



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Metodología de gestión de mantenimiento
desde una perspectiva de Confiabilidad-
Disponibilidad-Mantenibilidad (CDM) para
aplicación en equipos de Tecnología de la
Información (TI)**

Luis Fernando Hincapié Pérez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento Mecánica
Medellín, Colombia
2017

Metodología de gestión de mantenimiento desde una perspectiva de Confiabilidad-Disponibilidad- Mantenibilidad (CDM) para aplicación en equipos de Tecnología de la Información (TI)

Luis Fernando Hincapié Pérez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería Mecánica

Director: Germán Leonardo García Monsalve
PhD. Ingeniería

Línea de Investigación:
Mantenimiento

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Mecánica
Medellín, Colombia
2017

“Frecuentemente las organizaciones creen que comprando o desarrollando una herramienta, todos sus problemas serán resueltos, y es fácil olvidar que aún dependen de los procesos, las actividades y, lo más importante, la gente” (ITIL V3).

Resumen

Este trabajo se desarrolla en base a tres aspectos generales. El primero pone en contexto el mantenimiento en relación a los activos de las organizaciones y en relación a la tecnología de la información –TI-, los tipos y actividades de mantenimiento y los conceptos de servicio y calidad del servicio. Estas definiciones son tomadas en su mayoría de organismos como la Comisión Electrotécnica Internacional –IEC- y The Cabinet Office del Reino Unido (antes eran manejadas por la oficina de Comercio Gubernamental del Reino Unido –OGC-) bajo el compendio de mejores prácticas denominado ITIL.

El segundo aspecto introduce las definiciones de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en general y luego limita el estudio a la disponibilidad operacional en servicios de TI (y lo que implica en la confiabilidad y mantenibilidad operacional en TI).

El tercero presenta una metodología de mantenimiento para equipos de tecnología de la información basada en la herramienta de toma de decisiones con múltiples criterios (Multiple-Criteria Decisión-Making –MCDM-) que considera criterios contradictorios, criterios de CDM y varias alternativas de mantenimiento. De las seis diferentes alternativas de mantenimiento utilizadas, el PHM (Prognostics and Health Management) obtiene la puntuación más alta para su aplicación, dando mayor peso a los criterios que se refieren al uso de mejores prácticas como ITIL, la realización de actividades y a la mantenibilidad. Se lleva a cabo un caso de estudio en donde se determinan los principales tipos de falla y se realizan los cálculos de disponibilidad del servicio denominado a “Equipos de Usuario Final”.

Como resultado final se encuentra que los diferentes métodos MCDM clasifican con mayor puntaje las alternativas de mantenimiento que tienen que ver con la funcionalidad del equipo o sistema como es el PHM, el chequeo funcional y el mantenimiento preventivo. Además presenta al MCDM-RIM como el más adecuada cuando se pretende usar tiempos o rangos de tiempo específicos en criterios que impacten la disponibilidad y por lo tanto lograr la efectividad en mantenimiento que se pretende con la metodología.

Palabras Claves: mantenimiento, metodología, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, MCDM, ITIL

Abstract

The development of this work is based on three general aspects. The first aspect puts in context the maintenance in relation to the assets of the organizations, to information technology-IT-, to the types and activities of maintenance, and to the concepts of service and service quality. These definitions are mostly taken from institutions such as the International Electrotechnical Commission (IEC) and the Cabinet Office of the United Kingdom (before by the Office Government Commerce –OGC-) under the best practice compendium known as ITIL.

The second aspect introduces in general the definitions of reliability, availability and maintainability (RAM) and then limits the investigation to operational availability in IT services (and its implies in reliability and operational maintainability in IT).

The third aspect presents a maintenance methodology for information technology equipment based on the multiple-criteria decision-making tool (MCDM), which considers contradictory criteria, CDM criteria and several maintenance alternatives. Of the six different maintenance alternatives used, the PHM (Prognostics and Health Management) obtains the highest score for its application, giving greater weight to the criteria about the use of better practices such as ITIL, the performance of activities and the maintainability. A case study is developed, where is possible to identify the main types of failures, and perform service availability calculations named “end-user equipment”.

As a final result, it is found that the different MCDM methods grade with a higher score the maintenance alternatives that are related to the functionality of the equipment or system like the PHM, the functional check and the preventive maintenance. In addition, it presents the MCDM RIM as the most appropriate when it is intended to use specific times or time ranges in criteria that impact the availability, and therefore achieve the effectiveness in maintenance that is intended with the methodology.

Keywords: maintenance, methodology, reliability, availability, maintainability, MCDM, ITIL

Contenido

1.	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	20
1.1	Activos de tecnología de la información en las organizaciones	22
1.2	Ciclo de vida de un sistema y el costo en el ciclo de vida.	24
1.3	Nivel de madurez de una organización en la gestión de activos y mantenimiento. 26	
1.4	Metodologías, estrategias, y actividades en mantenimiento y servicios.	27
1.5	Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de un sistema.	33
	Consideraciones de confiabilidad y mantenibilidad	36
1.6	Metodologías, estrategias, alternativas y actividades que permiten el desarrollo de la CDM.	42
1.7	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad –MCC- (Reliability-Centred Maintenance –RCM-).	43
1.8	Metodología de mantenimiento MSG-3/PBP&L (Maintenance Steering Group-3 based. Maintenance and Performance-based Planning and Logistics Programs)	45
1.9	Mantenimiento basado en condición o PHM (Prognostic Health Management)	45
1.10	ITIL (Information Technology Infrastructure Library)	49
1.11	Técnicas para análisis de riesgo y disponibilidad.	52
1.11.1	Análisis de árbol de fallas (Faul Tree Analysis –FTA-)	54
1.11.2	Análisis de árbol de eventos (Event Tree Analysis: ETA).	55
1.11.3	Análisis del impacto por falla en el componente (Componente Failure Impact Analysis –CFIA-):	55
1.11.4	Análisis de falla en el servicio (Service Failure Analysis –SFA-):	58
1.12	Gestión de mantenimiento y desempeño en el mantenimiento.	59
2.	PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA LA PROPUESTA METODOLÓGICA.	62
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1	Marcos de trabajo (modelos de mejores prácticas) relacionado con bienes y servicios y tecnología de la información –TI-.	68

3.2	Metodología de mantenimiento basado en múltiples criterios (Multi-Criterio Decision Making –MCDM-)	71
3.3	Criterios relacionados con el tiempo de uso como indicadores	74
3.4	Caso de estudio	75
3.4.1	Estadísticas e Indicadores dados por los sistemas de información.	77
3.4.1.1	Datos obtenidos del Sistema de Información 1 (Helpepeople)	78
3.4.1.2	Datos obtenidos del Sistema de Información 2 (Aranda).	85
3.5	Metodología propuesta para TI	92
3.5.1	Estructura jerárquica según los criterios definidos.	94
3.5.1.1	Alternativas de mantenimiento.	95
3.5.1.2	Criterios	96
3.5.2	Aplicación de la metodología en el caso de estudio	98
3.5.2.1	Caso 1. Tipo de falla: Falla equipo de usuario final. Aplicación de métodos MCDM.	100 108
3.5.2.2	Caso 2. Tipo de falla: Software base Aplicación de métodos MCDM	111 118
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
4.1	Conclusiones	123
4.2	Recomendaciones.	124
A.	ANEXO: “CATÁLOGO DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍA SEDE MEDELLÍN, 2016”.	125
B.	ANEXO: DATOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN HELPEOPLE	128
C.	ANEXO: DATOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN ARANDA	141
D.	ANEXO: SCRIP DE INSTRUCCIONES USADAS EN RSTUDIO PARA OBTENER LOS DIFERENTES RESULTADOS A LOS QUE SE HACE REFERENCIA.	151
E.	ANEXO. EVOLUCIÓN DE LA METODOLOGÍA MSG.	153

Lista de figuras

	pag.
Figura 1-1: El mantenimiento en contexto	21
Figura 1-2: Ciclo de vida y activos que forman parte de las organizaciones	23
Figura 1-3: Costos en el ciclo de vida de un sistema o equipo.	26
Figura 1-4: Criterios o aspectos de madurez para mejoras en el mantenimiento.....	27
Figura 1-5: Relación entre algunos términos que son la base de las actividades de mantenimiento.....	28
Figura 1-6: Clasificación de los modelos que pueden utilizarse para la optimización de mantenimiento.....	30
Figura 1-7: Tasa de fallas en equipos (hardware) como una función del tiempo (curva de la bañera)	37
Figura 1-8: Tasa de fallas del software como una función del tiempo.....	39
Figura 1-9: Calidad en el servicio y su relación con la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.	40
Figura 1-10: Relación entre costos y disponibilidad.....	51
Figura 1-11: Árbol de fallas para TI en equipos de usuario final.	55
Figura 1-12: Puntos de falla por componente de un sistema TI.....	56
Figura 1-13: Tiempos utilizados en ITIL (Proceso de Incidentes)	61
Figura 2-1: El MCDM como la opción escogida de uso en la propuesta de la metodología para TI.....	62
Figura 3-1. Enfoque y aspectos de ITIL respecto a otros marcos de referencia (tomado de Milanovic et al., 2010).....	70
Figura 3-2. Costo del servicio vs calidad del servicio en su relación con el mantenimiento.	71
Figura 3-3: Servicio proactivo vs servicio reactivo y su relación con el mantenimiento.....	72
Figura 3-4. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.....	93
Figura 3-5. Estructura Jerárquica.	94
Figura B-1. Cantidad de Solicitudes del año 2015 dado por el sistema de información 1 (Helpepeople).....	129
Figura B-2. Cantidad de Solicitudes del año 2016 dado por el sistema de información 1 (Helpepeople).....	129
Figura B-3. Cantidad de Solicitudes de “Atención a Usuario Final” en el año 2015	130
Figura B-4: Cantidad de Solicitudes de “Atención a Usuario Final” en el año 2016	130
Figura B-5: Estadísticas por Servicio en el período entre octubre 26 de 2015 y febrero de 2016.	131

Figura B-6: Estadísticas por Servicio en el período entre marzo 1 de 2016 y octubre 31 de 2016	132
Figura B-7: Cumplimiento del ANS (SLA) en todos los servicios prestados entre octubre 2015 y febrero de 2016	133
Figura B-8. Cumplimiento en los ANS (SLA) en el servicio de “Atención a Usuario Final” entre octubre 2015 y febrero de 2016.....	133
Figura B-9: Cumplimiento del ANS (SLA) en todos los servicios prestados entre marzo 1 de 2016 y Octubre 31 de 2016	134
Figura B-10. Cumplimiento del ANS (SLA) en el servicio de “Atención a Usuario Final” entre marzo 1 de 2016 y Octubre 31 de 2016	134
Figura B-11. Disponibilidad del servicio. Este indicador nunca funcionó en dicho sistema de información. Siempre estuvo al 100%. Se toma como ejemplo el mes de septiembre de 2016.	140

Lista de Tablas

Tabla 3-1. Número de solicitudes, relación de incidentes y tasa de cumplimiento en el acuerdo de nivel de incidentes. Sistema de información 1.	78
Tabla 3-2: Solicitudes entre octubre de 2015 y febrero de 2016 (Helpepeople).....	80
Tabla 3-3: Total incidentes y tipo de intervención (actividad) requerido. Servicio de atención a Usuario Final.....	81
Tabla 3-4: Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en el período comprendido entre octubre de 2015 y febrero de 2016).....	81
Tabla 3-5: Casos totales y relación de las diferentes categorías y naturalezas de las solicitudes de servicio.....	83
Tabla 3-6: Porcentaje de actividades en los Incidentes.	83
Tabla 3-7. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad entre marzo y octubre de 2016 en “Incidentes” en el servicio “Atención a Usuario Final”	84
Tabla 3-8. Horas acordadas de servicio y cumplimiento de los acuerdos de Nivel de Servicio –ANS- en “Incidentes” y “Requerimientos” en la Sede Medellín.....	87
Tabla 3-9. Clasificación de incidentes y requerimientos según el grupo de especialistas que los atiende.....	87
Tabla 3-10. Clasificación de los casos según el tipo de servicio al que pertenecen y ejecutados por el grupo de especialista de atención a Usuario Final.....	88
Tabla 3-11. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes por tipo de servicio (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).	88
Tabla 3-12. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad en “Incidentes” por tipo de falla (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).	89
Tabla 3-13. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en “Equipos de Usuario Final” (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).	90
Tabla 3-14. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos de Telefonía.	91
Tabla 3-15. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos por conectividad de red de datos.....	91
Tabla 3-16: Matriz de criterios.	100
Tabla 3-17. Peso según el criterio en base a la matriz de criterios.	102
Tabla 3-18. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de cada una de los criterios respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo2.ahp).....	103

