

MODELO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA
ASCENSOR DE DISCAPACITADOS HIDRÁULICO DE LA EMPRESA
ASCENSORES FEMM SAS.

JAVIER LEONARDO HERNANDEZ AVENDAÑO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2015

MODELO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA
ASCENSOR DE DISCAPACITADOS HIDRÁULICO DE LA EMPRESA
ASCENSORES FEMM SAS.

JAVIER LEONARDO HERNANDEZ AVENDAÑO

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de
Especialista en gerencia de mantenimiento

Director: CHRISTIAN ESPINEL
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1 ASPECTOS GENERALES	16
1.1 MARCO CONTEXTUAL	16
1.1.1 Descripción de la empresa	18
1.1.2 Departamento de mantenimiento	18
1.1.3 Características del mantenimiento post-venta	19
1.1.3.1 Mantenimiento por garantía.	19
1.1.3.2 Mantenimiento por contrato.	19
1.1.4 Falencias del departamento de mantenimiento.	20
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo general	21
1.2.2 Objetivos específicos	21
1.2 JUSTIFICACIÓN	22
2. MARCO TEORICO	26
2.1 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	26
2.1.1 Actividades de planeación	27
2.1.1.1 Filosofía del mantenimiento	27
2.1.1.2 Pronostico de la carga de mantenimiento	29
2.1.1.3 Planeación de la capacidad de mantenimiento.	30
2.1.1.4 Organización del mantenimiento.	30
2.1.1.5 Programa de mantenimiento.	30
2.1.2 Actividades de organización	31
2.1.2.1 Diseño del trabajo.	31
2.1.2.2 Estándares de tiempo.	32
2.1.2.3 Administración de proyectos.	32
2.1.3 Actividades de control	33
2.1.3.1 Control de trabajos.	33

2.1.3.2 Control de inventarios.	33
2.1.3.3 Control de costos.	34
2.1.3.4 Control de calidad.	34
2.2 OPERACIONES Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO	35
2.3 CICLO DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO	35
2.4 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO	37
2.4.1 Diseño de la orden de trabajo	38
2.4.2 Flujo del sistema de órdenes de trabajo	39
2.4.3 Conservación de registros	40
2.4.3.1 Reporte de trabajo.	40
2.4.4 Hoja de historia del equipo	41
2.5 ESTRUCTURA DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO	42
2.6 RCM.	44
2.6.1 Mantenimiento y rcm.	46
2.6.2 Las siete preguntas básicas de rcm.	47
3 ASCENSORES PARA DISCAPACITADOS	48
3.1 ASCESORES HIDRÁULICOS.	48
3.1.1 Características.	49
4 ANALISIS DESDE LA METODOLOGIA RCM	52
4.1 TAXONOMIA	52
4.2 SISTEMA HIDRAULICO	52
4.2.1 Entradas.	53
4.2.2 Salidas	53
4.2.3 Componentes.	54
4.2.3.1 Tanque.	54
4.2.3.2 Filtro de succión.	55
4.2.3.3 Bomba.	56
4.2.3.4 Acople.	57
4.2.3.5 Motor eléctrico.	58
4.2.3.6 Bloque de válvulas.	59

4.2.3.7 Válvula de control de flujo.	61
4.2.3.8 Cilindro hidráulico.	62
4.2.4 Definición de funciones del sistema hidráulico	63
4.3 SISTEMA ELECTRICO	88
4.3.1 Entradas	88
4.3.2 Salidas	89
4.3.3 Componentes	90
4.3.4 Definición de funciones para el sistema eléctrico	92
4.4 SISTEMA DE GUIAS	98
4.4.1 Entradas	98
4.4.2 Salidas	98
4.4.3 Componentes	99
4.4.3.1 Guías.	99
4.4.3.2 Uniones de guías.	100
4.4.3.3 Aceiteras de lubricación.	101
4.4.4 Definición de funciones del sistema de guías	102
4.5 SISTEMA DE SEGURIDAD	105
4.5.1 Entradas	105
4.5.2 Salidas	106
4.5.3 Componentes	106
4.5.3.1 Freno paracaídas.	106
4.5.3.2 Sensores de puerta	107
4.5.3.3 Imanes de puerta.	107
4.5.3.4 Traba mecánica.	108
4.5.4 Definición de funciones del sistema de seguridad	108
4.6 SISTEMA DE SUSPENSIÓN	113
4.6.1 Entradas	113
4.6.2 Salidas	113
4.6.3 Componentes.	113
4.6.3.1 Cables.	113

4.6.3.2 Polea de reenvió.	114
4.6.3.3 Eje de polea.	114
4.6.4 Definición de funciones del sistema de suspensión	114
5 MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO SEGÚN LA METODOLOGIA RCM.	116
5.1 PROCESO DE DECISION.	116
5.2 SISTEMA HIDRAULICO	119
5.2.1 Hoja de decisión sistema hidráulico	119
5.3 SISTEMA ELECTRICO	125
5.3.1 Hoja de decisión sistema eléctrico	125
5.4 SISTEMA DE GUIAS	128
5.4.1 Hoja de decisión sistema de guías	128
5.5. SISTEMA DE SEGURIDAD	129
5.5.1 Hoja de decisión sistema de seguridad	129
5.6 SISTEMA DE SUSPENSION	131
5.6.1 Hoja de decisión sistema de suspensión	131
5.7 CONSIDERACIONES ESPECIALES	133
6 CONCLUSIONES	134
BIBLIOGRAFIA	135

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Fallas funcionales sistema hidráulico	65
Tabla 2. Componentes sistema eléctrico	90
Tabla 3. Fallas funcionales sistema eléctrico	93
Tabla 4. Fallas funcionales sistema de guías	103
Tabla 5. Fallas funcionales sistema de seguridad	107
Tabla 6. Fallas funcionales sistema de suspensión	115
Tabla 7. Hoja de decisión sistema hidráulico	119
Tabla 8. Hoja de decisión sistema eléctrico	125
Tabla 9. Hoja de decisión sistema de guías	128
Tabla 10. Hoja de decisión sistema de seguridad	129
Tabla 11. Hoja de decisión sistema de suspensión	131

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama hidráulico del ascensor.	49
Figura 2. Ascensor hidráulico de media cabina	50
Figura 3. Componentes generales ascensor hidráulico	51
Figura 4. Sistemas ascensor	52
Figura 5. Sistema hidráulico	54
Figura 6. Tanque unidad hidráulica	55
Figura 7. Catálogo de filtros OMT	56
Figura 8. Catálogo bomba hidráulica	57
Figura 9. Catálogo acoples OMT	58
Figura 10. Motor eléctrico unidad hidráulica	59
Figura 11. Diagrama hidráulico ascensor	60
Figura 12. Bloque de válvulas	61
Figura 13. Bloque de dos velocidades	61
Figura 14. Válvula de control de flujo	62
Figura 15. Cilindro hidráulico	63
Figura 16. Sistema eléctrico	89
Figura 17. Tablero eléctrico	90
Figura 18. Sistema de guías	99
Figura 19. Catálogo de guías	100
Figura 20. Unión de guías	101
Figura 21. Aceitera	102
Figura 22. Freno paracaídas	107
Figura 23. Imán de puerta	107
Figura 24. Traba mecánica	108
Figura 25. Polea de reenvío	114
Figura 26. Diagrama de decisión	116

Figura 27. Hoja de decisión	117
Figura 28. Tareas proactivas	118
Figura 29. Tareas a falta de..	118

RESUMEN

TITULO: MODELO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA ASCENSOR DE DISCAPACITADOS HIDRÁULICO DE LA EMPRESA ASCENSORES FEMM SAS.*

AUTOR: JAVIER LEONARDO HERNANDEZ AVENDAÑO**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, RCM, ORGANIZACIÓN, ASCENSOR, MODELO.

DESCRIPCION O CONTENIDO: En el presente trabajo, se presenta una propuesta de organización del departamento de mantenimiento de la empresa FEMM SAS. La cual pertenece al sector metalmecánico, y se dedica a la fabricación de ascensores para discapacitados, ascensores de carga y en general toda la gama de ascensores de baja velocidad. Con este trabajo se pretende establecer un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM para el departamento de mantenimiento de la empresa, que permita mejorar su desempeño, ya que actualmente la desorganización reinante impide que sus labores se desarrollen de manera eficiente; esto es importante porque el departamento de mantenimiento representa un ingreso substancial para la empresa. En primer lugar se dividirá el sistema general en subsistemas, para establecer las entradas y salidas a cada uno de ellos; luego se establecerá con base en dichas entradas y salidas, una tabla de funciones de cada sistema, así como de sub funciones y sus respectivos modos de falla o causas de falla, también dentro de dicha tabla se presentarán los efectos de las fallas y su evidencia dentro del funcionamiento del sistema. Finalmente para cada uno de los sistemas se presentará una tabla de decisión, donde se presenta la importancia de cada una de las fallas, y las tareas proactivas que se deben seguir en pro de evitar algún tipo de falla futura.

*Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico mecánicas escuela de ingeniería mecánica. Director Chistian Espinel.

ABSTRACT

TITLE: MANAGEMENT MODEL MAINTENANCE BASED IN RCM FOR HYDRAULIC LIFTS COMPANY FEMM SAS.*

AUTHOR: LEONARDO JAVIER HERNANDEZ AVENDAÑO**

KEYWORDS: MAINTENANCE, RCM, ORGANIZATION, LIFT MODEL.

DESCRIPTION: a proposed organization of the maintenance department of the company FEMM SAS is presented in this work. Which belongs to the engineering sector, and is dedicated to the manufacture of elevators for the disabled, freight elevators and generally the whole range of elevators slow speed. This work aims to establish a management system based maintenance RCM methodology for maintenance department of the company, trying to improve their performance, as currently the prevailing disorganization prevents its work to develop efficiently; This is important because the maintenance department represents a substantial income for the company. First place will divide the overall system into subsystems, to set the inputs and outputs each of them; then it is established based on those inputs and outputs, a function table of each system, as well as sub functions and their failure modes and causes of failure, also within this table the effects of failures will be presented and evidence in the system operation. Finally, for each of the systems a decision table, where the importance of each of the failures, and proactive tasks to be followed towards avoiding any kind of future failure occurs will be presented.

*Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico mecánicas escuela de ingeniería mecánica. Director Chistian Espinel.

INTRODUCCION

Hoy en día el tema la calidad de vida para las personas con movilidad reducida, comúnmente llamados discapacitados, es fundamental a la hora de generar proyectos nuevos orientados al servicio de las personas, como edificaciones, vías, instituciones, negocios, etc. Todo proyecto de los arriba mencionados, actualmente debe contemplar el aspecto del acceso a discapacitados y uno de los principales obstáculos es la definición de los elementos o sistemas que servirán para lograr este objetivo. FEMM SAS. Es una empresa dedicada a la fabricación de ascensores para discapacitados, y se concibió inicialmente con la misión de ayudar a solucionar estos problemas; y lo ha ido haciendo ya por más de 30 años, años en los que además de fabricar estos equipos, ha incursionado en otros rubros relacionados, como son los equipos de carga y puente grúas. La empresa no solo fabrica los equipos, también ofrece el servicio de mantenimiento post-venta para ellos, a través de un programa de mantenimiento que se ofrece a los clientes una vez adquieren un equipo, y que representa un ingreso adicional para la empresa una vez vendido el ascensor.

Actualmente el departamento de mantenimiento de FEMM SAS. Se ve envuelto en un alto nivel de desorganización, debido a su crecimiento paulatino, y a la falta de iniciativas de organización oportunas y adecuadas. Esto ha generado un elevadísimo costo de las operaciones y una pérdida de la eficiencia de las operaciones en sí.

Se necesita de carácter urgente organizar el departamento, con el fin además de hacerlo más eficiente, de saber cuál es el costo real de su operación, y en cuanto porcentaje está contribuyendo a las finanzas de la empresa.

En este trabajo se presenta una propuesta de organización para el departamento para lograr superar las dificultades que se presentan actualmente, y a futuro

asegurar su crecimiento, ya que el rubro del mantenimiento de ascensores se presenta como una buena opción de negocios en nuestro país.

Inicialmente se describe la empresa, y se presentan sus dificultades, también se describen los equipos que se fabrican, y que son el objeto en sí del mantenimiento; luego se presenta una propuesta de organización para el departamento mediante la implementación de la metodología RCM la cual se aplica a uno de sus equipos más relevantes; el ascensor para discapacitados hidráulico.

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 MARCO CONTEXTUAL

1.1.1 Descripción de la empresa

La empresa ascensores FEMM SAS, es una entidad que por más de 30 años se ha dedicado a la fabricación e importación de ascensores de carga y pasajeros; además de esto, también fabrica otros dispositivos para la elevación de carga a nivel industrial, como malacates, puente grúas y demás, en otras palabras FEMM SAS es una empresa que se dedica a proveer soluciones de transporte vertical.

FEMM SAS se ubica en la carrera 65ª # 5ª-10 en la ciudad de Bogotá.

www.ascensoresfemm.com

La empresa se divide en tres ramas principales, las cuales son: Nacionales, importados y puente grúas. A continuación se listan los productos ofrecidos por cada una de estas divisiones.

Nacionales:

- Ascensores para discapacitados
- Monta coches
- Ascensores monta platos
- Ascensores de carga
- Plataformas salva escaleras

Importados

- Ascensores de pasajeros
- Duplicadores de parqueadero
- Sillas salva escaleras
- Plataformas salva escaleras

Puente grúas.

- Puente grúas
- Malacates
- Brazos pescantes
- Ascensores industriales de gran capacidad.

Además dentro de los productos arriba mencionados, se presentan diferentes tipos de construcción, las cuales se listan a continuación:

- Hidráulico
- Contrapesado
- Tipo malacate
- De acción directa
- Con reenvío
- De uno o dos actuadores
- Con polipasto
- Otros

Cada una de estas configuraciones puede ser usada en todos los productos antes listados; por lo tanto al final podemos decir que FEMM SAS es una empresa con un catálogo de productos que puede llegar a los 70 modelos diferentes.

Actualmente FEMM SAS fabrica cada uno de estos modelos teniendo en cuenta las necesidades específicas de sus clientes; es decir “nos acomodamos a los requerimientos del cliente”. A diferencia de las empresas referentes en el gremio de los ascensores, FEMM SAS no exige requerimientos especiales de obra para la instalación de los ascensores, sino que se acomoda a lo que los clientes presentan en sus respectivas obras. Esta característica es la que ha permitido que la empresa permanezca en el mercado a pesar de la gran arremetida comercial de las grandes empresas, y en especial de las empresas chinas.

1.1.2 Departamento de mantenimiento

La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento, ubicado en el mismo nivel jerárquico que las otras divisiones ya descritas, y el cuál cumple dos funciones principales; una primera función referente a proveer el mantenimiento necesario a las maquinas equipos y locaciones de la planta de producción de la empresa, y otra función adicional, la cual consiste en proveer el mantenimiento necesario a los equipos vendidos por la empresa, y que se encuentran ya en poder de los clientes (Los compradores de dichos equipos).

Esta segunda función del departamento ocupa casi el 90% de sus actividades, pues la magnitud de los trabajos requeridos en esta área es muy grande, comparada con las exigencias de mantenimiento presentadas por la planta de producción. A esta segunda función del departamento de mantenimiento al llamaremos área de mantenimiento post-venta.

1.1.3 Características del mantenimiento post-venta

El mantenimiento post-venta ofrecido por FEMM SAS se presenta de dos maneras diferentes.

1.1.3.1 Mantenimiento por garantía. Una vez entregado un ascensor a un cliente, éste cuenta con un periodo de garantía de un año, durante el cual la empresa ofrece de manera gratuita, visitas periódicas de mantenimiento preventivo, y asistencia inmediata en casos de mantenimiento correctivo. El objetivo, es mantener el ascensor siempre en condiciones seguras de funcionamiento. Este servicio se ofrece como parte del producto vendido por la empresa a cada uno de sus clientes.

1.1.3.2 Mantenimiento por contrato. Una vez que el tiempo de garantía expira, el cliente (Dueño del ascensor), debe continuar haciendo el mantenimiento necesario al ascensor, para garantizar su funcionamiento, y su seguridad; sin embargo un alto porcentaje de los clientes, de FEMM SAS son edificios residenciales, casas, o simplemente industrias sin planes definidos de mantenimiento, razón por la cual simplemente no están en capacidad de realizar dichos trabajos.

