag	1	8	1	3	2	3	1.5	48	4.5	52.5	31.07	<b>31.07</b>
Válvula accionamiento Shutter	1	8	1	3	2	3	1.5	48	4.5	52.5	31.07	<b>31.07</b>
Válvula Boquillas de limpieza LA	2	3	1	2	1	2	1.2	6	2.4	8.4	4.97	<b>9.94</b>

<b>Válvula Boquillas de limpieza LM</b>	2	3	1	2	1	2	1.2	6	2.4	8.4	4.97	<b>9.94</b>
<b>Válvula limpieza Gap entrada a garaje</b>	2	3	1	2	1	2	1.2	6	2.4	8.4	4.97	<b>9.94</b>
<b>Variador de velocidad traslación</b>	1	8	1	2	1	5	1.5	16	7.5	23.5	13.91	<b>13.91</b>