Tabla 3-19. Matriz de decisión AHP resumida, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de los criterios de segundo nivel respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo2.ahp).....	104
Tabla 3-20. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando la prioridad de las alternativas respecto a cada criterio	105
Tabla 3-21. Matriz resumen de prioridad que se le da a criterios como la mantenibilidad, confiabilidad y desempeño en la ejecución con respecto a la disponibilidad	106
Tabla 3-22: Matriz de decisión simplificada y peso de cada alternativa con respecto a un criterio específico	107
Tabla 3-23: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MMOORA.....	108
Tabla 3-24: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método RIM ..	108
Tabla 3-25: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método TOPSIS Vector.....	109
Tabla 3-26: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método TOPSIS Linear	109
Tabla 3-27: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método VIKOR (con 0.5 valor índice Q)	110
Tabla 3-28: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método WASPAS	110
Tabla 3-29: Resumen de los métodos MCDM aplicados al caso 1 “Falla en Equipo Usuario Final”	111
Tabla 3-30. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de cada una de los criterios respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo6.ahp).....	112
Tabla 3-31. Matriz de decisión AHP resumida, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de los criterios de segundo nivel respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo6.ahp).....	113
Tabla 3-32. Matriz AHP general con prioridad en disponibilidad (disponibilidad de 66% vs costos totales 33%)	114
Tabla 3-33. Matriz AHP resumida con prioridad en disponibilidad (disponibilidad de 66% vs costos totales 33%).....	115
Tabla 3-34. Matriz de decisión y peso de cada alternativa con respecto a cada criterio	116
Tabla 3-35. Matriz de decisión simplificada y peso de cada alternativa con respecto a un criterio específico.....	117
Tabla 3-36. Peso criterios. Caso 2: Software base.	118
Tabla 3-37: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM MMOORA.....	118
Tabla 3-38. Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM RIM	119
Tabla 3-39: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM TOPSISVector.....	119
Tabla 3-40: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM TOPSISLinear.	120

Tabla 3-41: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM VIKOR.....	120
Tabla 3-42: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM WASPAS.....	121
Tabla 3-43: Resumen de clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM Metaranking.....	121
Tabla B-1: Actividades y tiempos relacionados con las solicitudes realizadas en el servicio de “Atención a Usuario Final” en el período de octubre de 2015 a febrero de 2016. Abarca los incidentes (fallas) y los requerimientos.	135
Tabla B-2. Actividades y tiempos relacionados con las solicitudes realizadas con los “Incidentes” en el servicio de “Atención a Usuario Final” en el período de octubre de 2015 a febrero de 2016. Abarca los incidentes y los requerimientos.	136
Tabla B-3. Disponibilidad de los servicios por “Incidente” (falla) en el período comprendido entre octubre de 2015 y febrero de 2016.....	137
Tabla B-4: Casos totales y relación de las diferentes categorías y naturalezas de las solicitudes de servicio.....	138
Tabla B-5: Porcentaje de actividades en los Incidentes.....	139
Tabla B-6. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad entre marzo y octubre de 2016 en “Incidentes” en el servicio “Atención a Usuario Final”	139
Tabla C-1: Casos totales y grupo de especialistas relacionados.	141
Tabla C-2: Desagregación de los casos en Incidentes y Llamadas de Servicio (o Requerimientos).....	141
Tabla C-3: Casos según el grupo de especialistas, tipo de servicio y categoría del caso.	142
Tabla C-4: Tiempo de los casos según la categoría y el grupo de especialistas que los soporta	144
Tabla C-5: Cumplimiento de los ANS (SLA) según el grupo de especialistas y tiempo total de dichos casos.....	145
Tabla C-6: Cumplimiento de los ANS (SLA) en Incidentes según el grupo de especialistas y tiempo total de dichos casos.....	145
Tabla C-7: Tipo de falla (o tipo de Incidente), tiempo total por tipo de falla y grupo de especialistas que los soporta.....	146
Tabla C-8. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes por servicio (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).	147
Tabla C-9. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad en “Incidentes” por tipo de falla (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”)......	147
Tabla C-10. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en “Equipos de Usuario Final” (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).	149
Tabla C-11. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos de Telefonía.	150
Tabla C-12. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos por conectividad de red de datos.....	150

Lista de Cuadros

Cuadro 1-1: Puntajes a usar según el AHP	32
Cuadro 1-2: Comparación entre disponibilidad inherente y disponibilidad operacional.	35
Cuadro 1-3: Impacto de la confiabilidad y la mantenibilidad en la disponibilidad	36
Cuadro 1-4: Diferencias entre productos o bienes vs servicios según ITIL	50
Cuadro 1-5: Métodos de análisis de riesgos	53
Cuadro 1-6: Ejemplo de aplicación en TI de uso en el Caso de Estudio.	57
Cuadro 1-7: Metodología de madurez en gestión de riesgos para TI.....	58
Cuadro 1-8: Tiempo de utilización o no utilización de un ítem.	59
Cuadro 1-9: Tiempos de mantenimiento de un ítem.	60
Cuadro 3-1: Marcos de trabajo y de mejores prácticas para tecnología TI y relacionadas	68

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>ANS</i>	Acuerdo de Nivel de Servicio
<i>Aranda</i>	Sistema de información 2. Se considera un CMMS para TI
<i>CAS (en Helpeople)</i>	Centro de Atención de Servicio
<i>CC</i>	Cloud Computing (Computación en la nube)
<i>CDM</i>	Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad (en inglés es conocido como Reliability, Availability, Maintainability o <i>RAM</i>)
<i>CFIA</i>	Component failure impact analysis (Análisis de Impacto de falla en un componente)
<i>CMMS</i>	Computerized Maintenance Management System (Sistema de gestión de mantenimiento computarizado)
<i>CPU</i>	Central Processing Unit (Unidad central de procesamiento)
<i>CSFs</i>	Critical Success Factors (Factores críticos de éxito)
<i>DoD</i>	Department of Defense (Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América)
<i>ETA</i>	Event Tree Analysis (Análisis de árbol de eventos)
<i>FMEA</i>	Failure modes and effects analysis (Modo de falla y análisis de efectos)
<i>FMECA</i>	Failure mode, effects and criticality analysis (Modo de falla, efectos y análisis de criticidad)
<i>Framework</i>	Marco de trabajo
<i>FTA</i>	Fault Tree Analysis (Análisis de árbol de fallas)
<i>GMAO</i>	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (acrónimo de CMMS por sus siglas en inglés)
<i>HAZOP</i>	Hazard and Operability (Análisis funcional de Operatividad)
<i>Helpeople</i>	Sistema de información 1. Se considera un CMMS para TI
<i>IEC</i>	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
<i>IEEE</i>	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricistas y Electrónicos)
<i>ITAM</i>	Gestión de activos TI (IT Asset management)
<i>ITIL</i>	Information Technology Infrastructure Library (Librería de Infraestructura de Tecnología de la Información)
<i>ITIL-OSA</i>	ITIL Operational Support and Analysis (Soporte Operacional y análisis-ITIL)
<i>ITSCM</i>	IT Service Continuity Management (Gestión de Continuidad en los Servicios TI)

<i>ISO</i>	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización)
<i>KPI</i>	Key Performance Indicator (Indicador clave de desempeño)
<i>MCDM</i>	Multiple Criteria Decision Making (Toma de decisiones con criterios múltiples)
<i>MMOORA</i>	Multi-Objective Optimization by Ration Analysis and the Full Multiplicative Form (Método MCDM)
<i>MED.MESA DE SERVICIOS</i>	Mesa de Servicios de la Sede Medellín (de la Universidad Nacional de Colombia)
<i>MED.USUARIO FINAL</i>	Grupo de especialistas de apoyo a los servicios o casos de Usuario Final en la Sede Medellín (de la Universidad Nacional de Colombia)
<i>MDT</i>	Tiempo promedio de inactividad
<i>MSG-3/PBP&L</i>	Maintenance Steering Group-3 based (MSG-3). Maintenance and Performance-based Planning and Logistic Programs (PBL&L). (Programas de planificación y logística basados en mantenimiento y rendimiento).
<i>MTBF</i>	Tiempo promedio entre fallas
<i>MTBM</i>	Tiempo promedio entre mantenimiento
<i>MTTF</i>	Mean Time To Failure (Tiempo promedio para falla)
<i>MTTR</i>	Mean Time To Repair (Tiempo promedio de reparación)
<i>NFF</i>	No fault fond (Falla no encontrada)
<i>OEE</i>	Overall equipment effectiveness (Eficacia Total del Equipo)
<i>PC</i>	Personal Computer (Computador Personal)
<i>PHA</i>	Process Hazard Analysis (Análisis de riesgos del proceso)
<i>PHM</i>	Prognostics and Health Management (Pronósticos y Gestión de Salud)
<i>PHVA</i>	Planificar, hacer, verificar, actuar
<i>PJA</i>	Proceso Jerárquico Analítico (en inglés es conocido como Analytical Hierarchy Process AHP)
<i>RCM</i>	Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)
<i>RIM</i>	Reference Ideal Method (Método MCDM)
<i>SFA</i>	Service Failure Analysis (Análisis de falla del servicio)
<i>SMART</i>	Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology (Tecnología de monitoreo, análisis y reporte)
<i>S&M</i>	Soporte y Mantenimiento
<i>STD</i>	Standard (estándar)
<i>SPoFs</i>	Puntos de falla
<i>TCO</i>	Coste Total de la Propiedad
<i>TI</i>	Tecnología de la Información
<i>TIC</i>	Tecnología de la Información y las Comunicaciones
<i>TPM</i>	Total Productive Maintenance (Mantenimiento productivo total)
<i>TOPSIS</i>	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solucion Method (Método MCDM)
<i>UPS</i>	Uninterruptible Power Supply (Unidad de potencia ininterrumpible)
<i>VIKOR</i>	VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Método MCDM)

<i>WCM</i>	World Class Maintenance (Mantenimiento de clase mundial)
<i>WASPAS</i>	Weighted Aggregated Sum Product Assesmente (Método MCDM)

Introducción

Los activos de TI, son esenciales en la actualidad en casi todo: comunicación, transporte, salud, comercio, seguridad, defensa, educación, investigación, entretenimiento; por lo que están considerados entre el grupo de activos de mayor relevancia en las organizaciones. Y al igual que los demás activos de la organización necesitan de mantenimiento y de cómo este es organizado y ejecutado para que incida en los resultados financieros de la Organización. El mantenimiento lo que pretende es, desde lo técnico y administrativo, evitar en lo posible y corregir de manera breve, las fallas. En general las organizaciones deciden las políticas, metodologías y estrategias para realizarlo pero el proceso implica encontrarse con las dificultades de equipos con uso intensivo de software y hardware, la exigencia permanente de disponibilidad y calidad, cambios tecnológicos permanentes de impacto en la productividad y con personal TI con conocimientos básicos en mantenimiento. El trabajo que se desarrolla a continuación propone una metodología para mantener los equipos de tecnología de la información –TI- y equipos auxiliares relacionados con mayor disponibilidad por medio de tres objetivos específicos que se mencionan a continuación:

- Identificar y caracterizar las principales estrategias, métodos, y mejores prácticas de mantenimiento que utilizan las empresas manufactureras y de servicios con el propósito de considerar su potencial aplicación en equipos de la tecnología de la información.
- Estructurar la metodología a proponer con base en los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, y otros que usualmente se aplican a la gestión operativa y a la gestión administrativa para valorar el desempeño de la gestión de mantenimiento en un caso de estudio propuesto.
- Implementar y desarrollar la metodología de mantenimiento para equipos de la tecnología considerando las principales características contenidas en la perspectiva Confiabilidad-

Disponibilidad-Mantenibilidad y en otras estrategias de mantenimiento de uso actual, con miras a fortalecer los resultados del caso de estudio propuesto.