Atendiendo a esta necesidad FEMM SAS ofrece el servicio de mantenimiento de los ascensores, ya sea a los equipos vendidos por la empresa, u otros equipos con características similares a los propios; este servicio se ofrece mediante la contratación anual de los servicios de mantenimiento, que incluye lo mismo que se ofrece en la garantía.

Este renglón provee casi el 50% de los ingresos de la empresa, y se constituye en el principal servicio ofrecido por FEMM SAS. Adicionalmente a esto, es un renglón

que día a día va aumentando su demanda, lo que ha permitido el surgimiento de pequeñas empresas que se constituyen en competencia para FEMM SAS.

1.1.4 Falencias del departamento de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento de FEMM SAS presenta actualmente grandes falencias en lo referente a su organización y funcionamiento, falencias estas que están produciendo grandes pérdidas monetarias, están produciendo mala imagen ante los clientes de la compañía y además han puesto en riesgo de accidente a los trabajadores del área. A continuación se listan algunas de las deficiencias que presenta el departamento:

- Falta de capacitación: tanto los administradores como los técnicos del departamento, carecen de la capacitación necesaria en lo referente a las tareas adecuadas para la realización del mantenimiento, lo cual ha impedido que de alguna forma traten de mejorar su rendimiento.
- Falta de información: el sistema de información es muy limitado, y tanto técnicos como administrativos, carecen de documentos que les permitan conocer las especificaciones de las tareas que se deben realizar a los diferentes equipos. Solo se cuenta con un formato de visita de mantenimiento y listados de clientes en Excel.
- Falta de procedimientos: los procedimientos utilizados para la atención de cada uno de los equipos, no están definidos por lo tanto cada técnico hace lo que cree conveniente, y generalmente un técnico desbarata lo que el otro ha hecho.
- Falta de control contable: Como no se han definido las tareas a realizar en los equipos, no se puede llevar un control detallado de los gastos que produce el funcionamiento del departamento, lo cual se ha prestado para la

desviación o mala apropiación de recursos, por parte de los funcionarios del departamento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión del mantenimiento para la empresa FEMM SAS, aplicando técnicas de mantenimiento RCM para ascensores de discapacitados de accionamiento hidráulico.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar los diferentes subsistemas que componen un ascensor para discapacitados hidráulico para los que se va a aplicar la metodología RCM.
2. Determinar las funciones principales y secundarias de cada uno de los subsistemas definidos.
3. Realizar los respectivos análisis de modo de falla y efectos para cada uno de los subsistemas.
4. Desarrollar la hoja de decisión del método RCM para definir las diferentes tareas tendientes a preservar la funcionalidad de los diferentes subsistemas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es necesario crear un sistema de gestión del mantenimiento, que permita mejorar la disponibilidad de los diferentes equipos que atiende la compañía, con miras a reducir los costos a nivel económico que se vienen presentando, y a crear procedimientos claros en lo referente al mantenimiento de los equipos que atiende el departamento para asegurar una solidez que permita subsistir frente a los retos que imponen las nuevas condiciones socio económicas que se viven hoy en día en el país.

La metodología RCM se plantea como una prueba piloto, en uno de los modelos de equipos, con el fin de identificar sus beneficios y a futuro implementarla en todos los productos de FEMM SAS.

A continuación se hace un análisis de la situación actual de la compañía, y especialmente de su departamento de mantenimiento.

Amenazas.

- Los clientes presentan grandes insatisfacciones debido a la incapacidad de la empresa de atenderlos a tiempo.
- Los empleados de FEMM SAS están corriendo riesgos, en el campo de la seguridad industrial a causa de la falta de seguimiento por parte del departamento.
- La competencia ha detectado oportunidades en los campos de acción que FEMM SAS ha dejado desatendidos; y han surgido nuevas empresas dedicadas a prestar el mismo servicio que FEMM SAS.

- Debido a la falta de rendimiento, FEMM SAS amenaza con liquidar el departamento de mantenimiento, y subcontratar todos los servicios que presta.

Debilidades.

- Los trabajos de mantenimiento son mediocres, o en algunos casos deficientes, debido a la falta de capacitación y procedimientos para la realización de los mismos.
- Hay grandes pérdidas de tiempo porque los equipos a mantener se encuentran en locaciones distantes a la compañía, y los desplazamientos se hacen largos y demorados; generalmente es necesario desplazarse a los sitios más veces de las adecuadas.
- Se pierde mucho dinero en el pago de viáticos por culpa de dichos desplazamientos.
- Hay demoras en la ejecución de las actividades, debido a la no disponibilidad de repuestos.
- No hay precisión en el cobro de honorarios referentes a los trabajos de mantenimiento; en algunas ocasiones se cobra muy poco, y en otras demasiado.
- No es posible controlar las actividades de los trabajadores, quienes muchas veces se evaden de sus labores sin que nadie se percate de ello.

Fortalezas.

- Por ser una fábrica de ascensores FEMM SAS cuenta con el KNOW HOW suficiente en lo referente al funcionamiento de ascensores, y es capaz de atender toda clase de situaciones que se presenten en el ramo.
- FEMM SAS es una empresa referente en el mercado de los ascensores nacionales, y sus acciones pueden condicionar las acciones de las empresas competidoras más pequeñas.
- FEMM SAS cuenta con los recursos necesarios para implementar un departamento de mantenimiento integral, que pueda prestar el servicio tanto a equipos nacionales como importados.
- A diferencia de sus competidores FEMM SAS es una empresa con conciencia ingenieril, que encamina todos sus procesos hacia la eficiencia, y cree en la ventajas que le ofrece su capital humano.

Oportunidades.

- Debido al crecimiento del renglón de la construcción y al nuevo boom de los edificios altos, el mercado de los ascensores se ha disparado en los últimos años; disparando también la necesidad de hacerles mantenimiento, mantenimiento que no puede ser ejecutado por las empresas internacionales, sino que debe ser ejecutado por empresas nacionales. En las que a la fecha, FEMM SAS se encuentra bien posicionada.
- Al mejorar el servicio prestado por FEMM SAS a sus propios clientes, no solo se logra un mayor vínculo con estos, sino que también pueden llegar a convertirse en patrocinadores de los equipos fabricados por la empresa.
- Al contar con un departamento de mantenimiento debidamente estructurado FEMM SAS puede generar vínculos directos con las grandes empresas de ascensores a nivel internacional, para prestar los servicios de mantenimientos de ascensores en nombre de ellas.

2 MARCO TEORICO

2.1 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

En la actualidad, las empresas se ven obligadas a competir entre sí por sus clientes, y el fundamento de esta competencia son sus productos, los clientes a nivel mundial exigen cada vez más altos estándares de calidad y grandes volúmenes de producción, la manufactura de clase mundial y los inventarios reducidos, se han impuesto como exigencias implícitas para lograr permanecer en el mercado.

Por esta razón las empresas se ven obligadas a tener grandes cantidades de maquinaria especializada, y a utilizar estrategias “just in time” para la realización de sus operaciones. Todo esto es posible si se puede garantizar la disponibilidad de tales equipos y si se puede lograr uniformidad en su funcionamiento, de manera que los productos que producen siempre cumplan con los estándares de calidad establecidos.

Por estas razones se hace indispensable contar con un programa de mantenimiento que garantice todos los aspectos antes expresados. El mantenimiento es el conjunto de actividades tendientes a lograr que los equipos realicen las funciones para las que fueron diseñados, ya sea manteniéndolos dentro de su nivel de funcionalidad o restableciendo este una vez que se ha perdido.

El mantenimiento funciona como un sistema, en el que todo el conjunto de componentes tiende a lograr el mismo objetivo, (arriba descrito) y que interactúan

entre sí con un conjunto de entradas y salidas, que permiten hacer un control óptimo de las operaciones, y lograr un funcionamiento óptimo del sistema. (No se debe confundir el funcionamiento del sistema con el funcionamiento de las máquinas).

Es importante pensar que el sistema de mantenimiento además de las maquinas que atiende, también debe hacerse mantenimiento a sí mismo.

2.1.1 Actividades de planeación

Las actividades de planeación generalmente constan de los siguientes elementos:

Filosofía del mantenimiento

Pronóstico de mantenimiento

Planeación de la capacidad de mantenimiento

Organización del mantenimiento

Programa de mantenimiento

2.1.1.1 Filosofía del mantenimiento. La filosofía del mantenimiento es básicamente contar con un mínimo de personal y recursos, que permitan garantizar la disponibilidad y seguridad de los equipos de la planta; para esto se pueden seguir diferentes estrategias. Aquí se muestran las más importantes.

Mantenimiento correctivo. Es el mantenimiento que se realiza cuando el equipo deja de ser funcional, es decir cuando falla, este tipo de mantenimiento solo se justifica cuando otros tipos de mantenimiento son muy costosos para los propósitos de la máquina. No es posible programar esta clase de actividades de mantenimiento, aunque si se puede planear de manera anticipada, teniendo las refacciones necesarias listas para cuando se presente la falla. Esta clase de mantenimiento es común en equipos eléctricos y electrónicos.

Mantenimiento preventivo. Es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales; puede realizarse con base al uso o a las condiciones del equipo. El mantenimiento planeado con base en el uso, se lleva a cabo de acuerdo al número de horas de trabajo del equipo, o a un calendario de trabajo establecido. Esta clase de mantenimiento requiere un alto nivel de planeación, y las labores a realizar deben ser conocidas, así como sus frecuencias.

En el mantenimiento basado en condiciones, se utilizan herramientas especiales para vigilar parámetros importantes de funcionamiento del equipo, que cambian de acuerdo a la condición de este. A esta clase de mantenimiento también se le conoce como mantenimiento predictivo.

Mantenimiento de oportunidad. Como su nombre lo indica, en esta clase de mantenimiento, se aprovecha la oportunidad para hacer al mantenimiento, ya sea una parada de planta u otra situación que permita hacer el mantenimiento. En esta clase de mantenimiento es fundamental que las labores a ejecutar sean conocidas, de manera que no se generen retrasos al reinicio programado de los procesos de planta.

Mantenimiento de detección de fallas. Es un acto programado de inspección de fallas, con el fin de evaluar el nivel de presencia de fallas ocultas en el sistema. Un ejemplo muy típico de esto es la inspección de la llanta de repuesto de un vehículo.

Modificación del diseño. Se realiza para hacer que el equipo alcance cierta condición deseable ahora; este tipo de mantenimiento implica la intervención de otros departamentos, como el departamento de ingeniería.

Reparación general. Es una evaluación general de todos los componentes del equipo, para restablecerlo a su condición deseada. Generalmente es una tarea de gran envergadura que implica el desmonte total del equipo.

Reemplazo. Cuando es más conveniente reemplazar el equipo que darle mantenimiento; puede ser planeado, o debido a una falla.

2.1.1.2 Pronóstico de la carga de mantenimiento. Es el proceso mediante el cual se predice la carga de mantenimiento; ya sea por edad de uso de los equipos o por condiciones, también influyen otros factores como la calidad de los trabajos de mantenimiento, los factores climáticos o simplemente otros factores que pueden hacer que dicha carga de mantenimiento se presente de manera aleatoria.

El pronóstico de la carga de mantenimiento es esencial para determinar la eficacia del mantenimiento, los recursos necesarios y demás factores que permiten realizar bien las funciones de mantenimiento.

2.1.1.3 Planeación de la capacidad de mantenimiento. La planeación de la capacidad de mantenimiento determina los recursos necesarios para la realización de los trabajos, como mano de obra, insumos refacciones etc.; está determinada por la carga de mantenimiento, la cual se debe cubrir de manera eficiente, ya que si se presupuestan muy pocos recursos para atender la carga de mantenimiento, se puede llegar a dejar trabajos pendientes, los cuales será necesario cubrir mediante el uso de recursos adicionales como trabajo en horas extras o contratistas. Por el contrario, es posible haber determinado una carga de mantenimiento menor a la capacidad presupuestada, lo cual se puede mitigar con la realización de trabajos pendientes, pero que también afecta la eficiencia de las funciones de mantenimiento.

2.1.1.4 Organización del mantenimiento. Dependiendo de la carga de mantenimiento, se puede organizar el departamento de mantenimiento de manera que se puedan atender todos los requerimientos en forma oportuna, ya sea de manera central o en forma descentralizada. Esta segunda forma permite atender de manera más rápida los requerimientos de mantenimiento de la planta pero puede generar cierto grado de desorganización.

2.1.1.5 Programa de mantenimiento. La programación del mantenimiento es el proceso de asignación de recursos, personal y tiempos para la realización de las labores de mantenimiento. Es muy necesario asegurar que tanto trabajadores como insumos y refacciones piezas y demás se encuentren disponibles en el momento de la realización del trabajo; es decir en el momento que está programado. En lo referente a equipos críticos, donde se pueda poner en riesgo la producción de la planta, o donde se puedan generar peligros para la seguridad de las personas, se debe dar prioridad, y se deben atender antes de atender otras labores.

Los requerimientos de mantenimiento pueden variar con el tiempo, y muchas veces o hacen de manera aleatoria, por lo tanto los programas de mantenimiento deben ser susceptibles de ser revisados, y modificados de acuerdo a las exigencias de la planta. La calidad de los trabajos de mantenimiento influye mucho en el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento así como su capacidad de adaptación.

2.1.2 Actividades de organización

La organización de un sistema de trabajo incluye lo siguiente:

Diseño del trabajo

Estándares de tiempo

Administración de proyectos.

Se sabe que los sistemas de mantenimiento fluyen en torno a la orden de trabajo, estas órdenes de trabajo describen la ubicación del trabajo, habilidades requeridas, descripción y prioridad del trabajo entre otras.

2.1.2.1 Diseño del trabajo. Se refiere al contenido del trabajo, determina el método que se va a utilizar, las herramientas y habilidades de los trabajadores que lo van a llevar a cabo.

2.1.2.2 Estándares de tiempo. Una vez diseñado el trabajo de mantenimiento, es necesario determinar el tiempo en que debe ser realizado. Es absolutamente importante determinar estándares de tiempo realistas con el fin de maximizar la eficacia del mantenimiento y de evitar al máximo las posibles paradas de planta.

También es importante determinar cuáles trabajos de mantenimiento son los más importantes y demorados, pues se estima que aproximadamente el 20% de los trabajos consumen el 80% del tiempo; por lo tanto es pertinente aplicar técnicas de muestreo o diagramas ABC para determinar tales tiempos, y así priorizar lo más relevante, dejando de lado lo menos significativo.

2.1.2.3 Administración de proyectos. En caso de plantas grandes, donde se realizan trabajos de gran envergadura, o mantenimientos preventivos planeados en los cuales se debe parar gran parte de la planta, es necesario determinar muy bien el tiempo requerido para la realización de estos trabajos con el fin de minimizar los tiempos muertos, y es necesario hacer un seguimiento minucioso del avance de los trabajos.

La administración de proyectos implica el desarrollo de redes de actividades y el uso de técnicas como la de ruta crítica CPM y técnicas de evaluación y revisión de programas PERT, una vez se han desarrollado las estimaciones de tiempo para dichas actividades.

Deben tomarse acciones para suplir las deficiencias.

2.1.3 Actividades de control

El control en un sistema de mantenimiento implica lo siguiente:

Control de trabajos

Control de inventarios

Control de costos

Control de calidad.

2.1.3.1 Control de trabajos. El sistema de mantenimiento se pone en movimiento por la demanda de trabajos de mantenimiento. En la carga de trabajo de este tipo influye mucho la filosofía de mantenimiento. La administración y control del trabajo de mantenimiento es esencial para lograr los planes de trabajo establecido.

El corazón del sistema de control del mantenimiento es la orden de trabajo, la que al ser bien diseñada permite un efectivo control de los trabajos de mantenimiento.

2.1.3.2 Control de inventarios. Como se ha dicho anteriormente, es necesario contar con las refacciones y elementos necesarios para los trabajos de mantenimiento; pero es poco práctico y muy costoso lograr que tales refacciones lleguen en el momento preciso del trabajo de mantenimiento, por lo cual se tienen inventarios que permiten contar con ellas en el momento de su necesidad.

El sistema de control de inventarios se debe asegurar de preservar los niveles de refacciones en el inventario, de manera que no falten cuando se requieran, pero que tampoco sean un lucro cesante debido a su alto costo y prolongado periodo de estancia en el almacén.

2.1.3.3 Control de costos. El control de costos depende mucho de la filosofía de mantenimiento, normas y política de la administración. El control de costos optimiza todos los costos, logrando al mismo tiempo todos los objetivos que se ha impuesto el sistema de mantenimiento y la administración, como disponibilidad, porcentaje de calidad y otros factores importantes para la empresa en sí. El control de costos a nivel de mantenimiento, se presenta también como una ventaja competitiva de la empresa, con respecto a sus similares.