El logro de cada uno de los objetivos se encuentra distribuido en los capítulos de la siguiente forma:

El Capítulo 1 presenta el marco teórico y el estado del arte donde se dan a conocer los antecedentes generales del mantenimiento y su evolución a través del tiempo es aspectos como el costo de vida de un activo y marcos de mejores prácticas en servicios. También se presentan algunas alternativas (estrategias) y metodologías tradicionales de mantenimiento hasta llegar a unas propuestas más recientes. Es decir, desde el mantenimiento correctivo y preventivo con sus diversas ramificaciones, hasta el TPM, RCM, MSG-3, PHM, MCDM. Por otra parte, para TI, se revisan algunos marcos de trabajo o buenas prácticas y normas como ITIL, MOF, eTOM, ISO12207.

El Capítulo 2 expone los pasos para llegar a la metodología propuesta. Estos pasos incluyen como base la metodología de toma de decisiones basada en múltiples criterios (Multi-Criteria Decision Making –MCDM-) y que junto con el caso de estudio desarrollado en el capítulo 3 definen el logro del objetivo 2. En el desarrollo, se toman como criterios principales: confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y el desempeño del equipo de soporte y mantenimiento. Las actividades del mantenimiento se enfocan en los tiempos de mantenimiento activo, diagnóstico temprano de fallas, disminución de los tiempos de retardo logístico y administrativo, capacitación en mantenimiento, adquisición de software y hardware, uso adecuado del CMMS entre otros. En todos estos casos, los criterios de ITIL y de otras estrategias de mantenimiento como RCM, permiten centrarse en el desempeño de la funcionalidad (funciones primarias y secundarias) y en el manejo de riesgos para disminuir la falla usando métodos de análisis de riesgos como la cadena de eventos (FTA), impacto de falla por componente (CFIA) y el plan de disponibilidad (SFA).

El Capítulo 4 de resultados y discusión, presenta la metodología MCDM modificada en algunos criterios con la adición de métodos de clasificación estadísticos (MMOORE, WASPAS, RIM), y como soporte a la misma, se incluyen dos casos de estudio, según el tipo de falla, dando cumplimiento al objetivo 3. La metodología MCDM aplica solo a equipos de tecnología de la información de usuario final institucional como computadores personales, impresoras o

multifuncionales, conectividad a redes de datos. Sin embargo, el proceso puede involucrar el data center en su concepto de servicio. El caso de estudio, se hace en una organización de tipo académico (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín). No se hace un estudio en una muestra representativa de instituciones, dado que el acceso a los datos de los sistemas de información institucionales, conocidos como CMMS comúnmente es restringido. Además, el mantenimiento y la confiabilidad del software se limitan al aspecto operativo como lo plantea la IEEE, en su concepto de mantenimiento perfecto.

El Capítulo 4 presenta las conclusiones del estudio y presenta los trabajos a futuro que permitan ampliar y mejorar lo realizado.

1. Marco teórico y estado del arte

Bajo el concepto de que el mantenimiento es la combinación de todas las actividades técnicas y administrativas pensadas para mantener o retornar un equipo a un estado en donde pueda funcionar cuando es requerido¹, queda la consideración de decidir cuál o cuáles son las mejores maneras de hacerlo dependiendo de la organización o la industria quienes definen los alcances de sus necesidades y actúan en consecuencia. Esto hace difícil la aplicación generalizada de mantenimiento en las diferentes empresas u organizaciones.

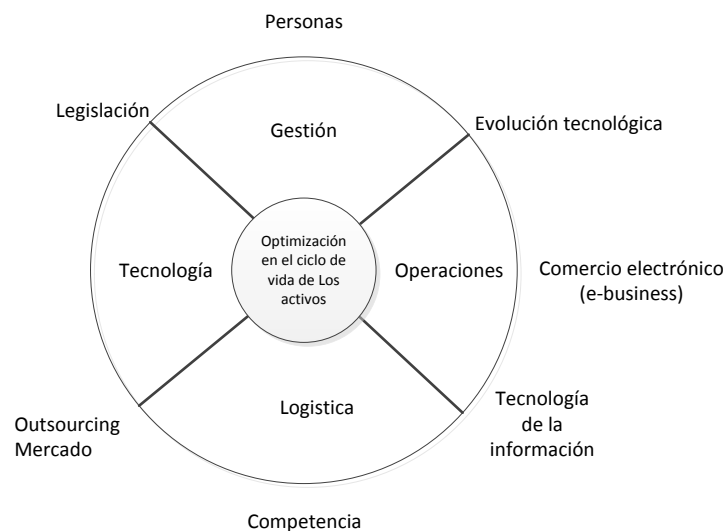
(Wireman, 2004) y (Abreau, Ventura, Fernandes, & Zacarías, 2013) plantean que la relación del mantenimiento reactivo debe estar alrededor del 20% en organizaciones bien estructuradas respecto a otros tipos de mantenimiento, es decir, el 80% restante debe ser planeado y programado. Sin embargo, implícito a este porcentaje está la madurez de las organizaciones en el proceso de mantenimiento y los actores que hacen parte del mismo. Para ello, la gestión del mantenimiento juega un rol significativo en el logro de los objetivos de una organización mejorando la eficiencia en la prestación de los servicios y disminuyendo los costos por inactividad de los mismos. Según (Abreau, Ventura, Fernandes, & Zacarías, 2013), son pocos los estudios que se hacen acerca de la mejora que se hace en la gestión del mantenimiento y como ésta repercute en la mejora del negocio, sin desconocer que las normas PASS 55 y la ISO 55000 (2014) tratan de disminuir esta brecha. El conocimiento y mejoramiento de esta gestión puede lograrse cuando se asume como un proceso dinámico, flexible, continuo, ágil, articulado (Domínguez G., 1998) y el logro de los objetivos no está basado sólo en los criterios y alternativas de aplicación del mantenimiento, sino también en la flexibilidad con que se aborde el proceso de gestión. En resumen, se diría que este proceso de gestión (inicialmente se podría ver como un proceso simplificado PHVA –Planificar, Hacer, Verificar, Actuar-) es lo que hace la diferencia en el resultado (calidad, costo, cumplimiento, confiabilidad, comodidad, atención), le agrega valor al producto (sea un bien o un servicio) y le permite al cliente o usuario reconocer su valor y pagarlo.

¹ International Electrotechnical Commission –IEC- IEV ref 192-06-01 (2017)

Para lograr estos resultados (calidad, costo, cumplimiento, confiabilidad, comodidad, atención) se han adoptado estrategias y metodología en áreas que permiten mejorar los procesos y que difieren en las técnicas y principios que aplican (Abreau, Ventura, Fernandes, & Zacarías, 2013).

(Sherwin, 2000) y (Pintelon & Parodi-Herz, 2008) tienen puntos de vista complementarios en el proceso de mantenimiento. (Sherwin, 2000) lo hace desde las diferentes teorías de administración, modelos matemáticos y modelos de optimización con enfoque académico, estrategias de inspección y renovación, resultados según la relación costo-beneficio y la utilización de los datos de campo; como los principales. (Pintelon & Parodi-Herz, 2008) resalta la complejidad de las tareas que se ejecutan en mantenimiento ya que son una mezcla de administración, tecnología, forma de operar y elementos de apoyo logístico que deben darse en armonía entre ellas y con producción, pero que incluyen otros factores como las personas, la evolución tecnológica, el comercio electrónico (e-business), la tecnología de la Información, la competencia, la internacionalización del mercado, la sociedad y las leyes (ver Figura 1-1).

Figura 1-1: El mantenimiento en contexto



Fuente: (Pintelon & Parodi-Herz, 2008)

Así mismo (Deac, Cârstea, Bâgu, & Pârvu, 2010) presenta en su forma sistémica de ver el proceso de mantenimiento, la fuerte relación con cantidades de producción, costos e indicadores de calidad, lo que permite deducir que la manera en que los recursos y las capacidades sean combinadas define los resultados y hacen parte de las metodologías y estrategias desarrolladas para mantenimiento.

Algunos aspectos de interés que se desprenden de los trabajos de (Sherwin, 2000) (Pintelon & Parodi-Herz, 2008) y (Deac, Cârstea, Bâgu, & Pârvu, 2010) y que deben considerarse en un proceso de mantenimiento, se mencionan a continuación:

- La confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son objetivos permanentes presentes en la gestión y en la ejecución del mantenimiento, contenidos en las diferentes estrategias y metodologías definidas para mantenimiento.
- El mantenimiento es visualizado como un proceso y su aplicación a TI se amplía al momento de definir el concepto de servicio, como se tratará más adelante.
- Todos los principios de uso en mantenimiento que fueron desarrollados para fábricas de producción podrían aplicarse y trasladarse al contexto de los servicios (Pintelon & Parodi-Herz, 2008). El impacto de las TI y en general de las tecnologías de la información y las comunicaciones –TIC- en las organizaciones y en el mantenimiento es de alto valor, por lo tanto, incluye el mantenimiento de estos equipos. (Sherwin, 2000) recomienda el uso de TI para toma de decisiones respecto al mantenimiento. Por su parte, (Pintelon & Parodi-Herz, 2008) resaltan que el mantenimiento no “escapa” a la revolución de la Tecnología de la Información y de la Comunicación –TIC- que a su vez, ha cambiado drásticamente las prácticas de las organizaciones, incluyendo el mantenimiento.

1.1 Activos de tecnología de la información en las organizaciones

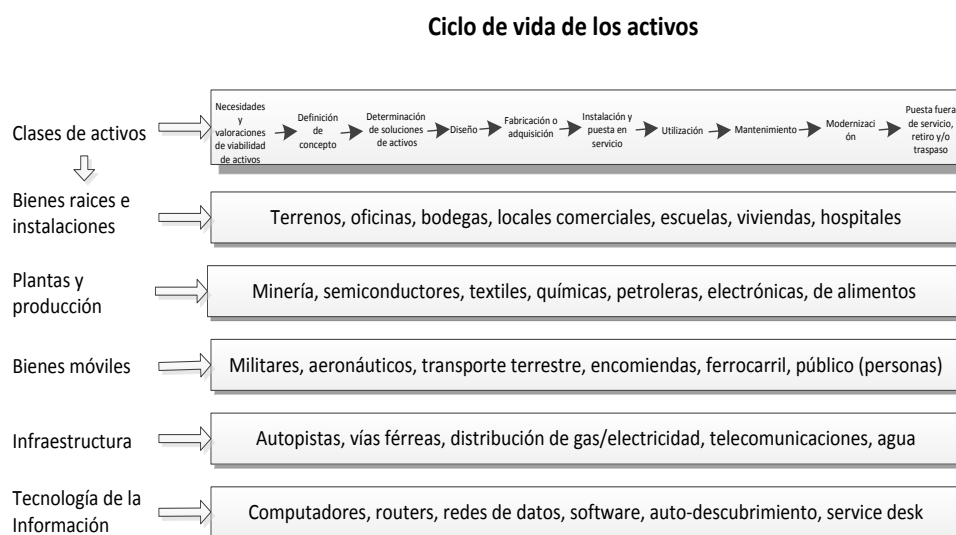
Los activos de una organización son divididos en cinco grandes grupos (McGlynn & Knowlton, 2010): Bienes raíces e instalaciones, Plantas Industriales y Producción, Activos Móviles, Infraestructura, y Tecnología de la Información (ver Figura 1-2). Este último, por su influencia en los resultados financieros de las organizaciones es de interés en su comportamiento en todo su ciclo de vida, teniendo mayor repercusión la gestión de mantenimiento en las etapas de utilización (operación) y del mantenimiento en sí (AENOR-UNE-ISO 55000, 2015).

La gestión de activos (Port, Ashun, & Callaghan, A Framework for Asset Management, 2011) busca incrementar la producción, reducir los tiempos de fabricación, reducir las fallas en el funcionamiento y disminuir los costos en general, pero al hacerlo no se deben presentar riesgos

de seguridad incluido el del medio ambiente. La ISO 55000 define la gestión de activos como aquella que “... traduce los objetivos de una organización en decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en riesgo” (AENOR-UNE-ISO 55000, 2015) . Y entre los diferentes beneficios que se tienen al usar esta gestión de activos están la mejora de la “sostenibilidad organizacional” y “la eficiencia y eficacia de los procesos, procedimientos y el desempeño de los activos” (AENOR-UNE-ISO 55000, 2015). Incrementar la eficiencia, eficacia y desempeño de los activos involucra, entre otros, hacer rentable y competitivo el mantenimiento, a fin de que la organización también sea rentable y competitiva en los mercados de bienes y servicios. Hacer competitivo el mantenimiento implica que la gestión del mantenimiento y una alta disponibilidad de los equipos es (o debería ser)² reconocida y valorada por las empresas (Port, Ashun, & Callaghan, A Framework for Asset Management, 2011).

La gestión de activos TI (por siglas en inglés, ITAM –IT asset management-) es definida como la gestión de activos que prepara y mantiene las capacidades de entrega de tecnología, subyacente del negocio (Green & Helstom, Information Technology Asset Management, 2011). Estas capacidades incorporan el software, hardware, las redes de datos y los datos, y resalta el impacto que tiene en las organizaciones, además, permite reconocer la complejidad de las tareas de mantenimiento en los equipos TI.

Figura 1-2: Ciclo de vida y activos que forman parte de las organizaciones



Fuente: Adaptado de (McGlynn & Knowlton, 2010) y (AENOR-UNE-EN 16646, 2015)

² Todavía es común que el mantenimiento se tome como una actividad que no aporta mayor cosa a las organizaciones o empresas y sea considerado dicho departamento como un mal necesario.

Los activos TI, tienen un ciclo de vida de manera similar a como lo tienen los otros bienes de las empresas u organizaciones a los cuales se les debe hacer mantenimiento. La diferencia más evidente entre TI y otros activos reside en que el ciclo de vida es mucho más corto y se experimentan cambios más radicales para prestar soporte a la nueva tecnología por la forma en que esta es usada (Green & Helstom, Information Technology Asset Management, 2011). Esta característica dificulta y alerta sobre aspectos que deben tenerse en cuenta en el mantenimiento de estos equipos.

El hecho de considerar los activos TI como parte fundamental de la operación total de una planta o de una organización, y la sinergia que se encuentra cuando se combinan la gestión de activos operacionales (no TI) y los TI que benefician toda la organización han permitido reconocerlo como un activo crítico que debe cuidarse en todos los campos. El considerarlo un bien crítico en las organizaciones permitió el florecimiento de marcos de trabajo tales como ITIL –Information Technology Infrastructure Library- que lo trata como un servicio, con procesos definidos y que deben mantenerse y sostenerse con un nivel adecuado de disponibilidad para que las empresas puedan ser competentes en sus diferentes unidades de negocio (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2010)

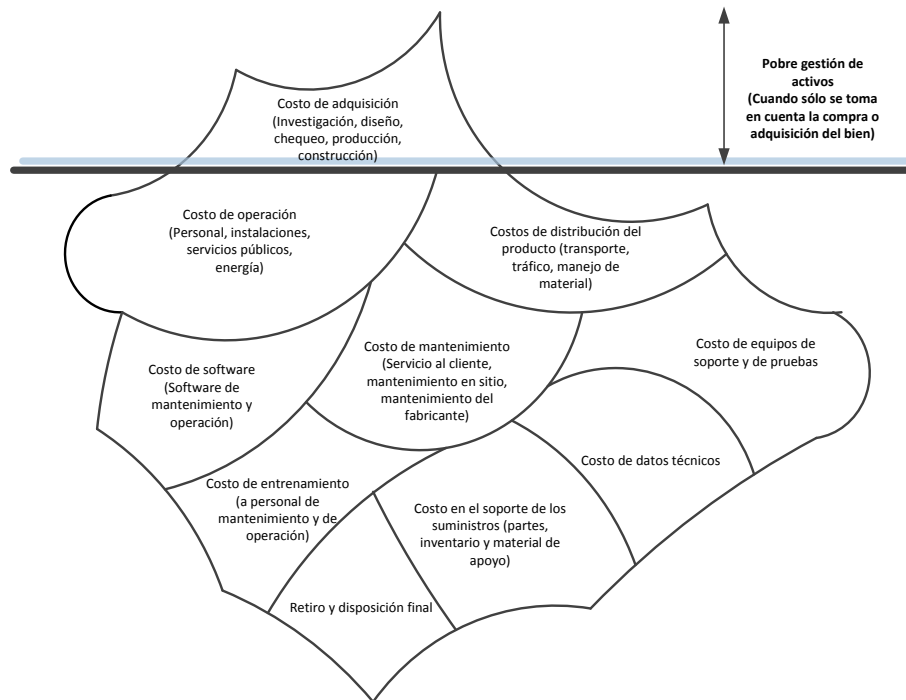
1.2 Ciclo de vida de un sistema y el costo en el ciclo de vida.

Ciclo de vida se refiere a todo el espectro de actividades que se dan a un producto o sistema que están dados de acuerdo a las necesidades identificadas en el consumidor y se extienden a través del diseño y desarrollo del sistema, producción y/o construcción, uso operacional, soporte y mantenimiento, retiro del sistema y disposición final o eliminación (Ahmadi, Gupta, Karim, & Kumar, 2010). La norma EN 16646:2014 presenta el ciclo de vida en 10 etapas (AENOR-UNE-EN 16646, 2015) con algunas diferencias a como lo presenta (McGlynn & Knowlton, 2010). Una de esas diferencias es la forma como desagrega algunas etapas dependiendo del ambiente tecnológico (define 10 etapas o si es una máquina estándar presenta 8 etapas). Para el objetivo de este trabajo, la gestión de mantenimiento se enmarca dentro de un proceso (de gestión de activos TI), que es de los más importantes (AENOR-UNE-EN 16646, 2015), que produce valor y es cambiante en el tiempo, y en principio una metodología MCDM es vista de gran ayuda para el logro de este objetivo.

El beneficio en la gestión de mantenimiento utilizando CDM es que se puede hacer para toda la vida del activo o del sistema, se puede aplicar a cada etapa del sistema y permite determinar y valorar de forma anticipada la gestión y operación de forma integral de toda la cadena de mantenimiento (Department of Defense. United States of America, 2005). La CDM permite con su monitoreo en campo controlar los costos de soporte y mantenimiento (S&M) que representan más de la mitad del costo total de propiedad (ver Figura 1-3). La importancia del costo total de propiedad de los activos radica en que hace explícitos los costos ocultos que de una u otra forma influyen en la gestión y actividades de mantenimiento y pueden afectar la metodología que se pretende implementar para TI. La Figura 1-3 es representativa y explícita en decir que existe una pobre gestión en el ciclo de vida, así como en el mantenimiento (en gestión y aplicación) cuando sólo se tienen en cuenta los costos de adquisición.

El S&M define los elementos de soporte y los costos a través del ciclo de vida. Estos elementos de apoyo incluyen el mantenimiento a todos sus aspectos, como; la mano de obra y el personal para operar y mantener el sistema; los suministros, equipos y herramientas de apoyo; las instalaciones; empaque, manejo, almacenamiento y transporte. Las mediciones que definen el comportamiento en campo son: tasas de éxito en funcionamiento (confiabilidad general o total), disponibilidad operacional y costos. Sin embargo lo que determina el comportamiento CDM del sistema, es la recolección juiciosa de datos de fallas, su análisis y las posteriores decisiones que se tomen al respecto (Department of Defense. United States of America, 2005)

Figura 1-3: Costos en el ciclo de vida de un sistema o equipo.

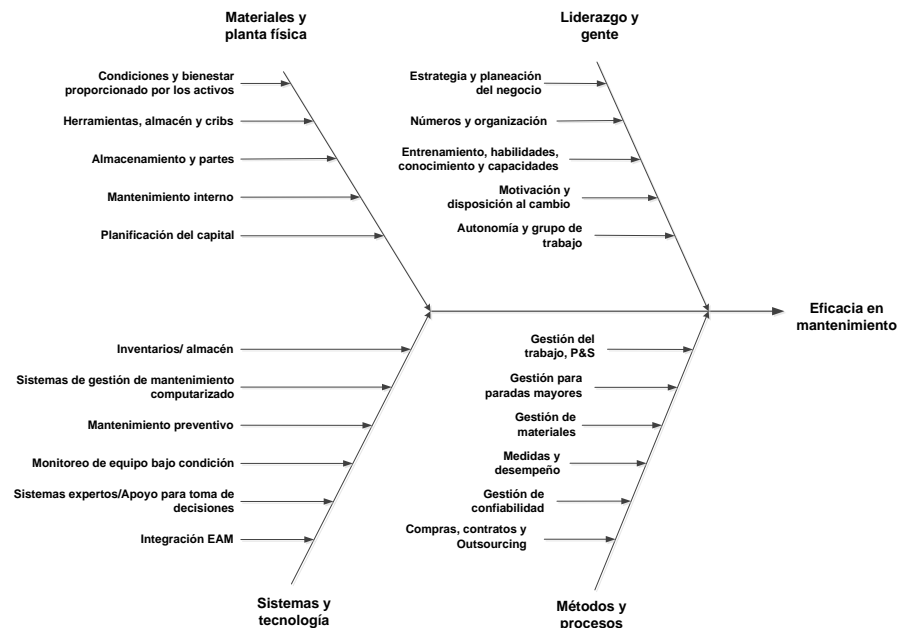


Fuentes: Adaptado de (Department of Defense. United States of America, 2005)

1.3 Nivel de madurez de una organización en la gestión de activos y mantenimiento.

El nivel de madurez de una organización en su gestión de activos y mantenimiento, puede valorarse bajo aspectos generales como lo presenta (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2010). Esa valoración se basa en aspectos tales como las personas y el liderazgo presente en ellas, los métodos y los procesos, la planta física y los materiales, los sistemas y la tecnología; cuyo objetivo es, bajo los diferentes factores o elementos que la componen (ver Figura 1-4), permitirle a las organizaciones reconocer su actual estado y a partir de allí, en su proceso de mejora continua tener una línea base de comparación en los resultados obtenidos o que se pretenden obtener.

Figura 1-4: Criterios o aspectos de madurez para mejoras en el mantenimiento



Fuente: (Port, Ashun, & Callaghan, A Framework for Asset Management, 2011)

La Figura 1-4 reconoce que no sólo lo técnico permite lograr las mejoras sino que existen diferentes criterios que adecuadamente gestionados hacen del mantenimiento un proceso generador de valor y en consecuencia debe ser considerado.

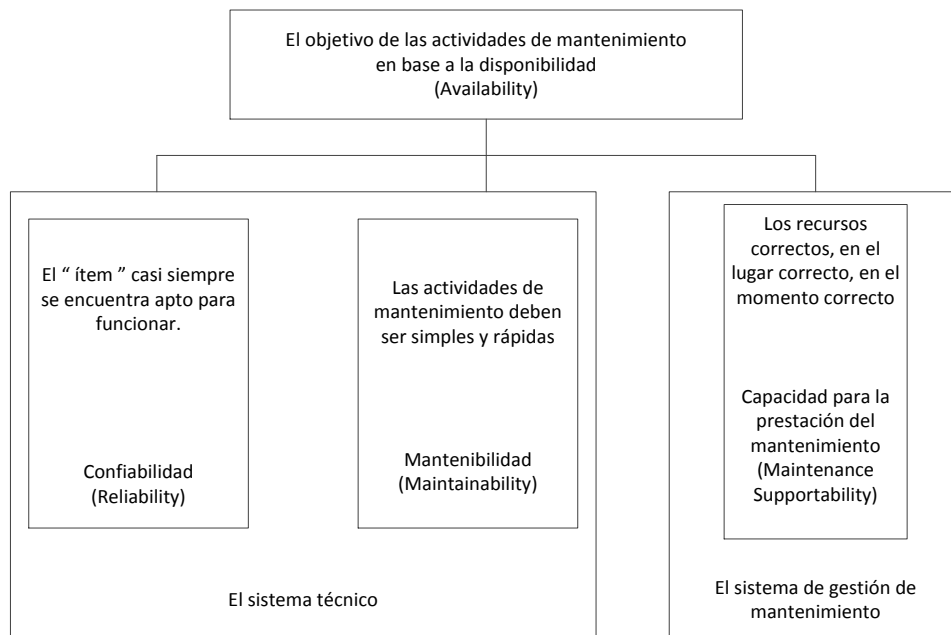
1.4 Metodologías, estrategias, y actividades en mantenimiento y servicios.