2.1.3.4 Control de calidad. La calidad es conocida también como aptitud para el uso, aunque en la actualidad esta definición se ha extendido hasta los mismos clientes, quienes son los que al final determinan si un producto es de calidad. Los trabajos de mantenimiento, además de tener una calidad propia que se refleja en el éxito de los programas de mantenimiento, también están directamente relacionados con la calidad de los productos que salen de la planta, pues de un buen sistema de mantenimiento de los equipos, se desprende la posibilidad de contar con productos de calidad, calidad que no se ve disminuida por fallas funcionales en los equipos, que no necesariamente producen una parada, pero que si pueden representar una baja en la calidad de producto entregado

2.2 OPERACIONES Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

Un sistema eficaz de control del mantenimiento es la columna de todo sistema de administración del mantenimiento, este debe tener en cuenta los siguientes factores fundamentales:

- Demanda de mantenimiento (cuánto trabajo tiene que hacerse y cuándo)
- Recursos de mantenimiento (Quién hará el trabajo, y qué herramientas y materiales necesita)
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
- Normas de rendimiento y calidad (cuánto tiempo se requerirá para hacer el trabajo y especificaciones aceptables)
- Retroalimentación, monitoreo y control (el sistema debe generar información y reportes)

El sistema de órdenes de trabajo, es el vehículo para controlar y planear los trabajos de mantenimiento. Una meta clara y procedimientos específicos son esenciales para la implantación de un sistema de órdenes de trabajo.

2.3 CICLO DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede verse como un proceso y por lo tanto en lo referente a su control, se pueden aplicar los conceptos desarrollados en el control automático de procesos, donde se presentan los siguientes factores:

- Muestreo de salidas de la planta.
- Análisis de la muestra.
- Aplicación de la acción correctiva, si es necesario.

Estos conceptos son aplicables al proceso de control de mantenimiento, si se aplican dentro del marco correcto.

- El objetivo puede ser la disponibilidad de la planta, y la calidad de los productos.
- El muestreo de salida consiste en recopilar datos de las órdenes de trabajo o historia de los equipos.
- El análisis de muestra consiste en aplicar técnicas para determinar si se han cumplido los objetivos.
- La acción correctiva podría ser revisar las políticas de mantenimiento, modificar los programas de mantenimiento, mejorar las especificaciones del trabajo, capacitar a los trabajadores e implementas nuevos programas y estrategias de mantenimiento, etc.

La aplicación de estos conceptos requiere del establecimiento de procedimientos y formas para administrar el trabajo de mantenimiento. Normas para la recopilación y análisis de datos, medios para un informe eficaz del trabajo, condición del equipo calidad y demás factores que se ven involucrados en el proceso de administración del trabajo de mantenimiento.

2.4 SISTEMA DE ÓRDENES DE TRABAJO

El primer paso en la planeación y control del mantenimiento se realiza mediante un sistema eficaz de órdenes de trabajo. La orden de trabajo es un documento escrito donde se detallan las instrucciones de los trabajos que se van a realizar, y debe ser diligenciada para todos los trabajos a realizar.

El propósito del sistema de órdenes de trabajo es proporcionar medios para:

- Solicitar por escrito el trabajo que se va a realizar, al departamento de mantenimiento.
- Seleccionar por operación el trabajo solicitado.
- Asignar el mejor método y trabajadores calificados para el trabajo.
- Reducir el costo mediante una utilización eficaz de recursos.
- Mejorar la planeación y programación del trabajo de mantenimiento.
- Mantener y controlar el trabajo de mantenimiento.
- Utilizar los datos recopilados para el control.

La administración de las órdenes de trabajo es responsabilidad de las personas encargadas de la planeación y programación de los trabajos de mantenimiento. Es de vital importancia que la orden de trabajo presente la información necesaria para el desarrollo de todas estas tareas.

2.4.1 Diseño de la orden de trabajo

La orden de trabajo, debe contener dos tipos de información, en primer lugar debe tener la información necesaria para la planeación y programación de los trabajos de mantenimiento; y en segundo lugar debe tener la información necesaria para la realización del control de las actividades. Tal información debe tener lo siguiente:

1. Número de inventario, descripción de la unidad y ubicación.
2. Persona o departamento que solicita el trabajo.
3. Descripción del trabajo y estándares de tiempo.
4. Especificación del trabajo, número y código.
5. Prioridad del trabajo, y fecha en que se requiere.
6. Habilidades y conocimientos requeridos.
7. Refacciones y materiales requeridos.
8. Herramientas especiales requeridas.
9. Procedimientos de seguridad.
10. Información técnica.
11. Tiempo real consumido.
12. Códigos de costos para las habilidades o conocimientos.
13. Tiempo muerto, u hora en que se terminó el trabajo.
14. Causa y consecuencias de la falla.

Cada orden de trabajo se debe diseñar de acuerdo a las necesidades de la empresa en particular.

Todos los departamentos de mantenimiento deben contar con una orden de trabajo, para la planeación y control de los trabajos de mantenimiento.

Las órdenes de trabajo deben numerarse y se deben tener por lo menos tres copias para la realización de los trabajos de mantenimiento.

Las solicitudes de trabajo de mantenimiento, pueden ser realizadas por cualquier persona de la organización.

2.4.2 Flujo del sistema de órdenes de trabajo

Se refiere a los procedimientos para la realización del trabajo, es decir cada uno de los pasos que se deben llevar a cabo a la hora de realizar los trabajos de mantenimiento; el objetivo es poder realizar una programación eficiente y posteriormente un adecuado control.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Cuando el planificador recibe una solicitud de trabajo, esta se procesa; la recepción de dicha solicitud de trabajo, puede ser escrita, vía telefónica o verbal. Luego de esto, se realiza la orden de trabajo, la cual debe contener la información suficiente, para la planeación, programación y control del trabajo solicitado.
2. La orden de trabajo se anota en un registro, que contiene todos los datos de la orden de trabajo, y por supuesto todas las órdenes de trabajo realizadas.
3. De la orden en cuestión, se deben sacar varias copias, con el fin de poder entregar una a cada una de las personas involucradas en el proceso. Una de estas copias se entrega a la persona que solicitó el trabajo de

mantenimiento, es decir al origen del trabajo, otras dos al encargado correspondiente.

4. El encargado asigna el trabajo correspondiente a un técnico y le entrega una copia, el trabajador efectúa el trabajo correspondiente y consigna la información solicitada en la orden de trabajo, (recordemos que la orden de trabajo posee información útil para el control). Una vez hecho esto, devuelve la orden de trabajo al encargado.
5. El encargado recibe la orden de trabajo diligenciada, y revisa el trabajo, luego devuelve la orden de trabajo al coordinador de mantenimiento.
6. El coordinador toma la información consignada en la orden de trabajo para procesarla, y envía la orden de trabajo terminada a quien originó el trabajo.
7. El coordinador pasa la orden de trabajo al departamento de contabilidad donde se procesa la información de costos.
8. Finalmente la orden de trabajo es archivada.

Los pasos anteriores se pueden realizar en forma manual. O mediante un sistema de información del mantenimiento, que permite llevar un control más detallado de las operaciones.

2.4.3 Conservación de registros

Cada trabajo realizado, debe ser registrado. A demás de la orden de trabajo, donde se especifican los detalles del trabajo, se debe llevar un registro de los trabajos en sí; para esto existen las tarjetas de registro, o reporte de trabajo.

2.4.3.1 Reporte de trabajo. Es un documento donde se reportan los detalles de cada trabajo, la información necesaria puede sacarse de la orden de trabajo.

También contiene información referente a la condición del equipo, tiempos muertos y demás que puedan ser útiles a la hora de establecer la condición de la planta en general; esta tarjeta de reporte de trabajo, puede ser manual o automatizada, puede ser llevada para cada trabajo individual, o en forma colectiva, donde se consignan por ejemplo todos los trabajos que el operario realizó durante el día. Esta tarjeta es llevada por los operarios o técnicos que realizan los mantenimientos.

2.4.4 Hoja de historia del equipo

Es un documento donde se registran todos los trabajos que se hayan realizado en el equipo, hay una para cada equipo, y contiene también sus especificaciones particulares. Permite llevar un control del estado y costos de cada uno de los equipos de la planta.

En la hoja de historia del equipo es necesario consignar la siguiente información:

1. Especificaciones y ubicación del equipo.
2. Inspecciones, fallas, causas de las fallas y las acciones correctivas que se hayan llevado a cabo.
3. Trabajo realizado en el equipo, componentes reemplazados, condición de desgaste roturas, etc.
4. Mediciones, o lecturas tomadas, tolerancias etc.
5. Hora de la falla y tiempo consumido en la reparación.

La información debe ser consignada en un formato, que sea de fácil interpretación y que sirva para los análisis futuros en cuanto a lo que se requiere para la reparación de la máquina y sus costos.

2.5 ESTRUCTURA DE CONTROL DEL MANTENIMIENTO

Dentro del control del mantenimiento se presentan tres funciones principales, las cuales son:

1. Coordinación y planeación de órdenes de trabajo
2. Procesamiento de dichas órdenes de trabajo
3. Retroalimentación de la información, y acción correctiva.

La coordinación y planeación, se encarga de cumplir la demanda de trabajos, de acuerdo a las necesidades del mantenimiento ya los requisitos del departamento de producción; sin olvidar las capacidades y recursos con que cuenta el departamento de mantenimiento.

Dentro de esta función se encuentran otras sub funciones que son la que la componen, y son:

1. Planeación del mantenimiento preventivo
2. Clasificación del mantenimiento correctivo
3. Aceptación del mantenimiento adaptable
4. Ajuste de la capacidad de mantenimiento.

La planeación del mantenimiento preventivo, se encarga de la generación de las órdenes de trabajo necesarias para el mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta que se deben cumplir los requerimientos de producción. En este caso existen dos flujos de órdenes de trabajo; las órdenes de trabajo fijas, que son todas aquellas que ya han sido aceptadas, y corresponden a los trabajos de rutina

que simplemente ya están programados y las que deben ser aprobadas, para ser programadas y ejecutadas en el futuro.

La clasificación del mantenimiento correctivo tiene que ver con la prioridad de los trabajos de mantenimiento, y el impacto que estos tienen en la cadena productiva; además de la disponibilidad y capacidad de ser realizadas. De este también surgen dos flujos de órdenes de trabajo, que son los trabajos realmente urgentes, y que deben ser realizados de inmediato, y aquellos trabajos que pueden ser aplazables, y que se clasifican como pendientes en espera de una programación.

La aceptación del mantenimiento adaptable, tiene que ver con la suavización de los trabajos de mantenimiento, mediante la adaptación de un sistema de órdenes de trabajo aplazables, las cuales pertenecen al grupo mencionado arriba como pendientes, y que se puede manejar con un límite máximo y un mínimo; cuando los trabajos sobrepasan el límite máximo, es necesario agrandar la capacidad de mantenimiento, ya sea por subcontratación, o simplemente por ampliación de la capacidad del departamento de mantenimiento. Cuando se rebasa el límite mínimo, quiere decir que se deben liberar más órdenes del mantenimiento preventivo, al grupo de pendientes.

El ajuste de la capacidad de mantenimiento es una función necesaria, para determinar si la mano de obra es la necesaria para las labores de mantenimiento.

El procesamiento consiste en la liberación de las órdenes de trabajo, el despacho de trabajos y la programación. En ese orden de ideas sus funciones principales son:

1. Liberación de órdenes de trabajo
2. Programación de las órdenes de trabajo
3. Despacho de las órdenes de trabajo

La función liberación de órdenes de trabajo controla la cantidad de órdenes de trabajo en progreso. Esto se determina de acuerdo a la capacidad de mantenimiento, y decide la capacidad de órdenes de trabajo que deben liberarse en determinado periodo de tiempo.

La programación de las órdenes de trabajo se ocupa del ajuste de los recursos y tiempo necesario para la ejecución de las órdenes de trabajo. Al final se puede tener una idea cercana de cuando se finalizará el trabajo.

El despacho de órdenes de trabajo es una función de control, que se encarga de determinar la secuencia de trabajo y asignarlo a la capacidad de trabajo específica.

El procesamiento de la información, se ocupa de la recopilación y análisis de datos con el propósito de tomar decisiones y en caso de ser necesario acciones correctivas.

2.6 RCM.

Durante los últimos años, el mundo del mantenimiento ha venido cambiando, ha venido evolucionando, de acuerdo a las exigencias de los sistemas que requieren de él; y así como las máquinas sistemas y equipos han venido evolucionando a

través de los años, el mantenimiento de ellos también ha debido hacerlo; además de ello las plantas de producción y demás con el paso de los años se han hecho más y más complejas, lo que exige que los sistemas de mantenimiento para ellas también se hagan cada vez más y más eficientes, a través de su mejor eficacia y estructuración.

La primera generación. Es el periodo que abarca hasta la segunda guerra mundial, durante este periodo la industria no estaba mayormente mecanizada, y las máquinas debido a su sobredimensionamiento, no requerían de rutinas de mantenimiento complejas; era suficiente con rutinas básicas de lubricación y limpieza. Ningún gerente veía el mantenimiento como un área digna de atención.

La segunda generación. Después de la segunda guerra mundial, el nivel de mecanización aumentó drásticamente mientras la mano de obra disminuyó, lo cual hizo que las industrias empezaran a depender cada vez más de las máquinas. Los tiempos de parada de las máquinas se hicieron importantes, por lo que se debió pensar en evitar al máximo esta situación. Aparece el mantenimiento preventivo, el cual consistía en paradas programadas de los equipos para reparaciones importantes; el costo del mantenimiento aumento dramáticamente, convirtiéndose en el mayor de los costos operacionales, por tal razón se hizo necesario crear estrategias para disminuir dichos costos.

La tercera generación. Desde mediados de la década de los 60, la industrialización ha tomado un impulso definitivo, haciendo, que a aparezcan nuevas tendencias, como los sistemas “Just in Time” y otros, que han hecho cada vez más necesario el concepto de confiabilidad y disponibilidad, debido a que ahora las paradas de maquina son más importantes que antes, pues una parada de una máquina puede significar la parada de la planta entera, y repercutir en

plazos de entrega, calidad y hasta en la misma satisfacción del cliente, por tal razón los sistemas de gestión del mantenimiento se han hecho más complejos, y abarcan toda clase de investigaciones y evoluciones tendientes a la confiabilidad y disponibilidad. Adicional a todo esto, también está la actual preocupación por el medio ambiente, tema que está estrechamente relacionado con el mantenimiento de los equipos.

2.6.1 Mantenimiento y rcm.

Cuando se habla de mantener algo, se hace referencia a lograr que su estado existente se preserve, es decir se espera que cumpla las funciones para las cuales está destinado. El estado que se debe preservar, es el estado en el que continúa realizando su función

Mantener es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.

El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM toma en cuenta la dependencia del contexto en el cual el usuario espera que funcione el activo.

Mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

2.6.2 Las siete preguntas básicas de rcm.

- ¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento asociados al activo, en su actual contexto operacional?
- ¿de qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿en qué sentido es importante cada falla?
- ¿qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

RCM es una metodología tendiente a responder estas inquietudes con el fin de establecer una serie de tarea que permita mantener la confiabilidad de los equipos.

3 ASCENSORES PARA DISCAPACITADOS

A diferencia de los ascensores de pasajeros convencionales, los ascensores para discapacitados deben cumplir ciertos requisitos especiales, además de ser más económicos. La principal característica de este tipo de equipos, es que pueden funcionar a baja velocidad, puesto que su función es transportar personas con movilidad reducida, y nada tienen que ver con temas de tránsito normal en las edificaciones.

Al ser de baja velocidad estos equipos pueden ser hidráulicos, lo cual los hace más económicos y mantenibles, también pueden tener puertas de hall manuales y no tener puertas de cabina; claro está que todo esto dentro de los parámetros básicos de seguridad impuestos por las normas internacionales.

Uno de los principales equipos de este grupo es el ascensor hidráulico.

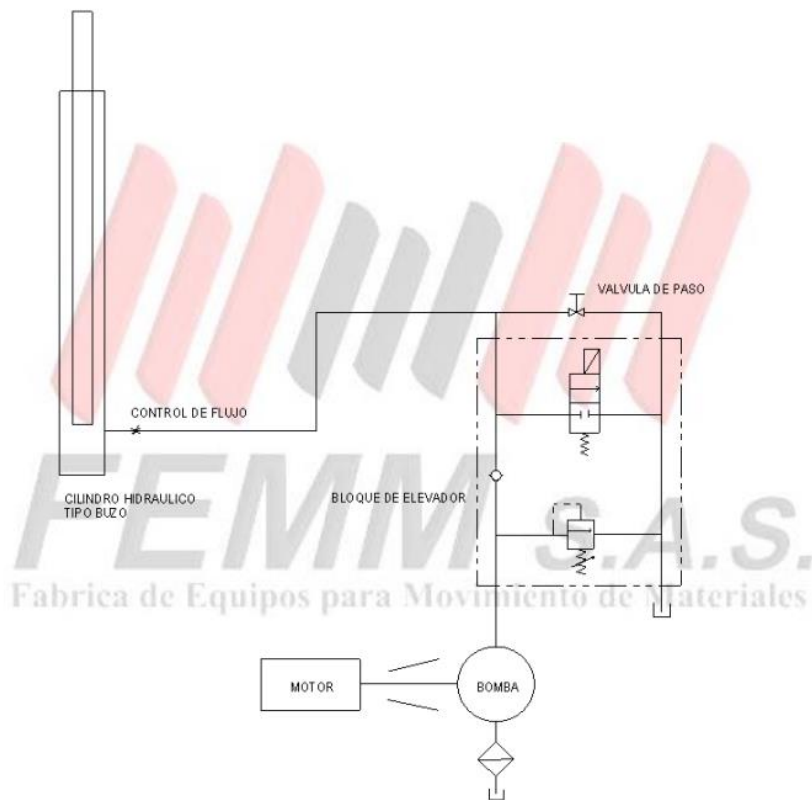
3.1 ASCENSORES HIDRÁULICOS.

A diferencia de los ascensores convencionales, los cuales utilizan un sistema de tracción compuesto por un motor reductor y un contrapeso, los ascensores hidráulicos utilizan como sistema de tracción un cilindro hidráulico alimentado por una unidad hidráulica y controlado por una válvula hidráulica, que utilizan la presión del aceite para lograr la fuerza necesaria para elevar la cabina donde se encuentran los pasajeros.

El sistema hidráulico de un ascensor consta de una bomba de aceite, que envía aceite hacia un cilindro de simple efecto tipo buzo a través de una válvula hidráulica de cartucho y un sistema de mangueras, que hacen que el embolo del

cilindro salga de la camisa y eleve la cabina del ascensor; cuando se requiere bajar, otra válvula libera el aceite del cilindro hacia el tanque haciendo que la cabina descienda por gravedad.

Figura 1. Diagrama hidráulico del ascensor.



Fuente: Femm SAS.

3.1.1 Características.

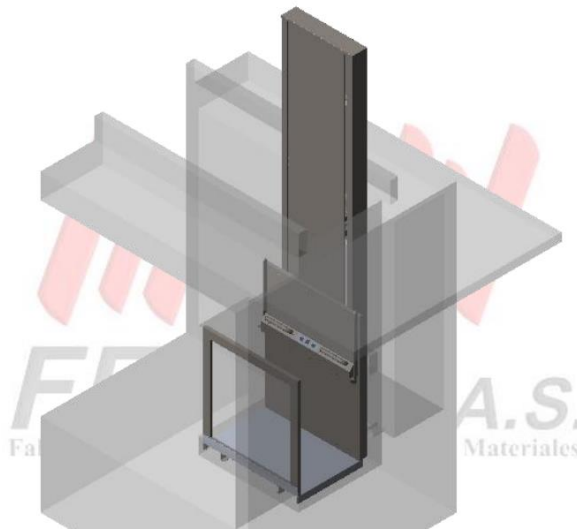
Los ascensores hidráulicos son equipos robustos de gran funcionalidad que presentan las siguientes características:

- Tienen las mismas características de funcionamiento que un ascensor normal.

- Ofrecen gran potencia con espacio reducido
- Permiten la adecuación de varios tipos de cabina.
- Son de baja velocidad.
- Presentan gran precisión en su movimiento.
- La unidad hidráulica puede estar ubicada en la parte de abajo del foso del ascensor.
- No requieren grandes cables de suspensión.
- Funcionan para recorridos relativamente cortos.
- El sistema de control eléctrico es muy similar al de un ascensor convencional.

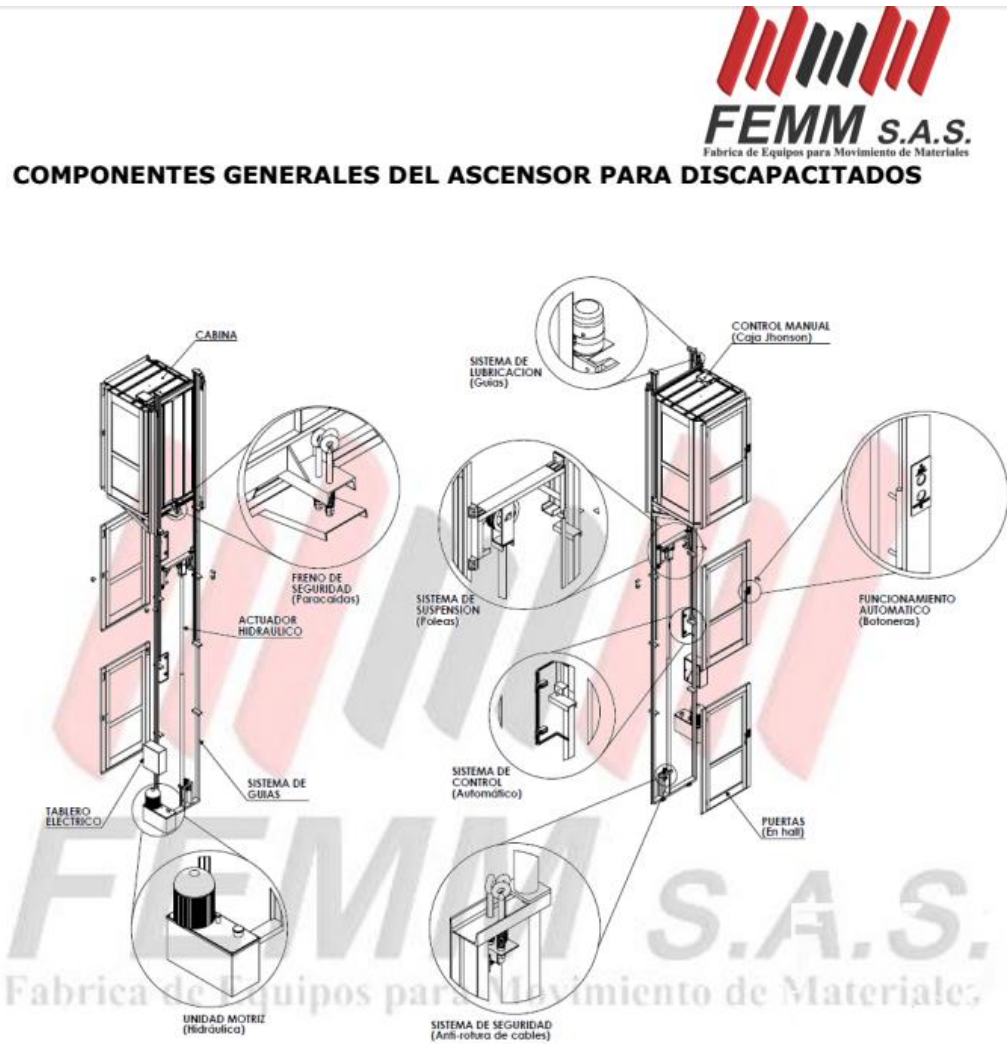
Por todas estas razones, los ascensores hidráulicos son los más adecuados para el transporte de discapacitados. También son ampliamente usados en la industria como elevadores de carga o elevadores monta coches.

Figura 2. Ascensor hidráulico de media cabina



Fuente: Femm SAS.

Figura 3. Componentes generales ascensor hidráulico



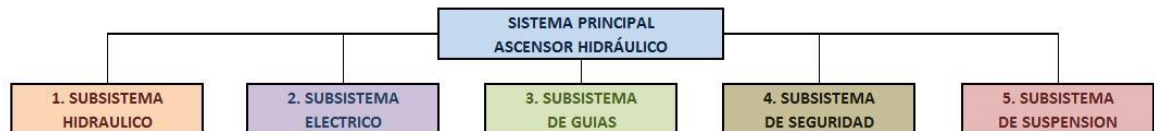
Fuente: Femm SAS

4 ANALISIS DESDE LA METODOLOGIA RCM

4.1 TAXONOMIA

El ascensor se puede dividir en 5 subsistemas como se muestra en la figura.

Figura 4. Sistemas ascensor



Se presenta como sistema global, todo el ascensor, y se definen los subsistemas, que se diferencian debido a la naturaleza de sus funciones, y de sus componentes. También es posible diferenciar claramente las fronteras que existen entre uno y otro sistema así como determinar la clase de entradas y salidas que tiene cada uno de ellos.

4.2 SISTEMA HIDRAULICO

El sistema hidráulico es el encargado de mover la cabina del ascensor mediante el aprovechamiento de la energía eléctrica que a él entra, y la conversión de esta en energía mecánica, que se manifiesta en forma de una fuerza ejercida en cierta dirección, y con una velocidad especificada.

Los componentes del sistema hidráulico son de la misma naturaleza, y están concebidos para desarrollar las mismas funciones

4.2.1 Entradas.

El sistema hidráulico recibe como entrada, una corriente eléctrica de 220V en tres fases, con una potencia eléctrica de 4 KW, Y corrientes de control de las bobinas del bloque de válvulas a 24 V.

4.2.2 Salidas

El sistema entrega como salida, una fuerza ascendente de 14700 N a una velocidad de 8 metros por minuto; para lograr esto, el sistema hidráulico consume parte de la potencia que le proporciona la red eléctrica y reserva cierta cantidad para los arranques, lo cual se define como picos de corriente.

Figura 5. Sistema hidráulico



4.2.3 Componentes.

A continuación se listan los componentes pertenecientes al sistema, y sus respectivas especificaciones.

4.2.3.1 Tanque. La unidad hidráulica del ascensor cuenta con un tanque cuya función además de contener el aceite consiste en refrigerarlo, y adicionalmente servir de soporte al motor eléctrico y otros componentes del sistema.

Capacidad: 6 galones.

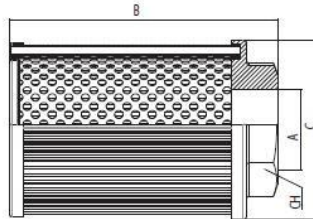
Figura 6. Tanque unidad hidráulica



4.2.3.2 Filtro de succión. El primer componente del sistema hidráulico es el filtro de succión, el cual se encarga de asegurar que partículas extrañas no puedan ingresar al sistema hidráulico, y ocasionar malos funcionamientos, o en el peor de los casos obstrucciones.

Marca: OMT SF 046^a 038.

Figura 7. Catálogo de filtros OMT



SF - SP				SF		SP		L/min
TIPO		A	B	C	CH	C	CH	
046A	014	1/4"	90	46	30	43	25	5
	038	3/8"				46/50***	30/26***	10
	012	1/2"	14					
046B	014	1/4"	105	46	30	43	25	5
	038	3/8"				46/50***	30/26***	10
	012	1/2"				14		
064A	012	1/2"	109	64	36		36	14
	034	3/4"					25	
	100	1"			46	64	46	45

Fuente: www.omtfiltri.com

4.2.3.3 Bomba. La bomba se encarga de succionar el aceite del tanque, y llevarlo al cilindro hidráulico, con la presión solicitada por el sistema, y con el caudal especificado. En este caso se utiliza una bomba de paletas de caudal constante.

Caudal: 2 Gpm.

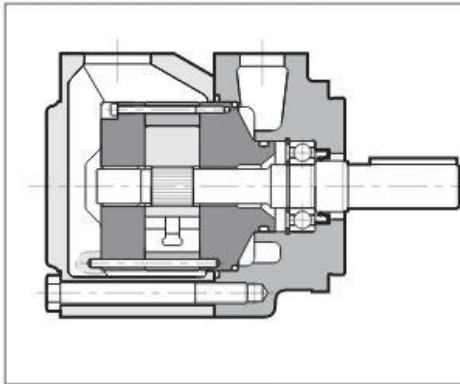
Presión de operación: 1200psi.

Figura 8. Catálogo bomba hidráulica



DFP
BOMBAS DE PALETAS
DE DESPLAZAMIENTO FIJO
SERIE 20

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



- Las bombas DFP son bombas de paletas de cilindrada fija. Se fabrican en cuatro tamaños distintos, cada uno de los cuales comprende cinco cilindradas nominales distintas. Pueden tener uno o dos elementos de bombeo (bomba simple o doble respectivamente). Para las combinaciones de las bombas dobles ver los puntos 15 / 20.
- El grupo de bombeo está formado por un elemento compacto que contiene el rotor, las paletas, el anillo del estator y los discos del cabezal. El conjunto se puede extraer con facilidad sin necesidad de desmontar la bomba del circuito hidráulico, simplificando así las operaciones de mantenimiento.
- El perfil elíptico del anillo del estator, con dobles cámaras de aspiración e impulsión contrapuestas, anula las fuerzas de empuje radiales sobre el rotor reduciendo el desgaste de la bomba.
Por otra parte, el empleo de un rotor de 12 paletas reduce las pulsaciones de la presión de impulsión, y con ellas las vibraciones y el ruido producido por la bomba.

Fuente: www.diplomatic.com

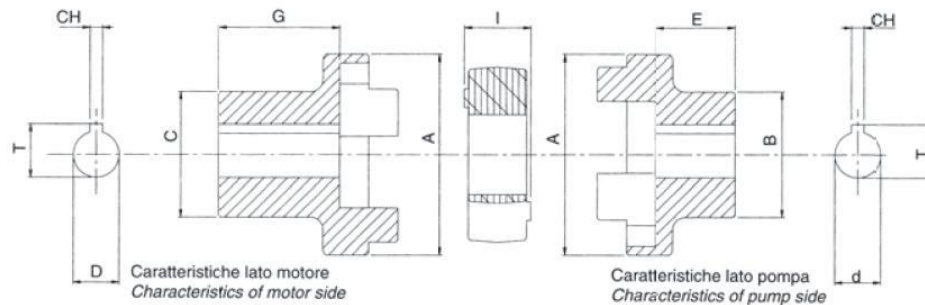
4.2.3.4 Acople. El acople bomba motor, es el aparato encargado de transmitir la potencia desde el motor eléctrico, hasta la bomba hidráulica; este se especifica de acuerdo al tipo de motor y tipo de bomba, y consta de tres componentes, de los cuales dos son metálicos, y uno es de caucho.

Figura 9. Catálogo acoples OMT



GIUNTI IN ALLUMINIO / ALUMINIUM COUPLINGS

tipo / series **ND**



Fuente: www.omtfiltri.com

4.2.3.5 Motor eléctrico. El motor eléctrico de la unidad hidráulica se encuentra montado en posición vertical sobre la tapa del tanque de la unidad hidráulica, y se comunica con la bomba por medio del acople. Este se encuentra alimentado eléctricamente por el tablero de control del ascensor.

Potencia: 2.4 Hp

Polos: 4

Rpm: 1800

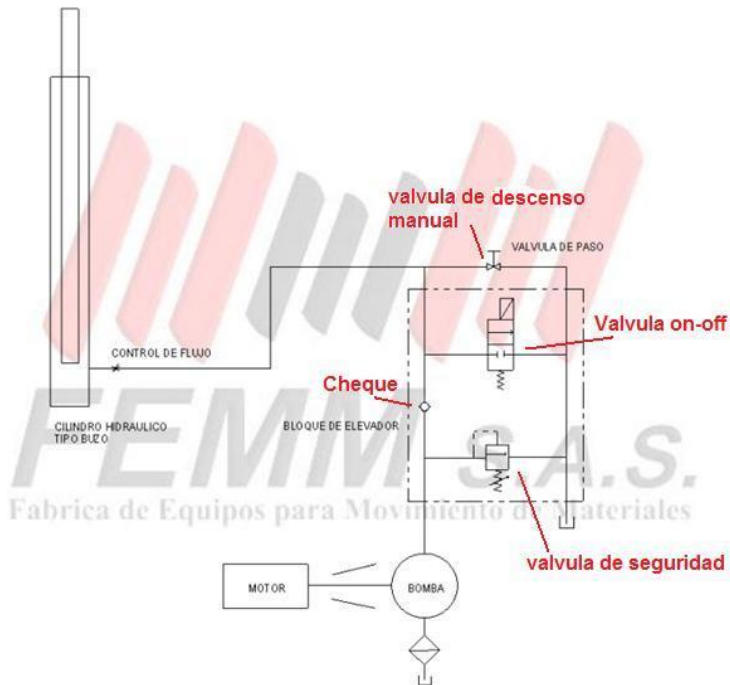
Montaje: B5

Figura 10. Motor eléctrico unidad hidráulica



4.2.3.6 Bloque de válvulas. El bloque de válvulas, es un manifold que contiene el circuito hidráulico que controla los flujos de aceite para determinar los diferentes movimientos, y estado del ascensor. Se compone de tres válvulas conocidas como SV (swith valve). RV (relief valve) y CV (check valve); que corresponden a la válvula de alivio, o seguridad del sistema, la válvula cheque y la válvula on-off.