Se plantea que el mantenimiento ha dejado de ser reactivo, costoso, y de bajo perfil en la organización y ha pasado a ser construido con rigor científico (sin improvisación), con profesionalismo (mucha menos intuición) y con memoria organizacional (similar en contexto a como lo presenta (Nelson & Winter, 1982) basado en la comunicación escrita y con mucha menos comunicación oral. Sin embargo, en la práctica, no todo es cierto, llevar a cabo esto, requiere de un gran esfuerzo en materia de gestión, así como en la incorporación de nuevas metodologías y estrategias (alternativas) de mantenimiento. Esto conduce, necesariamente, a la relación de factores tecnológicos, económicos y humanos, ya no como un proceso aislado,

sino como algo que impacta con intensidad los resultados de la organización (Qi, 2011) y debe ejecutarse de forma integral.

Para lograr el objetivo de las actividades de mantenimiento este debe llevarse a cabo desde dos puntos de vista: el sistema técnico y el sistema de gestión (ver Figura 1-5). El cómo se abordan ambas partes define el éxito en el logro del mantenimiento. Sin embargo la gestión con base en la metodología y estrategia utilizada es la que permite evaluar si los objetivos fueron logrados o deben corregirse. En este sentido el sistema técnico utiliza el concepto de CMD aplicado a los equipos y el sistema de gestión de mantenimiento aborda la capacidad de la organización para manejar los recursos disponibles y controlar los resultados.

Figura 1-5: Relación entre algunos términos que son la base de las actividades de mantenimiento



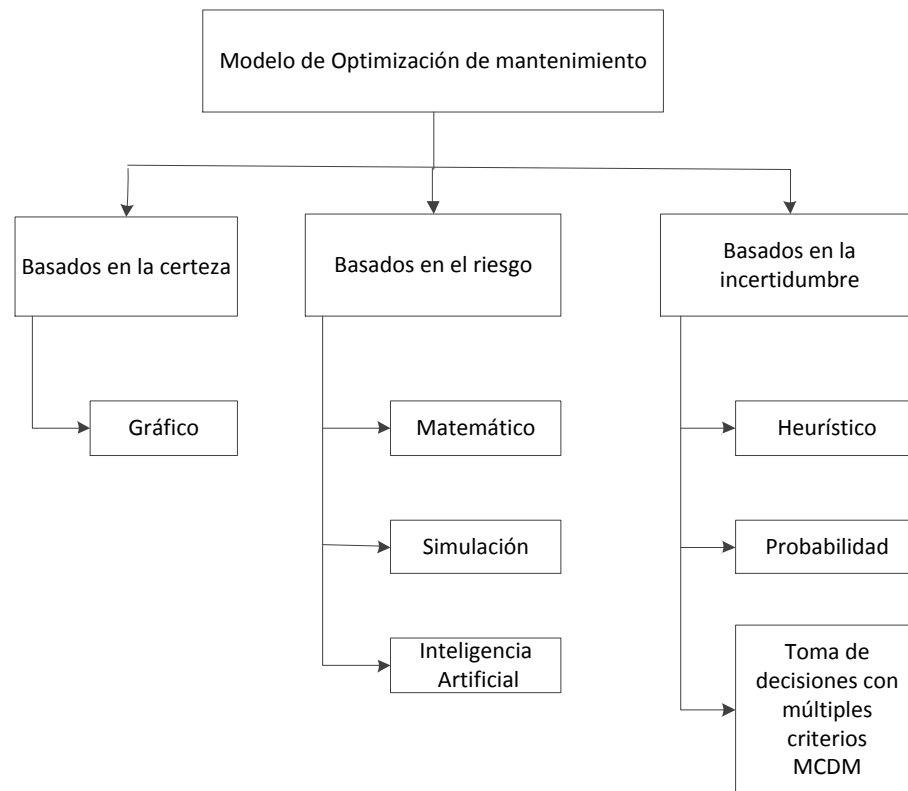
Fuente: Adaptado de (Train in Main Project, 2009)

La literatura en general propone marcos de trabajo con algunas variaciones en las metodologías de gestión y en estrategias de mantenimiento basadas en los modelos y métodos tradicionalmente usados como TPM, RCM, Mantenimiento Proactivo, Terotecnología, Gestión de activos, entre otros. (Mora, 2009), (Karray, 2012), (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013), (García Monsalve, González S, & Cortés M, 2009) expresan que estos modelos y métodos son definidos de acuerdo con las

necesidades de la época (economía), el tipo de empresa y el momento tecnológico (García Monsalve, González S, & Cortés M, 2009), (Deac, Cârstea, Bâgu, & Pârvu, 2010); Correia, 2009; Prassanna, 2011; Jacobs, 2010). También existen otras “tácticas” según Mora (2009) para situaciones especiales y particulares como el mantenimiento orientado a resultados, el mantenimiento de clase mundial (World Class Maintenance –WCM-), mantenimiento centrado en habilidades y competencias (Core Competences Maintenance). Todos ellos con propósitos definidos de acuerdo a las necesidades y tratando de influir en los aspectos tanto técnicos como de gestión.

(Ding & Kamaruddin, 2014) indica la relevancia del mantenimiento y sus políticas de gestión, tanto a nivel académico como a nivel industrial. Desde el punto de vista académico porque se busca innovar y cerrar la brecha que no le permite a la industria usarlos de manera práctica. A nivel industrial porque aporta a la rentabilidad y competitividad de las Organizaciones. También les permitió clasificar la optimización de mantenimiento en tres tipos basados en la certeza, en el riesgo, o en la incertidumbre (ver Figura 1-6). Un modelo basado en la incertidumbre se define como “un modelo que usualmente necesita ser comprobado en base al juicio y a través de probabilidades subjetivas” (Ding & Kamaruddin, 2014). De los basados en la incertidumbre el de aplicación a TI es el modelo de toma de decisiones con múltiples criterios –MCDM-. El MCDM en su aspecto básico es el de servir para tomar decisiones cuando se tienen varios criterios de interés y algunos de ellos pueden ser contradictorios. Para lograr esto, el MCDM se apoya en un proceso jerárquico analítico –PJA- (en inglés es Analytical Hierarchy Process –AHP-) con criterios muy definidos pero así mismo buscando cumplir múltiples objetivos. Una clasificación del MCDM con más profundidad puede verse en la referencia (Kubler, Robert, Derigent, Voisin, & Le Traon, 2016) con amplia aplicación en técnicas Fuzzy MCDM.

Figura 1-6: Clasificación de los modelos que pueden utilizarse para la optimización de mantenimiento.



Fuente: Adaptado de (Ding & Kamaruddin, 2014)

El PJA (AHP) es una técnica estructurada para tomar decisiones complejas. Se basa en matemáticas y psicología. No sólo es la naturaleza física, también son los conocimientos, juicios, valores, opiniones, necesidades, deseos, entre otros. Más que una decisión “correcta”, esta herramienta ayuda a tomar las decisiones que mejor encajen con las condiciones que tiene el problema a solucionar. Su visión es holística: representa y cualifica sus elementos, los relaciona y valora con los objetivos que se pretenden y da diferentes alternativas. El PJA (AHP) se basa en cuatro criterios generales: costos, reparabilidad (mantenibilidad), confiabilidad y disponibilidad.

(Ding & Kamaruddin, 2014) y (Ahmadi, Gupta, Karim, & Kumar, 2010) resumen el MCDM como:

- Un método de uso en mantenimiento.

- Un proceso de toma de decisiones que incluye usualmente múltiples y conflictivos criterios para el logro de los objetivos.
- Pretende maximizar la disponibilidad del sistema y minimizar los costos (que es una muestra de criterios conflictivos) (Ding & Kamaruddin, 2014)
- Otros aspectos que trata el MCDM que le permite obtener resultados más precisos están dados en relación a:
 - Reconoce la seguridad (del personal, del sistema y del ambiente)
 - Adiciona valor (inventario de repuestos, pérdidas por producción e identificación de fallas).
 - Permite revisar la factibilidad (aceptación de labores y confiabilidad del método)

Proceso Jerárquico Analítico -PJA- (en inglés Analytical Hierarchy Process –AHP-) es un proceso que ayuda a los analistas a organizar aspectos críticos de un problema en una estructura similar a un árbol genealógico, reduciendo las decisiones complejas a una serie de comparaciones y clasificaciones simples para luego compendiar los resultados. El PJA (AHP) permite justificar de una forma “racional” (Ahmadi, Gupta, Karim, & Kumar, 2010) la importancia de los criterios evaluados. El PJA (AHP) hace la comparación de dos factores en una escala relativamente subjetiva que permite construir una matriz de acuerdo a la importancia de los factores dados por los especialistas o conocedores del tema. El Cuadro 1-1 representa la escala de comparación para el rango de valores de juicios y para derivar escalas de relaciones entre los pares evaluados. También se incluyen los recíprocos ($a_{ij} = 1/ a_{ji}$) que igualmente son adoptados en las comparaciones.

Cuadro 1-1: Puntajes a usar según el AHP

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o ligera	-
3	Importancia moderada	Experiencia y juicio se inclinan ligeramente a favor de una actividad que de otra
4	De más moderada importancia	-
5	De fuerte importancia	Experiencia y juicio se inclinan ligeramente a favor de una actividad que de otra
6	De más fuerte importancia	-
7	Muy fuerte o de demostrada importancia	Una actividad es favorecida fuertemente sobre otra; su dominio se ve en la práctica
8	Muy, muy fuerte la importancia de uno con respecto al otro.	-
9	De extrema importancia	La evidencia de una actividad respecto a la otra tiene el más alto nivel de afirmación
Recíprocos de los números anteriores (1, 1/2,....1/9)	Si la actividad i tiene uno de los números de arriba asignado cuando es comparado con la actividad j, entonces j tiene el valor recíproco cuando es comparado con i.	Una suposición razonable
1.1-1.9	Si las actividades son muy cercanas.	Es difícil asignar el mejor valor pero cuando es comparado con otras actividades los pequeños valores pueden no notarse, pero ellos aún pueden indicar la importancia relativa de ellos.

Fuente: (Saaty T. L., 2008)

Algunas de las ventajas del AHP según (Saaty T. L., 1980) y (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010) son:

- Unidad: Permite construir un modelo flexible, fácil de entender, simple que se puede aplicar a un amplio rango de problemas sin o con poca estructura.
- Complejidad: integra lo deductivo y el concepto de sistema para resolver problemas complejos.
- Estructura jerárquica: ayuda a clasificar los elementos de un sistema en diferentes niveles.
- Síntesis: lleva a un total estimado total de lo atractivo de cada alternativa (según los criterios).
- Consistencia: rastrea la consistencia lógica de los juicios usados en la determinación de las prioridades.
- Balancea: las prioridades relativas en un sistema y habilita a la gente a seleccionar la mejor alternativa basado en sus objetivos.

Ya que la metodología a utilizar tiene como componentes principales la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, el siguiente apartado tendrá como discusión principal estos conceptos.

1.5 Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de un sistema.

Para efectos de este documento el término en inglés “reliability” es considerado como “confiabilidad” y el término “dependability” aunque también definido como confiabilidad es de tipo general y se especificará así en donde deba hacerse (la norma AENOR lo traduce como “fiabilidad” y al término “dependability” le da el significado de “confiabilidad”).

“La confiabilidad general (dependability) es la capacidad de un elemento para funcionar en la forma y en el momento en que se requiera” (AENOR-EN 60300-1, 2014). Lo que permite que el ítem –cualquiera que sea- opere de forma adecuada. Incluye la disponibilidad (availability), la confiabilidad (reliability), la recuperabilidad (recoverability), la mantenibilidad (maintainability), el desempeño en el soporte (maintenance support performance), la durabilidad (durability), el riesgo (safety) y la seguridad (security).