Figura 11. Diagrama hidráulico ascensor



La válvula de descenso manual, se puede encontrar incorporada al bloque de válvulas, como parte del cuerpo de la válvula on-off, o se puede encontrar instalada en forma paralela al bloque de válvulas.

La válvula on-off es una electroválvula tipo cartucho que se acciona mediante una bobina, y es controlada desde el tablero de control del ascensor.

Para el caso de ascensores con cambio de velocidad, se utilizan bloques especiales que constan de 4 electroválvulas, que determinan cada una de las velocidades de arranque y parada del ascensor, pero que se encuentran dispuestas de la misma manera dentro del sistema hidráulico.

Figura 12. Bloque de válvulas

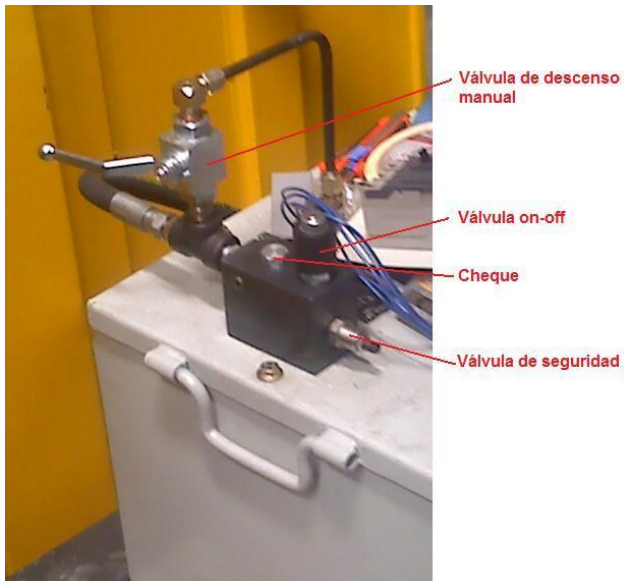
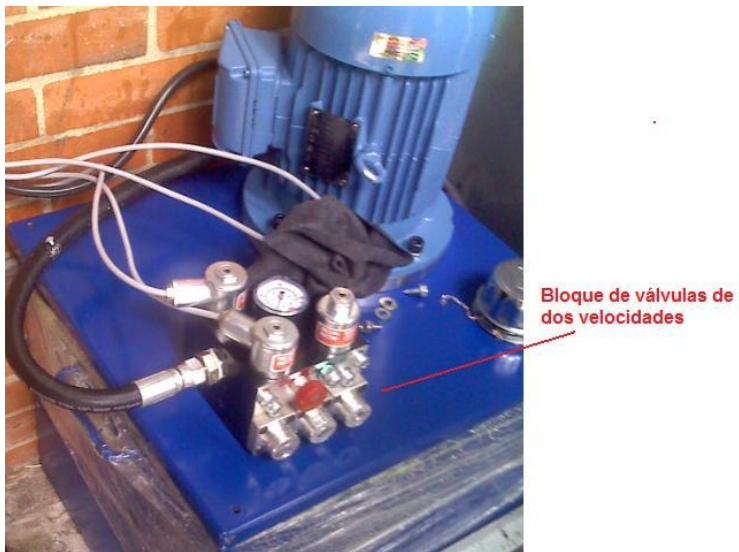


Figura 13. Bloque de dos velocidades



4.2.3.7 Válvula de control de flujo. La válvula de control de flujo, se encarga de regular la velocidad de bajada de la cabina, mediante la regulación del caudal de aceite que sale del cilindro hidráulico una vez que este es forzado a recogerse por acción de la fuerza de gravedad. Cabe aclarar que la velocidad de subida de la

cabina está directamente definida por el caudal que entrega la bomba hidráulica. Esta válvula de control de flujo, se gradúa de forma manual, mediante una perilla ubicada sobre su cuerpo, y que generalmente se localiza en la base del cilindro hidráulico.

Figura 14. Válvula de control de flujo



4.2.3.8 Cilindro hidráulico. El cilindro hidráulico es el elemento final del sistema hidráulico, y es el encargado de transmitir la energía al sistema de suspensión, que a la larga será el que transmita directamente el movimiento a la cabina del ascensor; sin embargo, es el cilindro hidráulico el elemento que hace la última conversión de energía para proveer la fuerza necesaria para mover la cabina del ascensor.

El cilindro hidráulico para este tipo de ascensores, solo ejerce fuerza cuando la cabina sube, pues para el descenso de la cabina se aprovecha la fuerza de gravedad que se encargara de retornar la cabina a su posición inferior, dejando al

cilindro hidráulico solo como un elemento de guía y control de tal movimiento; debido a esto, es suficiente con que el cilindro hidráulico sea de simple efecto; y a demás por razones de economía y comodidad de mantenimiento (Cambio de sellos), se recomienda que sea un cilindro de tipo buzo.

La carrera del cilindro depende del recorrido del ascensor, por lo tanto esta varía de un ascensor a otro.

Diámetro del vástago: 50 mm

Figura 15. Cilindro hidráulico



4.2.4 Definición de funciones del sistema hidráulico

La metodología RCM contempla como uno de sus elementos principales la definición de las funciones de los diferentes sistemas que componen una planta, en este caso es primordial definir cada una de las funciones tanto principales

como secundarias que realiza el sistema hidráulico así como las fallas funcionales y las causas de dichas fallas o modos de falla.

La metodología RCM plantea la creación de una tabla de fallas funcionales para cada uno de los sistemas, que permita determinar los diferentes aspectos involucrados en ellos, y posteriormente permita hacer los diferentes procesos de definición de las estrategias y tareas de mantenimiento que se han de implementar al equipo.

A continuación se presenta la tabla de fallas funcionales para el sistema hidráulico del ascensor.

Tabla 1. Fallas funcionales sistema hidráulico

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Proveer una fuerza ascendente uniforme de 14700 N +- 1% a una velocidad de 0.06m/s	A	La fuerza requerida no es suficiente	1	La bomba no proporciona la presión requerida	La cabina del ascensor no sube o sube muy despacio, y luego se detiene. Se debe revisar la bomba, en busca de un corrimiento de aceite en las paletas. Tiempo de reparación 2 días.
				2	La válvula de seguridad está tarada en un valor inferior al requerido	se escucha el funcionamiento de la bomba, pero no se mueve la cabina. Se debe girar el tornillo de taraje de la válvula hasta que la cabina empiece a moverse con su carga máxima. Tiempo de reparación: 30 minutos.

				3	La válvula de descenso manual no se encuentra completamente cerrada.	se escucha el funcionamiento de la bomba, pero con un sonido suave, que evidencia poco esfuerzo por parte de esta. Se debe cerrar completamente la válvula y luego verificar el taraje de la válvula de seguridad. Tiempo de reparación: 30 minutos.
				4	Existe una fuga de aceite en el sistema	Aparece una pérdida de aceite importante en la base del bloque de válvulas, en el puerto de entrada del cilindro o en alguna manguera o accesorios. Se evidencia el olor a aceite y se ve fluir el charco de aceite. Se debe desmontar el componente que fuga, y cambiar empaquetaduras o corregir soldaduras. Tiempo de reparación 1 día.

				5	El cilindro hidráulico se encuentra bloqueado.	Se escucha funcionar el motor y la bomba, se evidencia que la válvula de seguridad y la de descenso manual están correctamente dispuestas, pero el cilindro se mueve muy lentamente. El sonido es fuerte y evidencia esfuerzo por parte de la bomba. El vástago del cilindro se ve seco, y se ha perdido esa fina capa de aceite que generalmente lo recubre. Se debe desmontar el cilindro hidráulico y cambiar la empaquetadura. De ser necesario, se debe reemplazar el vástago del cilindro. Tiempo de reparación 5 días.
				6	El filtro de succión de la bomba se encuentra obstruido.	La bomba presenta un sonido fuerte e intermitente, y la cabina sube muy lentamente. Se debe cambiar el filtro de succión de la bomba. Tiempo de reparación: 1

					hora.	
				7	El motor eléctrico no suministra la potencia requerida.	El sonido del motor eléctrico se hace más grave, y se evidencia poca potencia por parte de este. Se deben revisar las fases de alimentación del motor. Tiempo de reparación 1 hora.
	B	La velocidad de salida está por debajo del valor requerido	1	La bomba no proporciona el caudal requerido.	La cabina del ascensor sube con la carga estipulada, pero lo hace a muy baja velocidad. Se debe revisar la bomba en busca de fugas en la empaquetadura, o las paletas. Tiempo de reparación 1 día.	
			2	Hay obstrucción en la válvula de control de flujo	La cabina sube lentamente, y se evidencia sonido fuerte por parte del motor y la bomba. Revisar la válvula de control de flujo, en busca de una posible obstrucción.	

				3	El cilindro hidráulico está muy ajustado.	El sonido del motor y bomba es muy fuerte, y se evidencian marcas en el vástago del cilindro, en forma de líneas verticales; la capa de aceite que recubre el vástago del cilindro se ve disminuida o ausente. Desmontar la prensa empaques del cilindro hidráulico y cambiar la empaquetadura. Tiempo de reparación: 1 día.
				4	La válvula de seguridad está tarada en un valor inferior al requerido	El motor funciona suavemente, y el ascensor sube lentamente en su condición de vacío. Tarar la válvula de seguridad con la cabina cargada a su capacidad máxima. Tiempo de reparación: 30 minutos.
				5	El motor eléctrico no suministra la potencia requerida.	El sonido del motor ha cambiado, y muestra que no está girando a las revoluciones especificadas. Verificar la alimentación del motor. Tiempo de reparación: 1 hora

			6	Hay sobrecalentamiento del aceite.	El sonido del sistema es normal, pero la cabina se desplaza más despacio; el tanque de aceite se siente caliente. Es posible que el ascensor haya sido operado en exceso, o que exista alguna restricción que esté produciendo el calentamiento del aceite. Dejar enfriar el sistema y accionar de nuevo. Verificar posibles restricciones al flujo de aceite. Tiempo de reparación: 2 horas.
C	El movimiento de salida no es uniforme		1	existe aire en el sistema hidráulico	La cabina del ascensor sube dando pequeños saltos, que se intensifican cuando se está acercando a la parte superior. Se debe purgar el sistema a través del puerto de purga del cilindro hidráulico. Tiempo de reparación: 1 hora.

				2	El filtro de succión de la bomba se encuentra obstruido.	El sonido del motor bomba, es intermitente, y se evidencian pequeños saltos en la cabina del ascensor que no varían con el recorrido de esta. Cambiar el filtro de succión de la bomba. Tiempo de reparación: 1 hora.
				3	hay fluctuaciones en el movimiento del motor eléctrico	El sonido del motor eléctrico es intermitente, los saltos en la cabina son indiferentes a la posición. Revisar la alimentación del motor eléctrico. Tiempo de reparación: 1 hora.
				4	El acople de la bomba-motor esta defectuoso.	Se siente el movimiento discontinuo en la cabina, y en el motor bomba se oye una especie de maraqueo muy estridente y aleatorio. Reemplazar el acople de la bomba o su componente central. Tiempo de reparación: 3 horas.

		D	No se presenta ninguna clase de movimiento.	1	el motor eléctrico no se mueve	No hay ninguna respuesta por parte del motor, posiblemente se evidencie olor a quemado, se ven partes ahumadas. Se debe revisar el motor y reparar de ser necesario: tiempo de reparación 3 días.
				2	el nivel de aceite del sistema está muy bajo	Motor y bomba funcionan muy suavemente, no hay ninguna clase de movimiento. No se ve el nivel de aceite en la mirilla de nivel del tanque de aceite. Llenar con el aceite adecuado. Tiempo de reparación: 30 minutos.
				3	La válvula de seguridad está tarada en un valor inferior al requerido	El motor funciona suavemente, pero no se observa ningún movimiento. Las paredes del tanque de aceite presentan un leve calentamiento. Se debe tarar la válvula de seguridad al valor preestablecido. Tiempo de reparación: 30 minutos.

				4	La válvula de descenso manual se encuentra abierta.	El motor funciona suavemente, y no se evidencia ningún movimiento ni calentamiento del aceite. Se debe cerrar la válvula de descenso manual lentamente, evidenciando el movimiento de la cabina del ascensor. Tiempo de reparación: 30 minutos.
				5	La válvula on off deja pasar el aceite.	Después de verificar que todo el sistema se encuentra normal, y que las válvulas están correctamente dispuestas no se presenta ningún movimiento, y al energizar la bobina de la válvula on off no se evidencia ninguna respuesta. Reemplazar la válvula on-off. Tiempo de reparación: 1 hora.
				6	La bomba no bombea aceite.	El motor funciona en vacío, con un sonido muy suave, se verifica que el acople se encuentra en buenas condiciones. Se debe reemplazar la

					bomba hidráulica. Tiempo de reparación: 1 día.
				7	<p>El acople de la bomba está roto.</p> <p>Reemplazar el acople bomba motor. Tiempo de reparación: 3 horas.</p>
				8	<p>El motor eléctrico jira en sentido contrario.</p> <p>El motor eléctrico funciona suavemente, se evidencia que el sentido de giro del ventilador del motor es contrario a la flecha de sentido de giro que proporciona el fabricante de la unidad hidráulica. Readecuar las conexiones del motor. Tiempo de reparación: 30 minutos.</p>

				9	hay fuga de aceite en el sistema	Se ve una fuga considerable de aceite que inunda todo el lugar, huele a aceite. Se debe buscar el sitio de la fuga y repararlo. Se debe reemplazar el aceite hidráulico. Tiempo de reparación 1 día.
				10	El cilindro hidráulico está bloqueado.	El motor funciona forzado, se evidencia calentamiento de las paredes del tanque, el cilindro hidráulico presenta novedades en cuanto a la empaquetadura, marcas verticales en el vástago y resequedad en la capa de aceite que recubre el cromado del vástago. Se debe desmontar el cilindro hidráulico y cambiar la empaquetadura, así como reacondicionar el vástago. Tiempo de reparación: 5 días.

2	Contener 6 Galones de aceite +- 10% a temperatura ambiente +- 10%	A	La cantidad de aceite es inferior a la requerida	1	hay fuga en el sistema hidráulico	Se evidencian charcos de aceite en el piso tanto del cuarto de máquinas como del foso del ascensor. Se debe localizar la fuga y repararla. Tiempo de reparación: 1 hora.
				2	hay fuga de aceite en los sellos del cilindro hidráulico	La superficie exterior de la camisa del cilindro hidráulico se presenta cubierta de aceite, y en el piso debajo del cilindro hidráulico se ve el charco de aceite. Se debe reemplazar la empaquetadura del cilindro hidráulico. Tiempo de reparación: 3 horas.
				3	Hay fuga de aceite en el puerto de purga del cilindro hidráulico.	La camisa del cilindro hidráulico presenta una línea vertical de aceite que sale del puerto de purga y que llega hasta el piso formando un charco. Ajustar el tapón del puerto de purga, de ser necesario cambiando el teflón. Tiempo de

					reparación: 30 minutos.
B	La temperatura del aceite está por encima del valor requerido.	1	Ventilación escasa del cuarto de máquinas del ascensor.	El aire del cuarto de máquinas del ascensor se siente caliente y encerrado, esto entorpece la disipación de calor desde las paredes del tanque de aceite. Se debe ventilar el cuarto de máquinas del ascensor. Tiempo de reparación: depende de las obras a realizar.	
		2	Hay elementos extraños que impiden la disipación del calor.	El tanque de la unidad hidráulica presenta cuerpos extraños encima de él o recargados en las paredes, que impiden la disipación del calor. Se debe dejar el tanque libre de cualquier elemento que obstaculice la disipación del calor. Tiempo de reparación: 30 minutos.	

				3	Las paredes del tanque están sucias.	Las paredes del tanque tienen una capa de suciedad que sirven de aislante térmico impidiendo la disipación del calor. Se debe realizar una limpieza de las paredes y tapa del tanque de aceite. Tiempo estimado de reparación: 30 minutos.
		C	No hay contención de aceite.	1	Hay fisuras en el cuerpo del tanque de aceite.	Se evidencian charcos de aceite en el cuarto de máquinas y debajo del tanque de aceite de la unidad hidráulica. Se debe localizar la fisura y sellarla con soldadura. Tiempo estimado de reparación: 2 días.
3	Sostener la cabina del ascensor en la posición dada +- 5mm	A	La cabina del ascensor no se sostiene en posición	1	Hay fuga de aceite en el sistema	Se evidencia un movimiento descendente en la cabina, a pesar de que el sistema se encuentra apagado. Revisar una posible fuga de aceite en algún punto del sistema y corregirla. Tiempo

					estimado de reparación: 1 día.
			2	La válvula cheque deja pasar el aceite	La cabina desciende, a pesar de no haber actividad ni fugas en el sistema, se debe revisar la válvula cheque por posible fuga interna de aceite. Tiempo de reparación: 3 horas.
			3	La válvula en off deja pasar el aceite.	La cabina desciende, a pesar de no haber actividad ni fugas en el sistema, se debe revisar la válvula on-off por posible fuga interna de aceite. Tiempo de reparación: 3 horas.
			4	La válvula de descenso manual no está completamente cerrada.	La cabina desciende, a pesar de no haber actividad ni fugas en el sistema, la válvula de descenso manual se encuentra en una

					posición intermedia. Llevar la válvula lentamente a la posición de completamente cerrada. Tiempo de reparación: 30 minutos.	
				5	La válvula de descenso manual deja pasar el aceite.	La cabina desciende, a pesar de no haber actividad ni fugas en el sistema, se debe revisar la válvula de paso por posible fuga interna de aceite. Tiempo de reparación: 3 horas.
		B	Al cargar la cabina, esta se mueve hasta más allá de los límites establecidos.	1	existe aire en el sistema hidráulico	Cuando se carga la cabina, se presenta un movimiento descendente de esta que puede llegar hasta 3 Cm. Se debe purgar el sistema hidráulico a través del puerto de purga del cilindro hidráulico. Tiempo de reparación: 1 hora.

		C	Al finalizar el recorrido, la cabina no se detiene completamente.	1	hay fuga de aceite en la válvula on -off	Al llegar la cabina al final de su recorrido descendente, y desenergizar la válvula on-off esta no se detiene inmediatamente. Se debe revisar la válvula on-off y reemplazarla. Tiempo de reparación: 1 hora.
				2	el motor eléctrico no se detiene	Al llegar la cabina al final de su recorrido ascendente, esta no se detiene inmediatamente. Revisar el tablero eléctrico en busca de alguna falla de contacto. Tiempo de reparación 1 hora.
				3	La bobina de la válvula on - off no se energiza bien.	Al llegar la cabina al final de su recorrido descendente, esta no se detiene inmediatamente, y se evidencia retraso en el apagado de la bobina de la válvula on-off. Se debe revisar el tablero eléctrico en busca de falla en el relevo de control de la bobina.

4	Mantener una velocidad de bajada de la cabina de 0.06 m/s +- 1% de manera uniforme	A	La velocidad de bajada está en un valor inferior al requerido	1	Hay obstrucción en la válvula de control de flujo	La cabina baja de forma lenta, y se evidencia un funcionamiento adecuado de la bobina de la válvula on-off. Se debe revisar la válvula de control de flujo, en busca de elementos extraños que la estén obstruyendo. Tiempo de reparación: 1 hora.
				2	la válvula de control de flujo está tarada en un valor superior a requerido	La cabina baja de forma lenta, y se evidencia que la válvula de control de flujo está tarada en un valor superior al especificado. Abrir de manera muy lenta la válvula mediante la perilla de mando manual, hasta que la cabina presente un movimiento uniforme. Tiempo de reparación: 1 hora.
				3	Hay obstrucción en la válvula on - off	La cabina baja de forma lenta, y se evidencia que la bobina de la válvula on-off funciona correctamente. Se debe revisar la

					válvula on-off y reemplazarla. Tiempo de reparación: 3 Horas.
				4	El cilindro hidráulico está trabado. La cabina baja de forma lenta, y el cilindro hidráulico presenta ruidos al bajar; cuando la cabina se eleva, el cilindro presenta fuga de aceite en el empaque del vástago. Se debe retirar el prensa empaques del cilindro y cambia la empaquetadura. Tiempo de reparación: 1 día.
				5	Hay obstrucción en el sistema de tuberías. La cabina baja lentamente a pesar de que todos los sistemas se encuentran funcionando correctamente. Se debe revisar el sistema de tuberías en busca de una obstrucción. Tiempo de reparación 1 día.

		B	El descenso de la cabina no es uniforme.	1	existe aire en el sistema hidráulico	La cabina baja de forma intermitente, a pesar de que todos los sistemas se encuentran funcionando correctamente. Se debe purgar el sistema a través del puerto de purga en el cilindro hidráulico. Tiempo de reparación: 1 hora
				2	El cilindro hidráulico está trabado.	La cabina baja de forma intermitente, y el cilindro hidráulico presenta ruidos al bajar; cuando la cabina se eleva, el cilindro presenta fuga de aceite en el empaque del vástago. Se debe retirar el prensa empaques del cilindro y cambia la empaquetadura. Tiempo de reparación: 1 día.
		C	La cabina no baja.	1	la bobina de la válvula on - off no funciona	Al accionar el botón de bajada del ascensor, no se evidencia ninguna clase de respuesta en la válvula on-off. Se debe revisar el relevo de

					control de la bobina de esta, en el tablero de control y cambiarlo de ser necesario. Tiempo de reparación: 1 hora.	
				2	la válvula on-off no cambia de posición	Al accionar el botón de bajada de la cabina, esta no se mueve, pero se evidencia que la bobina de la válvula on-off se actúa. Se debe reemplazar el cartucho de la válvula on-off. Tiempo de reparación: 1 Hora.
				3	La válvula de control de flujo está completamente cerrada.	Al accionar el botón de bajada del ascensor, se percibe el movimiento de la válvula on-off, pero no se presenta movimiento en la cabina; al abrir la válvula de descenso manual tampoco hay ninguna clase de movimiento. Se debe abrir lentamente la válvula de control de flujo, hasta que la cabina baje según las especificaciones. Tiempo

						de reparación: 1 hora.
				4	el cilindro hidráulico está completamente trabado	Al accionar el botón de bajada del ascensor, se evidencia el correcto funcionamiento y disposición de los componentes del sistema pero no hay movimiento, el cilindro hidráulico presenta novedades en cuanto a la empaquetadura, marcas verticales en el vástago y resequedad en la capa de aceite que recubre el cromado del vástago. Se debe desmontar el cilindro hidráulico y cambiar la empaquetadura, así como reacondicionar el vástago. Tiempo de reparación: 5 días.

				5	Hay un bloqueo en las tuberías de retorno a tanque.	Al accionar el botón de descenso del ascensor, no hay respuesta, y todos los elementos del sistema están funcionando correctamente; la cabina sube normalmente, pero no desciende. Se debe revisar el tubo de comunicación del manifold de válvulas de control y en tanque, y eliminar el bloqueo. Tiempo de reparación: 3 Horas.
--	--	--	--	---	---	---

4.3 SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico es el encargado de controlar y distribuir la energía eléctrica que entra al ascensor, y que a la larga es esa energía que se debe convertir en movimiento de la cabina.

El sistema eléctrico consta de dos ramas principales las cuales son la rama de potencia, que es la relacionada con alimentar el sistema hidráulico de forma tal que esta alimentación pueda ser convertida en la potencia requerida para la realización de las funciones del ascensor; y una rama de control, que es la encargada de controlar todos los movimientos y funciones del ascensor.

Debido a esto, el sistema eléctrico del ascensor no presenta una entrada y una salida solamente, sino que presenta varias entradas, dentro de las cuales se tienen señales eléctricas y señales mecánicas como se explicará más adelante. De la misma forma el sistema eléctrico tiene varias salidas en forma de señales eléctricas que van a los diferentes componentes del ascensor.

4.3.1 Entradas

La principal entrada de energía al sistema eléctrico del ascensor es la corriente eléctrica que viene de la red eléctrica del edificio donde se encuentra ubicado el ascensor y que se constituye en la fuente de energía con la que funciona. Esta entrada consiste en una corriente de 220 V ac Mediante 3 Fases con una potencia eléctrica de 4 Kw. Debe tener una línea a tierra y un neutro por separado.

Para la provisión de esta energía eléctrica el edificio debe contar con un Breacker industrial de 30 Amperios (3 x 30) con neutro y tierra.

Otra entrada al sistema eléctrico del ascensor la constituyen las señales mecánicas de control, que vienen de los elementos de final de carrea, de seguridad y botones, los cuales se actúan mecánicamente mediante los botones y las roldanas de los sensores. Y son precisamente estos sensores y botones, los encargados de convertir estas señales mecánicas en señales eléctricas, para que puedan ser procesadas por el sistema eléctrico del ascensor.

4.3.2 Salidas

El sistema eléctrico entrega como salida, la señal eléctrica de potencia que alimenta el motor eléctrico de la unidad hidráulica, y otras señales eléctricas más bajas, para la bobina de la válvula on-off, y en caso de tener tarjeta electrónica las señales luminosas del “display”, botones del ascensor y demás.

Figura 16. Sistema eléctrico



Figura 17. Tablero eléctrico



4.3.3 Componentes

A continuación se listan los componentes del sistema eléctrico del ascensor, que son componentes, cuya principal característica, es que son para reemplazo en caso de falla o deterioro. Son muy pocos los casos en los que es viable realizar labores de mantenimiento, a componentes eléctricos. Es más viable conservar un stock adecuado de recambio.

Tabla 2. Componentes sistema eléctrico.

DESCRIPCION DEL MATERIAL	CANT
PARA EL TABLERO	
CONTACTOR GMC-12 BOBINA A 110 V	1
CONTACTOR GMC 09 BOBINA 110 VAC	1
RELE TERMICO 7 A 10 AMP	1

BORNAS RIEL 10 MM	7
BORNAS RIEL 10 MM TIERRA	1
BORNAS RIEL 4 MM	15
TACORIEL DE 3 AMP	1
TACO RIEL 10 AMP	2
COFRE DE 40X40X20	1
RIEL OMEGA	1 m
METRO CANALETA 4X4 RANURADA	1 m
REMACHES POP DE 1/8 X 3/8	12
CABLE VEHICULAR 18	25 m
RELEVOS 110 V 14 PINES	2
TRNSF 110 SAL 12V 25w	1
PUENTE 3606 CON TERMINALES	1
TEMPORIZADOR 110 V 60s	1
PARA EL FOZO U OBRA	
METROS CABLE ENCUCHETADO 4X12	5
MICROS FINAL DE CARRERA XCKM 115	3
METROS CABLE ENCUCHETADO 4X18	15
BOTONERA DE CABINA (1,2,STOP, LUZ ,ALARMA) HORIZONTAL	1
BOTONERA DE HALL (LLAMADO Y STOP)	2
KIT LUZ DE CABINA ALARMA	1
CABLE VEHICULAR 18	200 m
CABLE VIAJERO 12 LINEAS	5 m
TERMINAL DE OJO 1/4	4
AMARRE PLASTICO 10"	10
CORAZA DE 3/4	7 m
MICRO XCKM 115	3

4.3.4 Definición de funciones para el sistema eléctrico

Continuando con la metodología RCM se listan las funciones principales y secundarias del sistema eléctrico, así como sus fallas funcionales y modos de falla.

Tabla 3. Fallas funcionales sistema eléctrico

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Proveer una energía eléctrica de 220 Voltios +- 10% en corriente alterna mediante tres fases	A	La energía eléctrica no alcanza el valor especificado	1	La red eléctrica no provee el valor de corriente solicitado por el ascensor	La cabina del ascensor no sube con la suficiente velocidad, y no tiene la capacidad de carga especificada, el sistema hidráulico se encuentra funcionando correctamente, y el motor eléctrico de la unidad hidráulica no gira con la suficiente potencia.
		B	La energía eléctrica no llega en tres fases	1	Hay uno o más tacos de seguridad que están interrumpiendo la corriente eléctrica.	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor de la unidad hidráulica. Tiempo de reparación 5 minutos
				2	La red eléctrica está llegando en dos fases	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor de la unidad hidráulica, todos los tacos están arriba.

				Tiempo de reparación 1 hora
		3	Hay un problema de conexión en el motor eléctrico	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor de la unidad hidráulica, todos los tacos están arriba, se ha revisado la acometida eléctrica de la edificación. Tiempo de reparación 30 minutos.
C	No hay energía eléctrica	1	La red eléctrica no provee energía eléctrica	No hay ninguna clase de respuesta por parte del ascensor aún con los tacos arriba. Tiempo de reparación 1 Hora
		2	Los tacos de seguridad han cortado la corriente	No hay respuesta por parte del ascensor, y una vez subidos los tacos estos se disparan de nuevo, o se disparan cuando se da algún comando al ascensor. Se debe buscar un posible corto circuito.

						Tiempo de reparación 1 día.
2	Controlar la operación del ascensor con un retraso máximo de 10 segundos +- 20% a través de los elementos de control eléctrico	A	El ascensor no responde a las órdenes dadas a través de los controles.	1	El botón obturado está dañado	No hay ninguna clase de respuesta cuando se presiona el botón, pero si la hay cuando se presionan otros botones de la misma botonera, no hay ninguna respuesta en el tablero eléctrico. Tiempo de reparación 1 hora.
				2	El relé de control de la botonera no funciona correctamente.	No hay ninguna clase de respuesta cuando se presiona el botón, o los demás botones de la botonera. Se percibe movimiento irregular en el relé del tablero de control, se debe cambiar el relé. Tiempo de reparación 1 hora.

			3	La tarjeta de control electrónica no funciona correctamente.	No hay respuesta por parte del ascensor. No hay respuesta visual en la pantalla de la tarjeta electrónica. Se debe revisar la programación del pic. Tiempo de reparación: 1 día.
			4	Hay algún elemento de seguridad obturado.	No hay ningún tipo de respuesta, y la pantalla de la tarjeta electrónica está en modo de falla. Se deben revisar los sistemas de seguridad, para ver cual está interrumpiendo el sistema. Tiempo de reparación: 2 Horas.
B	El ascensor realiza movimientos diferentes a los especificados.		1	Algún elemento de final de carrera no funciona correctamente.	La cabina no para en el sitio especificado, o no realiza el cambio de velocidad en el momento indicado. Se debe buscar el sensor de final de carrera involucrado y reemplazarlo por otro nuevo. Tiempo de reparación: 2 Horas.

				2	La tarjeta de control electrónica no funciona correctamente.	La cabina no se detiene en el lugar especificado, los sensores de parada están en buen estado. Se debe revisar la programación del pic. Tiempo de reparación: 1 día.
				3	La bobina de la válvula on-off no funciona correctamente	La cabina realiza movimientos erráticos en la bajada, o simplemente no baja, no se evidencia falla en el tablero de control. Se debe reemplazar la bobina de la válvula on-off Tiempo de reparación: 1 hora.

4.4 SISTEMA DE GUIAS

El sistema de guías es el encargado como su nombre lo indica, de guiar la cabina del ascensor durante todo su recorrido dentro del foso. La labor del sistema de guías es de vital importancia para la seguridad del ascensor y para la percepción de buen funcionamiento por parte de los usuarios.

Inicialmente es difícil ver las guías del ascensor como un sistema, debido a que se asemejan más a un arreglo estructural sin ninguna clase de movimiento, pero después de exhaustivos análisis se llegó a la conclusión de que si se puede tratar como un sistema porque presenta entradas y salidas, que son preponderantes en la percepción del funcionamiento del ascensor, y que en caso de fallar pueden acarrear consecuencias para la seguridad de los usuarios.

4.4.1 Entradas

Se presentan como estradas al sistema de guías del ascensor las fuerzas que la cabina ejerce sobre ellas una vez está instalada en el foso; y que son fuerzas que esta ejercerá sobre el sistema durante todo su recorrido. También cabe resaltar que si estas fuerzas se aplican de manera incorrecta, el sistema de guías no funcionará bien, es decir sus salidas se verán modificadas.