Los conceptos que componen la confiabilidad total o general se resumen a continuación (AENOR-EN 60300-1, 2014) :

- Disponibilidad: Capacidad de estar en un estado para funcionar cuando sea solicitado. (Otra definición es la dada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América que lo especifica como una medida en la cual el ítem está en un estado operable y puede estar comprometido en el inicio de un uso específico, para el momento en que el servicio sea necesitado o llamado en un punto desconocido en el tiempo (aleatorio). La disponibilidad es percibida por el usuario y es una función de que tan frecuente las fallas ocurren y que tanto el mantenimiento correctivo es requerido; que tan frecuente el mantenimiento preventivo es desempeñado, y como las fallas indicadas pueden ser aisladas y reparadas rápidamente; como las tareas de mantenimiento pueden ser ejecutadas y como los largos períodos de retardos en apoyos logísticos contribuyen a los tiempos de inactividad (Department of Defense. United States of America, 2005). La disponibilidad se divide en inherente (dada en el proceso de fabricación y conocida como la “teórica”) y operacional (“del mundo real”, y sostenida en el proceso de mantenimiento). El cuadro 1-2 presenta ambas ecuaciones cuando los equipos se hallan en estado estable ((Milanovic, 2010) define disponibilidad en estado estable como la probabilidad a largo plazo de que el sistema esté disponible, lo que

permite mostrar que no depende de la naturaleza de la falla o de la distribución en el tiempo de la reparación sino del tiempo promedio de reparación y del tiempo promedio de la falla del sistema)

- Confiabilidad: Capacidad de funcionar cuando sea solicitado, sin fallas, por un intervalo de tiempo dado, y bajo condiciones de operación dadas de antemano. (Otra definición algo más elaborada la define como la probabilidad de un ítem para desempeñar la función requerida o solicitada bajo condiciones establecidas por un período específico de tiempo).
- Recuperabilidad: capacidad de recuperación desde una falla sin mantenimiento correctivo.
- Mantenibilidad: capacidad de retener o de devolver a un estado de operación cuando sea requerido bajo unas condiciones de uso y mantenimiento. (Otra definición, es dada por (Department of Defense. United States of America, 2005), la cual dice que “es la capacidad de un ítem para ser reparado o restaurado a una condición específica cuando el mantenimiento es desempeñado por personal que tenga los niveles de habilidades específicas, usando procedimientos prescritos y recursos, según el nivel de mantenimiento y de reparación”).
- Desempeño en el Soporte: efectividad de una organización en el mantenimiento.
- Durabilidad: capacidad de ejecución cuando es necesitada, bajo condiciones dadas de uso y mantenimiento, hasta el fin de la vida útil.
- Riesgo: “una potencial pérdida o daño del sistema resultado de la exposición a una situación peligrosa o a una falla” (Ahmadi, Gupta, Karim, & Kumar, 2010)
- Seguridad: evitar la afectación a las personas y al medio ambiente.

Los cuadros 1-2 y 1-3 respectivamente definen las ecuaciones que gobiernan la disponibilidad en estado estable y el impacto de la disponibilidad cuando se varían la confiabilidad y mantenibilidad con criterios que afectan tiempos de diferentes actividades operativa o administrativas relacionadas con el mantenimiento.

Cuadro 1-2: Comparación entre disponibilidad inherente y disponibilidad operacional.

Medida	Ecuación (en Estado Estable)	Factores
Inherente	$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	<p>MTBF es el tiempo promedio entre fallas. MTTR es el tiempo promedio de reparación y es una función de mantenibilidad. Esta incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de diagnóstico (tiempo para detectar y aislar la falla). • Tiempo de reparación (reparación en sitio o retiro y reemplazo del ítem fallado) • Tiempo necesitado para validar la reparación (chequeos funcionales).
Operacional	$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$	<p>MTBM es el tiempo medio entre mantenimiento. MTBM incluye todas las acciones de mantenimiento, incluyendo reparación de fallas en el diseño y la fabricación, así como las fallas inducidas por mantenimiento, ejecución de mantenimiento preventivo y otras acciones (por ejemplo retiro de un ítem para facilitar el mantenimiento de otro). MDT es el tiempo promedio de inactividad e incluye el tiempo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De preparación de la plataforma (conectar dispositivos de seguridad, energía externa, aire acondicionado, equipos de apoyo, etc.) para llevar a cabo el mantenimiento. • Consulta de instrucciones para el mantenimiento. • Tiempo durante el cual el mantenimiento es ejecutado. • Tiempo durante el cual las acciones de mantenimiento esperan partes, personal o equipo. • Tiempo de diagnóstico (tiempo para detectar y aislar la falla) • Tiempo para reparar (reparación en sitio o retiro y reemplazo del ítem fallado) • Tiempo requerido para validar la reparación (pruebas funcionales) • Retardos logísticos o administrativos.

Fuente: (Department of Defense. United States of America, 2005)

Cuadro 1-3: Impacto de la confiabilidad y la mantenibilidad en la disponibilidad

Parámetro de confiabilidad (por ejemplo: tiempo medio entre fallas)	Parámetro de mantenibilidad (por ejemplo: tiempo medio de reparación)	Impacto en la disponibilidad operacional	Consideraciones de confiabilidad y mantenibilidad
Se incrementa	Sin cambio	Se incrementa	<p><u>La disponibilidad operacional puede incrementar debido a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la confiabilidad en el diseño (en Hardware y Software). • Ejecutar pruebas para un apantallamiento más eficiente en los productos fabricados. • Reducción en el número de fallas inducidas. • Reducción en el número de incidentes donde una aparente falla no puede ser verificada. • Incremento de tiempo entre acciones de mantenimiento.
Decrece	Sin cambio	Decrece	<p><u>La disponibilidad operacional puede decrementar debido a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Las modificaciones en el diseño tienen un impacto negativo en la confiabilidad. • Reducida eficiencia en las pruebas de apantallamiento en la fabricación de productos. • Un incremento en el número de fallas inducidas por mantenimiento. • Un incremento en el número de fallas no verificadas. • Reducción de tiempos entre las acciones de mantenimiento preventivo.
Sin cambio	Se incrementa	Decrece	<p><u>La disponibilidad operacional puede decrementar debido a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de personal de mantenimiento o reparación con bajas habilidades. • Incremento en los retardos debido al papeleo administrativo o repuestos no disponibles. • Reducida eficiencia en detectar y aislar fallas durante la reparación. • Indebida correlación entre los límites del desempeño del producto y los límites de medición de los equipos de pruebas. • Inducción de fallas causadas por el mal manejo del producto durante la reparación.
Sin cambio	Decrece	Se incrementa	<p><u>La disponibilidad operacional puede incrementar debido a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se incrementa el entrenamiento y/o aprendizaje para el personal de mantenimiento o reparación. • Se facilita la disponibilidad de partes y la reducción del papeleo administrativo • Se incrementa la eficiencia en la verificación y aislamiento de las fallas. • Se maneja adecuadamente el producto durante la reparación. • Se mejora la correlación entre los límites del desempeño del producto y los límites de medición de los equipos de pruebas.

Fuente: (Department of Defense. United States of America, 2005)

La disponibilidad se puede tratar desde dos perspectivas. Una desde el ítem y otra desde la óptica del servicio. El desarrollo del trabajo se enfoca en la disponibilidad de servicios TI en el ámbito operacional.

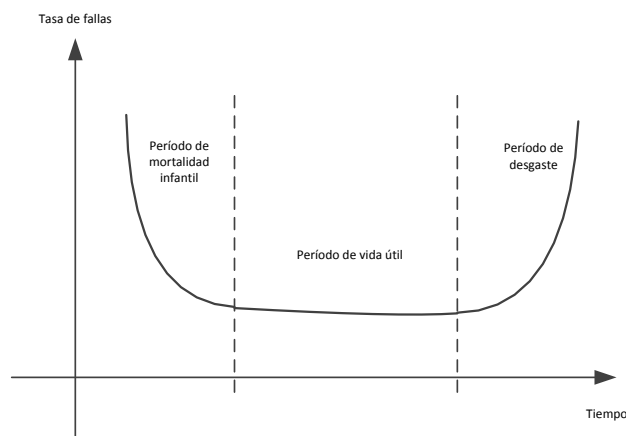
La definición de disponibilidad de un servicio TI se desagrega en la disponibilidad que tengan los elementos o “capas” que componen el sistema de tecnología de la información –TI- de la siguiente manera (Milanovic, 2010):

- Hardware (servidores, estaciones de trabajo, estaciones clientes, cluster, redes de computadores).
- Software (sistemas operativos, servicios de bases de datos, servicios web, aplicaciones personalizadas, configuraciones).
- Red de datos (routers, suiches, cables de red, topología).
- Infraestructura de apoyo o infraestructura auxiliar (aire acondicionado, energía, seguridad física).
- Personas (usuarios, administradores, personal de seguridad y mantenimiento).

Este último componente no es tratado en ningún contexto en el presente trabajo.

De manera limitada las tasas de fallas de los dos componentes iniciales, hardware y software, pueden presentarse en las Figuras 1-7 y 1-8 (Milanovic, 2010). La curva de la bañera (Figura 1-7) para fallas de hardware aplica en las diferentes áreas de mantenimiento, especialmente en las que tienen movimiento o de tipo mecánico. En el caso de TI esta curva es más plana porque la electrónica presenta menos desgaste que la mecánica. Y aplican para TI las mismas etapas: muerte infantil, vida útil y período de desgaste.

Figura 1-7: Tasa de fallas en equipos (hardware) como una función del tiempo (curva de la bañera)



Fuente: (Milanovic, 2010)

El mantenimiento cuando es de software (Figura 1-8) se asume de manera un poco diferente al hardware (Canfora & Cimitile, 2000) y es considerado estratégico en las compañías u organizaciones. El hardware supone un deterioro en el transcurso de su vida útil, lo que no puede decirse del software. El software no se deteriora con el uso y el paso del tiempo, pero esta “condenado a cambiar con el tiempo” (Canfora & Cimitile, 2000)

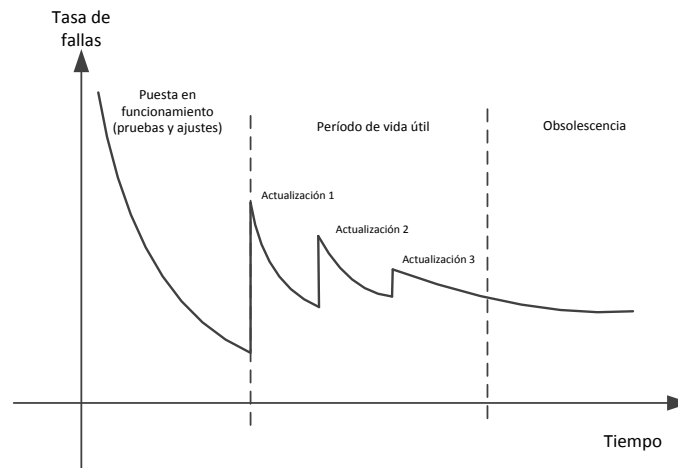
Para TI y para el alcance de este trabajo se usa la definición de la IEEE (IEEE Std. 610.12, 1990) y la IEEE STD 1219-1998 (IEEE Standard for software Maintenance): “El mantenimiento de software es el proceso de modificar un componente o sistema de software para corregir fallas, mejorar el desempeño u otros atributos o adaptarlo a un cambio de ambiente”. La IEEE 1219-1998 define 4 tipos de mantenimiento de software que no se salen de lo que ya se conoce, es decir, reactivo (correctivo) o proactivo (preventivo). Ellos son:

- Correctivo: modificación reactiva de un software para corregir una falla descubierta.
- Adaptativo: modificación de un software después de haber sido entregado con el fin de mantenerlo útil en un ambiente que cambió o es cambiante.
- Perfectivo: modificación después de puesto en operación para mejorar el desempeño o la mantenibilidad.
- De emergencia: mantenimiento correctivo no programado ejecutado para mantener el sistema operacional.

La Figura 1-8 en la curva de la bañera a nivel de software muestra picos de fallas cuando se hace una actualización de este, lo que es reiterativo dentro de su ciclo de vida y permite considerar que se presentarán fallas cíclicas por actualización que deben corregirse.

La IEEE-1219 y la ISO 12207 tienen diferentes alcances en sus propuestas para los procesos de mantenimiento. La IEEE aplica a la actividad propiamente de mantenimiento, la ISO lo incluye en todo el proceso o ciclo de vida.

Figura 1-8: Tasa de fallas del software como una función del tiempo.