4.4.2 Salidas

Se plantea como salida del sistema de guías, la magnitud y dirección de las fuerzas de reacción que sufre la cabina por la acción de las guías, y que se manifiestan en el movimiento de la cabina.

Figura 18. Sistema de guías

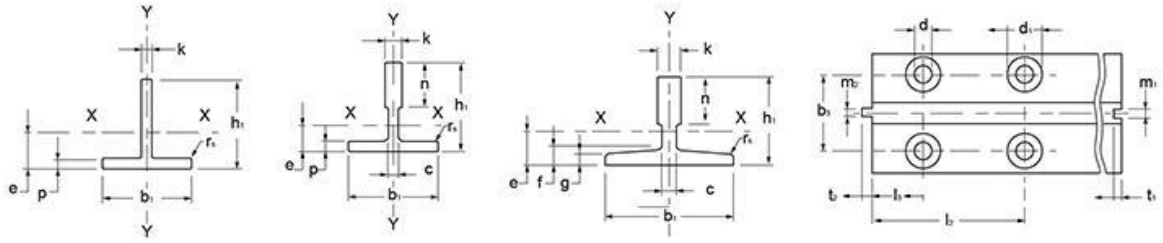


4.4.3 Componentes

El sistema consta los siguientes componentes principales.

4.4.3.1 Guías. Guías tipo T definidas de acuerdo a los requerimientos de carga del ascensor.

Figura 19. Catálogo de guías



Type	ISO Code	b1 mm	h1 mm	k mm	n mm	c mm	p mm	g mm	f mm	rs mm	m1 mm	m2 mm	t1 mm	t2 mm	d mm	d1 mm	b3 mm	l2 mm	l3 mm
RT40	—	±0.5	±0.2	±0.15			±0.5				+0.06/0	+0/-0.06	±0.1	±0.1			±0.2	±0.2	±0.2
RT45	T45/A	40	40	5			5			1	2	1.95	2.5	2	9		23	85	15
RT45M/F	—	45	45	5			5			1	2	1.95	2.5	2	9		25	65	15
RT50	T50/A	50	50	5			5			1					9		30	75	25
RT50M/F	—	50	50	5			5			1	2	1.95	2.5	2	9		30	75	25
Tolerances		±1.5	±1.0	+0.1/0	+3/0		±0.75				+0.06/0	+0/-0.06	±0.1	±0.1			±0.2	±0.2	±0.2
RF60	—	50	50	9	35	7.5	6.5			1	3	2.95	3.5	3	9		30	75	25
RF70	T70-1/B	70	65	9	34	6	7			1.5	3	2.95	3.5	3	13		42	105	25

Fuente: <https://upcommons.upc.edu>

4.4.3.2 Uniones de guías. es el elemento que se encarga de realizar la unión entre dos tramos de guía.

Figura 20. Unión de guías



4.4.3.3 Aceiteras de lubricación. Son las encargadas de almacenar y dosificar el aceite de lubricación de las guías, se encuentran ubicadas sobre la cabina del ascensor, y viajan a lo largo de toda la guía, a medida que la cabina del ascensor se mueve.

Figura 21. Aceitera



4.4.4 Definición de funciones del sistema de guías.

A continuación se presenta la tabla correspondiente, continuando con la metodología RCM.

Tabla 4. Fallas funcionales sistema de guías

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Guiar la cabina a lo largo del foso del ascensor con una desviación máxima de 5mm +- 1% de forma silenciosa y uniforme	A	El movimiento de la cabina no es uniforme	1	Las guías están torcidas.	La cabina del ascensor presenta movimientos laterales, debido a que las guías del ascensor están torcidas. Se debe reemplazar el tramo de guía que esté torcido. Tiempo de reparación: 1 semana.
				2	Las guías están desgastadas.	Se presentan movimientos laterales en la cabina, debido a que las caras de fricción de las guías ya no son planas debido al desgaste. Se debe reemplazar el tramo de guía que se encuentre desgastado. Tiempo de reparación 1 semana.
				3	Las guías no están alineadas	La cabina presenta saltos en su movimiento, en puntos específicos, debido a que una o varias juntas de las guías han perdido su alineación. Se debe re alinear la guía. Tiempo de reparación: 1 día.
				4	Las deslizaderas de cabina están desgastadas	La cabina presenta movimientos oscilatorios, debido a que las deslizaderas están desgastadas, se deben reemplazar las deslizaderas. Tiempo de reparación: 1 día.

		B	Se presenta ruido durante el movimiento de la cabina	1	Guías sin lubricación.	Se presenta ruido continuodurante el movimiento de la cabina. Se deben lubricar las guías, directamente, y llenar las aceiteras ubicadas en la cabina. Tiempo de reparación: 2 Horas.
	2			Suciedad en las guías.	Se presentan ruidos localizados en ciertas áreas del recorrido de la cabina. Se deben limpiar las guías, y luego lubricarlas. Tiempo de reparación: 2 Horas.	
	3			Incrustaciones en las guías.	Se presentan golpes durante el desplazamiento de la cabina, esto se debe a incrustaciones en la cara de fricción de las guías. Se debe pulir el sector de guía afectado, y lubricar. Tiempo de reparación: 6 horas.	
2	Sostener la cabina, en caso de accionamiento del freno paracaídas.	A	Las guías no son capaces de sostener la cabina del ascensor.	1	Los chazos de anclaje de las guías han perdido sujeción.	Las guías se sueltan de la pared del foso, cuando se presenta una acción de frenado de emergencia. Se deben reemplazar todos los anclajes de las guías del ascensor. Tiempo de reparación: 1 semana.

4.5 SISTEMA DE SEGURIDAD

El sistema de seguridad, es el encargado de proveer la seguridad suficiente al ascensor tendiente a evitar cualquier clase de accidente. El sistema de seguridad es de vital importancia porque en su buen funcionamiento está implicado el bienestar de los usuarios. A demás de esto, las normas nacionales e internacionales en lo referente a ascensores, y en particular la norma técnica colombiana 2769 emitida por el instituto de normas técnicas ICONTEC, define los parámetros de funcionamiento del sistema de seguridad del ascensor.

4.5.1 Entradas.

El sistema de seguridad presenta varias entradas de naturaleza mecánica, tendientes a asegurar que la cabina del ascensor no caiga en caída libre y que no sea posible el acceso al foso del ascensor; también que la cabina del ascensor no funcione si alguna puerta se encuentra abierta.

La fuerza ejercida por los resortes de distensionamiento de guayas, se presenta como la señal más importante de entrada al sistema de seguridad. Una vez actuado dicho resorte, el sistema de barras del freno bloquea la cabina mediante unas roldanas de bloqueo que se actúan contra la superficie de las guías, evitando que la cabina se desplace en dirección vertical descendente.

La señal mecánica recibida por los sensores de puerta, y que inmediatamente es traducida a señal eléctrica, es otra entrada al sistema de seguridad, y se encarga de bloquear eléctricamente el sistema para que este no funcione hasta que la puerta en cuestión se encuentre debidamente cerrada.

Una señal de naturaleza mecánica recibida por las trabas de puerta, mediante la actuación de la cabina evita que las puertas de hall se abran en ausencia de la cabina.

4.5.2 Salidas.

Una primera salida del sistema de seguridad es mecánica, y se presenta en forma de fuerza ejercida por el freno paracaídas a la guía del ascensor con el fin de bloquear la cabina.

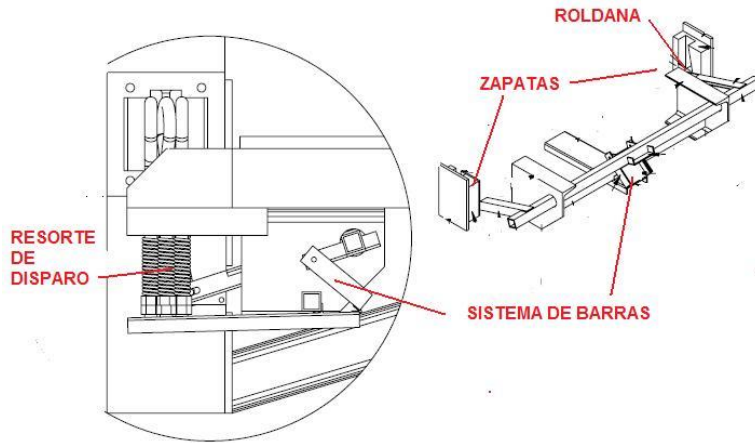
En segundo lugar se presenta una salida eléctrica en forma de suspensión del flujo eléctrico al ascensor hasta que las puertas de hall se encuentren correctamente cerradas.

En tercer lugar se presenta una salida de naturaleza mecánica, la cual consta en bloqueo de las puertas de hall, en ausencia de la cabina en el piso determinado.

4.5.3 Componentes.

4.5.3.1 Freno paracaídas. El freno paracaídas es un sistema de barras actuado por un resorte, que se estira cuando alguno de los cables pierde tensión y que hace que se una roldana, se posicione en forma de cuña contra la guía en un alojamiento llamado zapata. Esto hace que la cabina del ascensor quede bloqueada.

Figura 22. Freno paracaídas

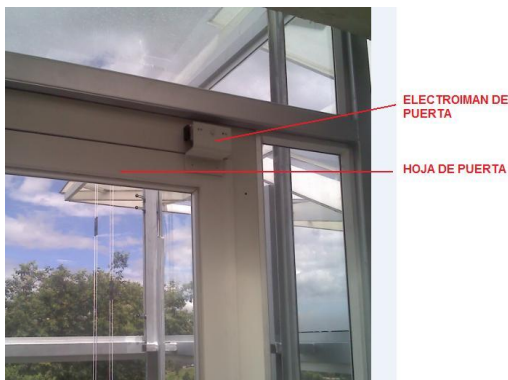


Fuente: Femm SAS

4.5.3.2 Sensores de puerta. En cada una de las puertas se encuentra un sensor de seguridad, que corta el flujo eléctrico del ascensor cuando alguna puerta se encuentra abierta.

4.5.3.3 Imanes de puerta. Cada una de las puertas cuenta con un electroimán que asegura que estas no se abran cuando la cabina no se encuentra en el piso. Este electroimán, se desactiva una vez que la cabina llega al piso, para que los pasajeros puedan entrar.

Figura 23. Imán de puerta



4.5.3.4 Traba mecánica. La traba mecánica es un juego de barras actuado mecánicamente por la cabina del ascensor, que bloquea la puerta mediante un pasador en ausencia de esta.

Figura 24. Traba mecánica



4.5.4 Definición de funciones del sistema de seguridad.

A continuación se presenta la tabla de fallas funcionales del sistema de seguridad.

Tabla 5. Fallas funcionales sistema de seguridad

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Detener la cabina con una aceleración de 1,25g +- 1% cuando esta pierde su sistema de suspensión.	A	La cabina no se detiene	1	El resorte de acción del freno paracaídas no actúa.	La cabina no se detiene, porque al actuador del freno paracaídas no actúa cuando se pierde tensión en la guaya. Se debe reemplazar el resorte: Tiempo de reparación: 1 día.
				2	La roldana de la zapata de freno no bloquea el sistema.	La cabina no se detiene, porque la roldana de la zapata de freno no está bien posicionada, o está trabada, y no forma cuña con la guía. Se debe acondicionar dicha roldana: tiempo de reparación 2 horas.

				3	El sistema de barras del freno paracaídas está bloqueado.	La cabina no se detiene, porque el sistema de barras del freno está bloqueado. Se debe reacondicionar dicho sistema. Tiempo de reparación: 2 horas.
		B	La Energía del ascensor no se corta.	1	El sensor de distensionamiento de guayas, no está funcionando.	La cabina del ascensor se detiene, pero el motor eléctrico continúa funcionando, o la válvula on-off de descenso. Se debe reemplazar el sensor, posicionándolo correctamente. Tiempo de reparación: 1 hora.
2	Evitar el movimiento de la cabina, cuando alguna puerta se encuentra abierta.	A	El ascensor se mueve, a pesar de haber puertas abiertas.	1	El sensor de apertura de puerta está dañado.	El sensor no presenta obturación, a pesar de ser actuado con la mano: se debe reemplazar el sensor. Tiempo de reparación: 1 Hora.
				2	El sensor de apertura de puerta está mal posicionado.	Al cerrar la puerta, esta no obtura el sensor, cosa que si se logra si se actúa con la mano. Se debe reacomodar el sensor para que cumpla su función. Tiempo de

					reparación: 1 hora.
				3	El relé de control de los sensores de puertas está dañado. La cabina se mueve, a pesar de que los sensores de seguridad de las puertas están funcionando correctamente. Se debe reemplazar el relé que los controla: tiempo de reparación: 1 hora.
3	Impedir el acceso al foso del ascensor	A	Las puertas se abren cuando la cabina no se encuentra en el piso correspondiente	1	La traba mecánica de la puerta no funciona. El pasador de la traba mecánica no llega a su punto de salida máximo, y permite la apertura de la puerta; se debe reacondicionar la traba mecánica para que el pasador bloquee la apertura de la puerta. Tiempo de reparación: 2 horas.
				2	El electroimán de la puerta no está energizado. No hay sujeción por parte del electroimán, y permite que la puerta se abra, se debe reemplazar el relé

						de control de los electroimanes.
				3	El electroimán de la puerta está mal posicionado	No hay sujeción por parte del electroimán debido a que esta mal alineado, se debe re alinear. Tiempo de reparación 1 hora.

4.6 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión, es el encargado de mantener la cabina suspendida, mediante los cables de suspensión y sus respectivos accesorios.

El sistema de suspensión, a pesar de su sencillez es el más importante en lo referente a la seguridad, pues las consecuencias de las fallas en este sistema generalmente son catastróficas, y ponen en riesgo la seguridad de las personas.

Adicionalmente a esto, el sistema de suspensión presenta como característica importante, la presencia de fallas ocultas, que se deben localizar a tiempo mediante técnicas caza-fallas.

4.6.1 Entradas.

Al sistema de suspensión entra la fuerza realizada por el cilindro hidráulico.

4.6.2 Salidas.

Del sistema de suspensión salen las fuerzas ejercidas por los cables sobre la cabina del ascensor.

4.6.3 Componentes.

4.6.3.1 Cables. Los cables son el elemento fundamentas del sistema de suspensión, y su diseño y procedimientos de inspección, están altamente determinados en las normas de ascensores.

4.6.3.2 Polea de reenvío. Es la polea encargada de direccionar los cables durante su funcionamiento dentro del sistema del ascensor.

4.6.3.3 Eje de polea. Es el encargado de sostener la polea de reenvío mientras cumple su función, y es de vital importancia, puesto que una posible falla de este puede tener consecuencias catastróficas.

Figura 25. Polea de reenvío



4.6.4 Definición de funciones del sistema de suspensión.

A continuación se presenta la tabla de fallas funcionales del sistema de suspensión.

Tabla 6. Fallas funcionales sistema de suspensión

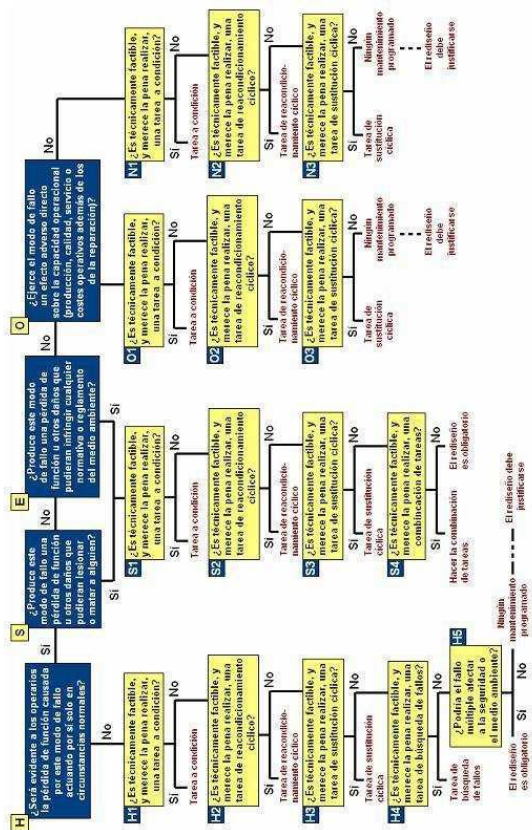
Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	mantener suspendida la cabina del ascensor con un alargamiento máximo de 5 mm +- 1%	A	La cabina del ascensor no se mantiene suspendida	1	Los cables de suspensión han fallado	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido a la rotura de los cables de suspensión. Se deben cambiar los cables. Tiempo de reparación 1 día.
				2	El eje de la polea de suspensión ha fallado.	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido a la rotura del eje de la polea de suspensión. Se debe cambiar el eje. Tiempo de reparación 1 día.
				3	El cilindro hidráulico ha fallado al pandeo.	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido a la falla del cilindro hidráulico. Se debe cambiar el cilindro. Tiempo de reparación 1 mes.

5 MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO SEGÚN LA METODOLOGIA RCM.

5.1 PROCESO DE DECISION.

Una vez establecidas las funciones de cada uno de los sistemas que componen el ascensor, la metodología RCM propone hacer un análisis referente a las consecuencias de las posibles fallas, con el propósito de establecer las tareas a seguir y la prioridad que estas deben tener; la figura presenta el diagrama de decisión RCM según Mubray.

Figura 26. Diagrama de decisión



Fuente: <http://www.emagister.com/curso-confiabilidad-operacional/ejemplo-analisis-criticidad>

La información se consigna en una tabla de decisión, que se basa en el diagrama, y que especifica las tareas que se deben realizar, relacionadas con sus respectivas fallas funcionales.

Figura 27. Hoja de decisión

Hoja de decisión RCM															
Sistema		Equipo de trabajo										Fecha	Hoja No de		
Componente		Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5				S4

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

Las tres primeras columnas presentan las funciones, fallas funcionales y modos de falla, del sistema en cuestión; las siguientes tres, se refieren a las consecuencias que acarrearán dichas fallas. Las demás columnas se refieren al tipo de actividades que se deben realizar para cada una de las fallas funcionales y sus frecuencias y responsables.

Dentro del procedimiento de decisión se establece la naturaleza de las tareas, de existir estas, y de ser viable realizarlas; también se establece la necesidad de hacer tareas de búsqueda de fallas, cuando las consecuencias de dichas fallas ocultas pueden ser perjudiciales para la seguridad de las personas o el medio ambiente

Figura 28. Tareas proactivas

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				<p>Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.</p>
5	B	2	S	S			<p>Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.</p>
2	C	4	S	N	S		<p>Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.</p>
1	A	5	S	N	N	S	<p>Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un periodo de tiempo.</p>
1	B	3	S	N	N	N	<p>Consecuencias no operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un periodo de tiempo.</p>

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

Figura 29. Tareas a falta de..

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4	
3	A	1	N				N	N	N	S			<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla? Registrar "SI" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable.</p>
4	B	4	N				N	N	N	N	S		<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente? Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es NO. Si la respuesta es positiva, el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es NO, la acción "a falta de" es no realizar mantenimiento preventivo, pero el rediseño puede ser deseable.</p>
4	C	2	N				N	N	N	N	N		
5	B	2	S	S			N	N	N		S		<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas? Si, si una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (lo que rara vez sucede). Si la respuesta es NO, el rediseño es obligatorio.</p>
2	A	5	S	S			N	N	N	N	N		
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada. Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N				

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

5.2 SISTEMA HIDRAULICO

5.2.1 Hoja de decisión sistema hidráulico.

Tabla 7. Hoja de decisión sistema hidráulico

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCION DE FALLA			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	realizado por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Realizar prueba de presión a la bomba	2 meses	mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					tarar la válvula de seguridad en el valor correcto	2 meses	mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Verificar la correcta posición de la válvula	2 meses	mecánico
1	A	4	S	N	N	N	N	N	S				Revisar la juntas y empaquetaduras del sistema	2 meses	mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
1	A	6	S	N	N	S	S						Revisar el estado del filtro de succión y reemplazarlo si es necesario.	2 meses	mecánico

1	A	7	S	N	N	N	N	S					hacer limpieza del motor eléctrico y sus conexiones	2 meses	electricista
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Hacer pruebas de caudal a la bomba, mediante la toma de tiempos de recorrido de la cabina	2 meses	mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	S					limpiar la válvula de control de flujo	2 meses	mecánico
1	B	3	S	N	N	N	S						Limpiar e inspeccionar el cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
1	B	4	S	N	N	S	N	S					Verificar taraje de la válvula de seguridad	2 meses	mecánico
1	B	5	S	N	N	N	N	S					Verificar las conexiones de alimentación del motor	2 meses	electricista
1	B	6	N				N	N	N	S			Accionar varias veces el ascensor en busca de puntos de restricción o calentamiento del aceite	2 meses	mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Purgar el aire del sistema hidráulico	2 meses	mecánico

1	C	2	S	N	N	S	S						Revisar el estado del filtro de succión y reemplazarlo si es necesario.	2 meses	mecánico
1	C	3	S	N	N	S	N	S					Revisar los voltajes de la alimentación del motor eléctrico	2 meses	electricista
1	C	4	S	N	N	S	S						Revisar el acople bomba motor y reemplazar componentes rotos	2 meses	mecánico
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado del motor eléctrico	2 meses	electricista
1	D	2	S	N	N	S	N	S					Revisar el nivel de aceite y completarlo al valor indicado	2 meses	mecánico
1	D	3	S	N	N	S	N	S					tarar la válvula de seguridad en el valor correcto	2 meses	mecánico
1	D	4	S	N	N	S	N	S					Verificar la correcta posición de la válvula	2 meses	mecánico
1	D	5	S	N	N	S	S						Revisar la condición de la válvula on-off y reemplazarla de ser necesario	2 meses	mecánico

1	D	6	S	N	N	S	S						Revisar la condición de la bomba y reemplazarla de ser necesario	2 meses	mecánico
1	D	7	S	N	N	S	S						Revisar el estado del acople y reemplazarlo de ser necesario	2 meses	mecánico
1	D	8	S	N	N	S	N	S					Verificar el correcto orden de las conexiones del motor	2 meses	electricista
1	D	9	S	N	N	S	S						Buscar puntos de fuga y repararlos	2 meses	mecánico
1	D	10	S	N	N	S	S						Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
2	A	1	S	N	N	N	S						Revisar posibles fugas y repararlas	2 meses	mecánico
2	A	2	S	N	N	N	S						Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
2	A	3	S	N	N	N	S						Revisar el estado del puerto del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
2	B	1	S	N	N	N	N	S					Hacer limpieza del cuarto de máquinas	2 meses	mecánico
2	B	2	S	N	N	N	N	S					Limpiar y despejar la unidad	2 meses	mecánico

													hidráulica		
2	B	3	S	N	N	N	N	S					Limpiar el tanque de aceite	2 meses	mecánico
2	C	1	S	N	N	N	S						Revisar el cuerpo del tanque en busca de puntos húmedos	2 meses	mecánico
3	A	1	S	N	N	S	S						revisar y corregir posibles puntos de fuga	2 meses	mecánico
3	A	2	S	N	N	S	S						Revisar y reemplazar la válvula cheque	2 meses	mecánico
3	A	3	S	N	N	S	S						Revisar y remplazar la válvula on-off	2 meses	mecánico
3	A	4	S	N	N	S	N	S					revisar y acondicionar correctamente la válvula de descenso	2 meses	mecánico
3	A	5	S	N	N	S	N	S					revisar y acondicionar correctamente la válvula de descenso	2 meses	mecánico
3	B	1	S	N	N	S	N	S					Purgar el aire del sistema hidráulico	2 meses	mecánico
3	C	1	S	N	N	S	S						Revisar la válvula on-off y reemplazarla si es necesario	2 meses	mecánico

3	C	2	S	N	N	S	N	S					limpiar los contactores del motor en el tablero de control	2 meses	mecánico
3	C	3	S	N	N	S	N	S					limpiar el relé de la válvula on-off	2 meses	mecánico
4	A	1	S	N	N	S	N	S					limpiar la válvula de control de flujo	2 meses	mecánico
4	A	2	S	N	N	S	N	S					Tarar la válvula de control de flujo	2 meses	mecánico
4	A	3	S	N	N	S	N	S					Limpiar la válvula on-off	2 meses	mecánico
4	A	4	S	N	N	S	S						Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
4	A	5	S	N	N	S	N	S					Accionar el ascensor repetidamente con medición de los tiempos de recorrido	2 meses	mecánico
4	B	1	S	N	N	S	N	S					Purgar el aire del sistema hidráulico	2 meses	mecánico
4	B	2	S	N	N	S	S						Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
4	C	1	S	N	N	S	S						revisar los relés del tablero eléctrico	2 meses	electricista

4	C	2	S	N	N	S	S						Revisar la válvula on-off y reemplazarla si es necesario	2 meses	mecánico
4	C	3	S	N	N	S	N	S					Acondicionar la válvula de control de flujo	2 meses	mecánico
4	C	4	S	N	N	S	S						Revisar el estado del cilindro hidráulico	2 meses	mecánico
4	C	5	S	N	N	S	N	S					Limpiar el tubo de retorno a tanque	2 meses	mecánico

5.3 SISTEMA ELECTRICO

5.3.1 Hoja de decisión sistema eléctrico.

Tabla 8. Hoja de decisión sistema eléctrico

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION DE FALLA			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	realizado por			
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3				H4	H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	N	S								Medir el voltaje de las líneas de alimentación del ascensor	2 meses	electricista

1	B	1	S	N	N	S	N	S					limpiar los tacos de seguridad del ascensor	2 meses	electricista
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Asegurar las conexiones de la red eléctrica al tablero del ascensor y verificar el voltaje de las fases	2 meses	electricista
1	B	3	S	N	N	S	N	S					Limpiar Y asegurar las conexiones de la bornera del motor	2 meses	electricista
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Medir el voltaje de las líneas de alimentación del ascensor	2 meses	electricista
1	C	2	S	N	N	S	N	S					limpiar los tacos de seguridad del ascensor	2 meses	electricista
2	A	1	S	N	N	S	S						Verificar el funcionamiento de los botones, y reemplazar los que se encuentren defectuosos	2 meses	electricista
2	A	2	S	N	N	S	S						Verificar el funcionamiento de los relés del tablero eléctrico y reemplazarlos de	2 meses	electricista

														ser necesario		
2	A	3	S	N	N	S	S							Verificar el funcionamiento de la tarjeta electrónica y reparar de ser necesario.	2 meses	electricista
2	A	4	S	N	N	S	N	S						Posicionar los elementos de seguridad en los valores correctos	2 meses	electricista
2	B	1	S	N	N	S	S							Verificar el funcionamiento de los finales de carrera y reparar de ser necesario	2 meses	electricista
2	B	2	S	N	N	S	S							Verificar el funcionamiento de la tarjeta electrónica y reparar de ser necesario.	2 meses	electricista
2	B	3	S	N	N	S	S							Verificar el funcionamiento de la bobina de la válvula on-off y reemplazar de ser necesario.	2 meses	electricista

5.4 SISTEMA DE GUIAS

5.4.1 Hoja de decisión sistema de guías.

Tabla 9. Hoja de decisión sistema de guías

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCION DE FALLA			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	realizado por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar estado de la superficie de la guía	2 meses	mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Verificar estado de la superficie de la guía	2 meses	mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Rectificar alineación de guías	2 meses	mecánico
1	A	4	S	N	N	N	N	N	S				Revisar el estado de las superficies de las guías y reemplazar de ser necesario	2 meses	mecánico
1	B	1	S	N	N	N	N	S					Lubricar las guías y llenar las aceiteras de cabina	2 meses	mecánico
1	B	2	S	N	N	N	N	S					hacer limpieza de guías	2 meses	mecánico
1	B	3	S	N	N	N	S						Revisar el estado de las superficies de las guías y	2 meses	mecánico

															reemplazar de ser necesario		
2	A	1	S	N	N	N	S								Revisar el estado de los chazos de sujeción de guías, y reemplazar los que hayan perdido presión	6 meses	mecánico

5.5. SISTEMA DE SEGURIDAD

5.5.1 Hoja de decisión sistema de seguridad.

Tabla 10. Hoja de decisión sistema de seguridad

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION DE FALLA			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	realizado por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3				H4	H5
1	A	1	N				N	N	N	S					Distensionar los cables de suspensión del ascensor, para detectar si algún resorte ha perdido elasticidad.	6 meses	mecánico

1	A	2	N				N	N	N	S			Suspender la cabina con un diferencial, y verificar que la roldana del freno de seguridad se mueva con libertad.	6 meses	mecánico
1	A	3	N				N	N	N	S			Suspender la cabina con un diferencial, y verificar que el mecanismo del freno de seguridad se mueva con libertad.	6 meses	mecánico
1	B	1	S	N	N	N	S						Revisar el estado del sensor de distencionamiento de guayas, y reemplazar de ser necesario	2 meses	mecánico
2	A	1	S	N	N	N	S						Revisar el estado del sensor de puertas, y reemplazar de ser necesario	2 meses	mecánico
2	A	2	S	N	N	N	S	N					Posicionar correctamente los sensores de puertas	2 meses	mecánico
2	A	3	S	N	N	N	S						verificar el funcionamiento del relé de control de los	2 meses	electricista

															sensores de seguridad		
3	A	1	S	N	N	S	N	S							Lubricar y acondicionar la traba mecánica de las puertas	2 meses	electricista
3	A	2	S	N	N	N	S								verificar el funcionamiento del relé de control de los imanes de las puertas	2 meses	electricista
3	A	3	S	N	N	N	N	S							Posicionar correctamente los imanes de puertas	2 meses	mecánico

5.6 SISTEMA DE SUSPENSION

5.6.1 Hoja de decisión sistema de suspensión.

Tabla 11. Hoja de decisión sistema de suspensión

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION DE FALLA			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	realizado por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3			
							N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	S	N	N	S						Verificar el estado de los	2 meses	mecánico

														cables de suspensión y reemplazar de ser necesario		
1	A	2	S	S	N	N	N	S						Ajustar la posición del eje de la polea y los pines de retención de este	2 meses	mecánico
1	A	3	S				N	N	N	N	N	S		Rediseñar el cilindro hidráulico al pandeo.	2 meses	mecánico

5.7 CONSIDERACIONES ESPECIALES

Para la definición de las diferentes tareas de mantenimiento, así como el establecimiento de tiempos, se tomó como principal fuente de información la presentada por los técnicos más experimentados de la empresa, quienes compartieron sus conocimientos, he hicieron aportes importantes a la hora de determinar los aspectos relevantes del trabajo realizado.

De la documentación existente en el departamento de mantenimiento, se pudo extraer muy poca información, debido a las falencias que aún se presentan allí, pero que se espera se superen gracias a la implementación d estos tipos de análisis de mantenimiento.

Gracias al establecimiento de los intervalos de las tareas de mantenimiento, se pudo determinar cómo periodo de mantenimiento estándar para los ascensores, la cantidad de dos meses, como periodo de revisión y mantenimiento preventivo de los ascensores; periodo este que no estaba completamente definido, y que se realizaba más con criterios económicos que con criterios ingenieriles.

6 CONCLUSIONES

El proceso de análisis RCM permite integrar a los diferentes personajes involucrados en las labores de mantenimiento de los ascensores, y esto hace que el sentido de pertenencia hacia la empresa, y en general el sentido de bienestar en el puesto de trabajo se vea incrementado.

La diferenciación de los diferentes sistemas que componen el equipo en cuestión, permite desglosar mejor el conocimiento con respecto a él, dando mayor importancia a los aspectos más relevantes; y dejando de lado procesos que habitualmente consumen mucho tiempo, y que a la larga no presentan mayor relevancia.

La definición de tareas y de sus respectivos intervalos permite que se pueda realizar una planeación más eficaz del mantenimiento, debido a que se conoce cuáles son las labores de mantenimiento más importantes, su frecuencia y las personas encargadas de realizarlas.

Gracias al establecimiento de las causas de las fallas, y a la determinación de cuál es su posible origen, se ha podido establecer de forma más precisa cuales son los aspectos principales en que se deben fijar los usuarios del ascensor; que a la larga son quienes realizan la primera inspección mediante el uso del mismo.

De la misma manera, se ha podido establecer de forma más precisa, que preguntar a los usuarios del ascensor cuando ellos reportan una falla del equipo; para poder determinar la naturaleza del equipo de trabajo, y los insumos que requieren para realizar el mantenimiento cuando es de naturaleza correctiva.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. 2013.

DIXON CAMPBELL, John. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México: Limusa Wiley, 1995.

MIRAVETE, Antonio. El libro del transporte vertical. Zaragoza: Centro politécnico superior Universidad de Zaragoza. 1996.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. North Carolina: Aladon LLC. 2004.