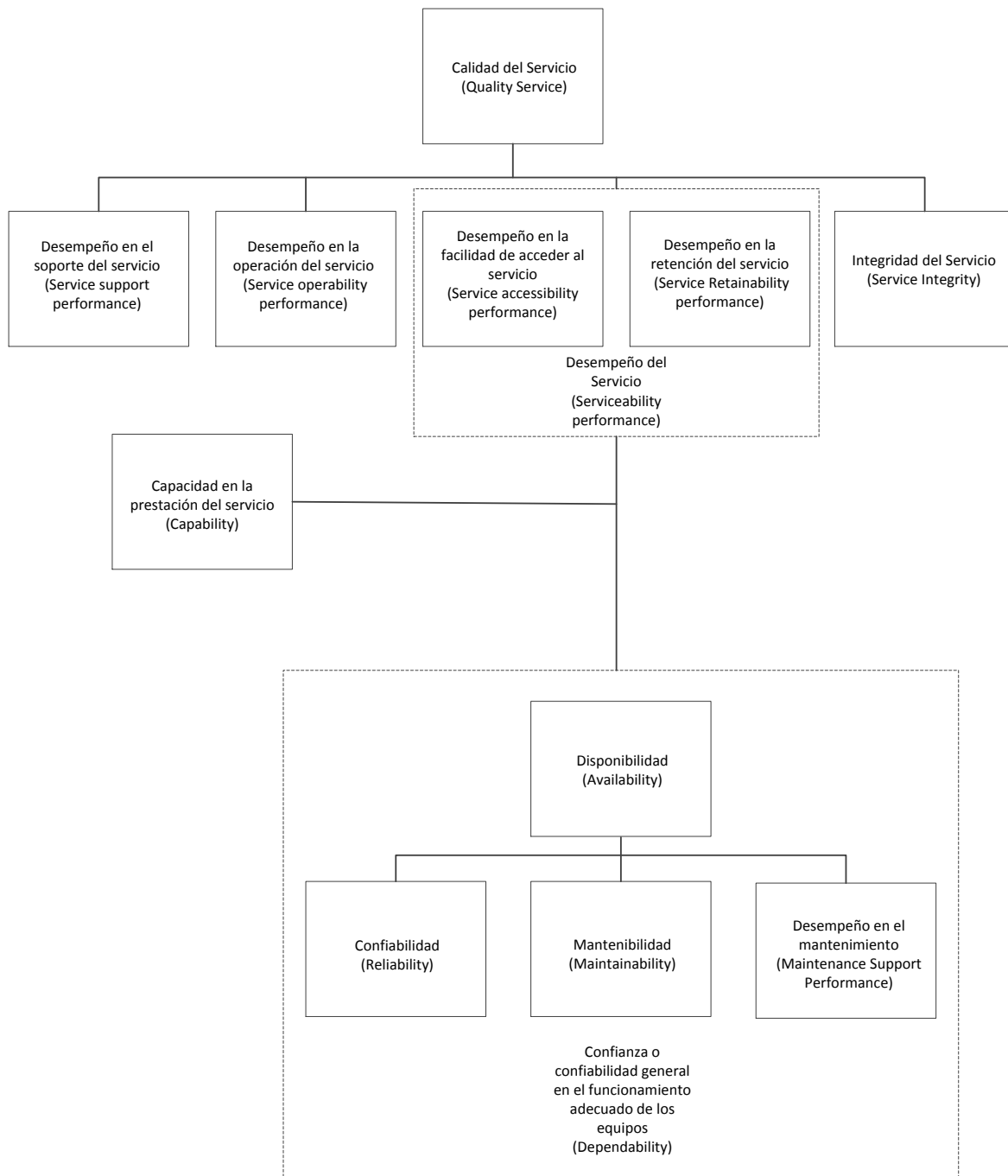


Fuente: (Milanovic, 2010)

La disponibilidad y el mantenimiento se impulsan con la gestión que comparte el objetivo principal de toda empresa que es hacerlo bajo una relación costo-beneficio adecuada durante todo su ciclo de vida, con efectividad y eficiencia, es decir con calidad y productividad. Pero tanto la disponibilidad como el mantenimiento son parte de un concepto más amplio que es el de calidad del servicio. Aspectos y definiciones que lo ponen en contexto TI, son:

- a) La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) define la calidad de un producto (ya sea un bien o un servicio) como aquel que satisface las necesidades del usuario.
- b) La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) representa la calidad del servicio como el resultado de tres factores que están relacionados con la capacidad de mantener el servicio (serviceability), la capacidad de suplir la demanda del servicio en caso de falla (capability), y la confiabilidad general de los equipos (dependability). Ver Figura 1-9.

Figura 1-9: Calidad en el servicio y su relación con la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.



Fuente: Adaptado de IEC (2014) y (AENOR-EN 60300-1, 2014)³

³ Este documento utiliza "confiabilidad" como "reliability" y "confiabilidad general" como "dependability". La norma EN 60300-1 utiliza fiabilidad y confiabilidad respectivamente.

- c) ITIL define un servicio como el medio de entregar valor a los clientes o usuarios facilitándoles a estos los resultados que quieren lograr sin riesgos y sin costos adicionales (Quint Wellington Redwood, 2012).
- d) (Milanovic, 2010) lo aborda en un modelo que tiene en cuenta la interdependencia entre la disponibilidad de la infraestructura con los servicios para dar valor a los procesos de negocio que son parte de las organizaciones.

Como se dijo antes, la disponibilidad se da a dos niveles, el del servicio y el del componente (Cabinet Office, 2011). La disponibilidad del servicio está representada en la ecuación:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo acordado del servicio (AST)} - \text{Tiempo sin servicio}}{\text{Tiempo acordado del servicio (AST)}} * 100 \quad (1.1)$$

A continuación también se dan las ecuaciones de confiabilidad y mantenibilidad usando los tiempos medios que aplican y se usan a los servicios TI catalogados como Incidentes.

La confiabilidad está dada por el tiempo medio entre incidentes de servicio – Mean Time Between Service Incidents –MTBSI- o como tiempo medio entre fallas – Mean Time Between Failures - MTBF- .

$$\text{MTBSI (horas)} = \frac{\text{Tiempo disponible (horas)}}{\text{Número de interrupciones o fallas}} \quad (1.2)$$

$$\text{MTBF(horas)} = \frac{\text{Tiempo disponible (en horas)} - \text{Tiempo total de la falla(en horas)}}{\text{Número de interrupciones}} \quad (1.3)$$

La mantenibilidad es reportada como el tiempo medio para restaurar el servicio –Mean Time to Restore Service -MTRS- :

$$\text{MTRS (horas)} = \frac{\text{Tiempo total de la falla}}{\text{Número de interrupciones del servicio}} \quad (1.4)$$

1.6 Metodologías, estrategias, alternativas y actividades que permiten el desarrollo de la CDM.

Las metodologías, alternativas o estrategias de mantenimiento y actividades y herramientas que permiten la valoración y el sostenimiento del CDM especialmente durante la fase de Operación y Mantenimiento (Department of Defense. United States of America, 2005) (AENOR-EN 60300-1, 2014) incluyen lo siguiente:

- Sistema de recolección de datos, análisis y acción correctiva: permite asegurar que el CDM no se degrada en la operación (uso de CMMS)
- Análisis de la vida de los datos: permite la revisión de las decisiones y los cambios en el concepto de mantenimiento, también la mitigación de riesgos mediante un análisis estadístico de componentes, equipos o sistemas.
- Metodología de análisis y chequeos de crecimiento de la confiabilidad: monitorea las mejoras que se presentan en la confiabilidad luego que las deficiencias son identificadas y reparadas.
- Estrategia de reparación: revisa continuamente que la estrategia de reparación no introduzca defectos en el sistema y por lo tanto degrade la CDM (RAM) inherente del sistema. Entre las actividades que se realizan se incluye los procesos de encendido y apagado de los equipos para el mantenimiento, así como la estrategia de apoyo ambiental al mantenimiento (inspecciones o chequeo operacional)
- Mejora continua de los equipos con diagnósticos integrados: permite la eliminación de falsas alarmas durante el proceso, mejora su detección y eliminación en sistemas ya establecidos (uso de PHM)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: define si el mantenimiento preventivo tiene sentido y determina cómo hacerlo. Determina si el programa de mantenimiento preventivo debe ajustarse.
- Mantenimiento Basado en Condición: “define el punto óptimo de mantenimiento que maximiza los resultados esperados”. Existen diferentes técnicas de monitoreo y herramientas que pueden usarse para este tipo de monitoreo.
- Obsolescencia de partes y disminución de fuentes de fabricación: permite estandarizar estos elementos de tal forma que su adquisición no consuma mucho tiempo y permite disponer de información confiable y oportuna de repuestos no disponibles o que no se fabrican más.
- Valoración de campo y tendencia del sistema.

A continuación se amplían los alcances y características de las consideradas más importantes de uso en TI.

1.7 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad –MCC- (Reliability-Centred Maintenance –RCM-).

Este concepto es presentado según lo hace (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010). El MCC es un proceso de decisión lógica y estructurada que identifica las políticas necesarias para manejar los modos de falla que podrían causar fallas funcionales físicas en cualquier ítem en un contexto operacional dado. La metodología MCC es usada para optimizar y desarrollar el mantenimiento preventivo y poder mantener la confiabilidad inherente de los equipos, aplicado a sistemas en todo el ciclo de vida.

Se usa la técnica FMECA para análisis de confiabilidad y tomar las decisiones al respecto. Su objetivo primordial es reducir las consecuencias de la falla y su enfoque es preservar la función más que el hardware. Años anteriores Sherwin (2000) hacía una crítica al MCC (RCM) bajo la premisa de que la confiabilidad se asumía a cualquier costo económico (en especial porque era hija de la industria aeronáutica) y que la estrategia de los “overhauls” además de ser costosa no aumentaba la confiabilidad. Se hace alusión a esto ya que, aunque (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010) asume que el aspecto costo-beneficio en la estrategia MCC es de alta estima; en tecnología de TI el punto de vista de obsolescencia programada, el continuo avance tecnológico y dependencia de pocos fabricantes y la necesidad de crecimiento económico (más productos en menor tiempo) tampoco representa mayor confiabilidad a menor costo por los continuos cambios e inversiones necesitadas.

La aplicación de MCC está principalmente dada de la siguiente manera:

- Identificación de la función a nivel de sistema, luego de equipos y por último a nivel de componentes.
- Trata de controlar el riesgo de la falla. Se trata de preservar la función, en vez de prevenir la falla, de tal forma que se asegure la funcionalidad y la disponibilidad de los dispositivos de alerta y protección.

- Su enfoque principal se da en las tareas, actividades y pasos a seguir para las actividades de mantenimiento, más que en los procesos de los programas de mantenimiento. Difiere con el concepto macro de mejores prácticas de ITIL para TI ya que este implementa la confiabilidad del proceso y entre procesos.

Las tareas o actividades se fundamentan en (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010):

- Aplicabilidad. Tiene que ver con la factibilidad técnica. Depende de la confiabilidad del ítem, las características de falla y el tipo de tareas que se han de realizar.
- Efectividad. Resultado de las tareas de mantenimiento para el objetivo propuesto, lo que depende de las consecuencias de la falla. Lo que se realiza vale la pena hacerlo por sus efectos principalmente económicos.

Las cuatro (4) alternativas de mantenimiento dados bajo la estrategia MCC son (Ahmadi, 2000):

- Inspección por condición. Se trata de evitar las fallas potenciales con inspecciones programadas. Para TI, y en el contexto de ITIL, se usa la Gestión de Eventos, que se encuentra en el proceso de Operación del Servicio que es base del estudio que se lleva a cabo (ver ITIL)
- Restauración. Tareas que permiten restaurar la capacidad del ítem hasta un punto que le permita aumentar su tiempo de vida útil en condiciones aceptables. También aplicable pero con desventajas por la obsolescencia tecnológica y las ventajas de las funciones de la tecnología más reciente.
- Descarte programado. Conlleva al retiro de un ítem en un tiempo específico del tiempo sea cual sea su condición o estado.
- Inspección programada para revisión de posibles fallas ocultas latentes. Aplica también al contexto de TI.

1.8 Metodología de mantenimiento MSG-3/PBP&L (Maintenance Steering Group-3 based. Maintenance and Performance-based Planning and Logistics Programs)

Esta metodología se basa en el mantenimiento y el desempeño por un lado y en la logística y planeación por otro. En general permite hacer inspecciones a niveles más bajos del sistema para incidir en la confiabilidad y la disponibilidad. Es definido como la versión comercial del MCC (RCM) y su evolución (MSG, MSG-1, MSG-2, MSG-3, MSG-3/PBP&L) está estrechamente ligada a las necesidades de la industria aeronáutica (Coronel Cruz & Tellez Vidal, 2007).

Su alcance se define en:

- Está orientado a realizar análisis zonales, de sistemas y estructurales.
- Sistema de monitoreo y rastreo de la degradación de los sistemas (para mantener la seguridad y la confiabilidad).
- Pretende corregir la confiabilidad según sea la causa raíz o las fuentes del problema por medio de las tareas (actividades) inherentes al programa.
- Ajuste permanente de los intervalos de intervención.
- Mejora continua de los procesos.
- Entrenamiento
- Mejora en los suministros
- Visitas de mantenimiento (inspección).
- Manejo y confiabilidad de datos.

1.9 Mantenimiento basado en condición o PHM (Prognostic Health Management)

El PHM es un concepto de amplio espectro en el campo de la ingeniería. Tiene asociadas diferentes disciplinas y áreas como ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica, civil, química, computación y ciencia de los materiales, confiabilidad, chequeos y mediciones, inteligencia artificial, física y economía⁴.

⁴ <http://www.phmsociety.org/journal> (recuperado febrero 25 de 2017)

Con el PHM los sistemas son capaces de detectar y efectuar alertas de manera automática de condiciones de fallas potenciales en cualquier tipo de sistema (inclusive los más complejos). La predicción (o prognosis) es la mejora en tiempo real de la confiabilidad y mantenibilidad de un producto y la predicción de la vida útil remanente valorada según la degradación o la desviación de los parámetros considerados como estándares en la operación normal. Esta función es desempeñada por sensores incorporados en la tarjeta principal (board), algoritmos e indicadores que son sensibles y precisos para detectar o predecir la condición de falla. El uso de esta tecnología como alternativa de mantenimiento incide en: sistema de gestión de suministros para la parte (logística), planeación para ejecutar el mantenimiento requerido (administración), qué tipo de entrenamiento debe tener el técnico o ingeniero (capacitación)

El PHM facilita el mantenimiento oportuno y reduce el mantenimiento programado que interrumpe las actividades, además reduce las inspecciones, chequeos funcionales y operativos, y el equipo necesario para esto. Además:

- Reduce el número irrelevante de mantenimientos preventivos programados.
- Evita retiro de ítems con condición saludable (es decir, adecuados para seguir operando a pesar de haber cumplido la vida útil esperada)
- Extiende la vida útil de los elementos.
- Permite tomar decisiones acerca de políticas de mantenimiento de componentes y sistemas.
- Evita el mantenimiento no planeado.
- Limita los daños colaterales o secundarios por parte de los ingenieros y/o técnicos.
- Incrementa el tiempo de operación y disminuye el tiempo de mantenimiento, es decir que el MTBM lo afecta positivamente. El costo de corregir fallas potenciales es menor que el costo de corregir fallas funcionales.

El concepto de predicción dado por la IEEE⁵ ("IEEE International Conference on Prognostics and Health Management," 2016) apunta específicamente a la necesidad de alta confiabilidad en los sistemas ricos en electrónica como los son los equipos de tecnología de la información. Este concepto está basado en:

⁵ <http://phmconf.org/phmtopics.html> (recuperado febrero 25 de 2017)

- Valoración de salud del sistema y pronosis (predicción del estado del ítem y de la vida útil remanente valorada según la degradación o la desviación de los parámetros considerados como estándares en la operación normal)
- Diagnóstico de fallas.
- También aplica a las fallas de software y su influencia en la confiabilidad.
- Se aplica en:
 - Computadores.
 - Cloud Computing: minimizar la pérdida de datos debido a fallas en la operación, degradación de la electrónica en los computadores o en los sistemas de computadores.
 - Problemas de fallas no encontradas
 - Disponibilidad de sistemas críticos.

PHM en computadores⁶: La industria de los computadores está investigando en pronóstico (prognostics) y gestión de salud de sistemas con una solución viable en costo-beneficio, en respuesta a la demanda para sistemas confiables y asequibles en condiciones de ciclo de vida complejas. Los usuarios de los computadores esperan alta confiabilidad y disponibilidad de sus computadores y el objetivo de PHM es minimizar la posibilidad de perder datos debido a una falla en la operación, a la degradación de la electrónica del computador, a los problemas por fallas no encontradas (no fault found –NFF-) y la no disponibilidad de computadores para aplicaciones críticas. Para hacerlo se desarrollan técnicas para monitorear parámetros del sistema, así como datos ambientales que estimen la degradación de los componentes del computador y puedan predecir la vida útil remanente. La industria de los discos duros, en compañías tales como Compaq, Seagate, IBM, Western Digital Corporation, Maxtor and Quantum Corporation usan el SMART (Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology) monitorean y comparan las características específicas de los discos duros para tener “niveles de alerta” y dar respuestas procesables. La tecnología SMART permite mantenimiento predictivo para alta disponibilidad.

Una característica común en TI es la variación permanente en tecnología, por lo que si la infraestructura varía, también varían los componentes a ser monitoreados. En general, el PHM aplicado a equipos de TI de usuario final y en equipos activos de red, se monitorea los siguientes componentes y la desviación de los parámetros normales de operación:

⁶ <http://phmconf.org/phmtopics.html>

- Utilización de la CPU (global y desglosada por sistema/servicio/equipo)
- Utilización de la memoria
- Tasas de E/S (físicas y por buffer) y de utilización del dispositivo/componente.
- Utilización de archivos de almacenamiento (discos, particiones, segmentos, directorios).
- Sistema Operativo y aplicaciones (tasas de rendimiento, tasas de fallas, tasa de actualizaciones).
- Bases de datos (utilización, registros seguros, indexación, contención)
- Tasas de transacciones por Internet, tasa de errores y tasa de reintentos.
- Tiempo de respuestas de las transacciones.
- Tasas de acierto a las páginas o sitios de internet/intranet (o fallas en conectividad)
- Tiempos de respuesta de Internet (externos e internos al firewalls)
- Número de accesos al sistema o las aplicaciones y número de usuarios concurrentes.
- Número de nodos de red en uso y niveles de utilización.

Computación en la nube (Cloud Computing CC). La idea en la computación como el producto de un servicio, similar al gas, el agua, la electricidad, está basado en cinco principios:

- Por demanda
- Elasticidad rápida (capacidad de adaptación rápida a la demanda bajo cualquier circunstancia⁷).
- Agrupación de recursos.
- Medición del servicio.
- Amplio acceso a la red.

Y como está siendo vendido como un servicio, necesita de un amplio monitoreo. El núcleo de la preocupación yace en la seguridad y privacidad de los datos, pero esta preocupación es similar en cuanto a la confiabilidad, disponibilidad y desempeño. En un ambiente público el usuario no tiene control sobre sus datos o aplicaciones. Los datos del cliente existen en el ciber-espacio. Un consumidor solamente espera tener algo de confianza en el acceso remoto público lo cual ocurrirá si se emplean mecanismos de monitoreo sensibles para conocer dicha situación. La computación en la nube y sus clientes esperan alta disponibilidad y confiabilidad desde los diferentes y

⁷ Diccionario en la web <http://www.wordreference.com/definicion/elasticidad>. Mayo 05 de 2017.

complejos sistemas de cómputo. El objetivo principal del PHM es el de minimizar la pérdida de datos debido a una falla en la operación, la degradación de los sistemas complejos, así como el soporte de los sistemas de enfriamiento y energía, problemas por fallas no encontradas, y degradación o pérdida del uso de la computadora para aplicaciones críticas.

Bajo estas consideraciones el PHM presenta principios de tolerancia de fallas, exceptuando la manipulación o mala operación, detección, y monitoreo son solamente medios por los cuales un cliente puede recibir garantía de que sus datos son seguros y probados y que el poder de computo que ellos requieren es confiable, siempre disponible y con acceso.

1.10 ITIL (Information Technology Infrastructure Library)

La gestión de servicios de tecnología de la información (IT Service Management –ITSM-) es descrita como “Un conjunto de capacidades organizacionales especializadas para proporcionar valor a los clientes en forma de servicios” (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). Para asegurar la calidad de los servicios, el ITSM define la necesidad, entre otras, de los siguientes aspectos: Gestión en el nivel del servicio, la disponibilidad del servicio y el logro de una forma rentable.

El propósito principal de ITSM es suministrar y dar soporte a la tecnología TI para lograr los objetivos principales de la organización. Por otra parte, ITIL (Information Technology Infrastructure Library), se conoce como el conjunto de conceptos y prácticas para la gestión, el desarrollo y la operación de equipos de TI, es decir es un ITSM de aceptación mundial.

Recordando, el servicio es un medio de entregar valor a los clientes o usuarios facilitándoles a estos los resultados que quieren lograr sin riesgos y sin costos adicionales (OGC. The official introduction to the ITIL Service Lifecycle, 2007). Si el cliente es una organización, la TI le facilita lograr los objetivos estratégicos de forma efectiva (Green & Helstrom, Information Technology Service Management Life Cycle., 2011). Pero la TI, a su vez, necesita del mantenimiento para funcionar de manera adecuada. Y de manera particular este mantenimiento debe hacerse bajo el contexto de lo que es un servicio (Almhadi, 2010). Los servicios tienen la particularidad que se diferencian de los productos por la influencia de cómo estos son percibidos por los clientes o

usuarios (ver Cuadro 1-4). No es lo mismo realizar mantenimiento a productos en forma de servicios que ha productos o ítems específicos.

Cuadro 1-4: Diferencias entre productos o bienes vs servicios según ITIL

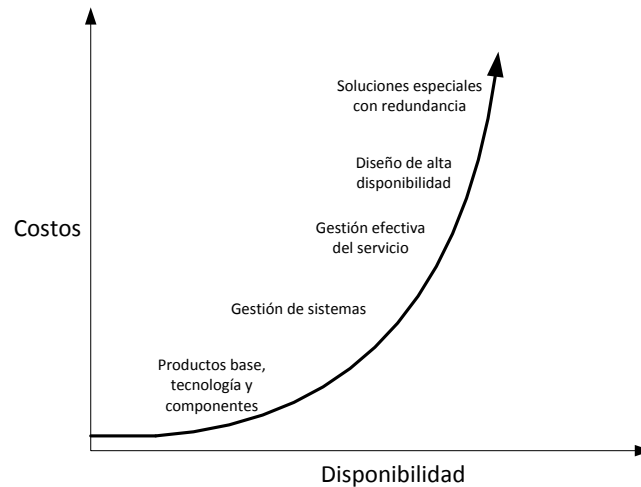
	Características físicas	Transferencia de valor	Prueba de transferencia	Utilidad (Impacto positivo en el servicio. Definición ITIL)	Garantía (La certeza del impacto. Definición ITIL)
Productos (Bienes)	Siempre tangibles	Integrado en los objetos y transferido a los clientes quienes posteriormente lo extraen al usarlo	Verificable con la llegada o intercambio de bienes en forma tangible (o bienes concretos)	Algunas veces intangible	Asegurado en la Utilidad por un período específico bajo condiciones específicas de uso. No incluye el uso y el abuso o el mal uso.
Servicios	Algunas veces tangible.	Transferido bajo demanda a los clientes en el momento de la entrega del servicio	No es fácilmente verificable ya que es integrado en el contexto de los resultados y las condiciones	Siempre intangible	Asegurado en la Utilidad por la duración del contrato del servicio bajo condiciones específicas de uso.

Fuente: (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). Service Design.

Para el caso de la tecnología de información y en ITIL, la disponibilidad es lo más cercano a conocer el estado del negocio y está en relación con la satisfacción del cliente y en los acuerdos de nivel de servicio que se tienen de los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad operacional, ejecución del mantenimiento y el desempeño de los proveedores para interpretar y articularse con las empresas. Permite considerar y asociar los costos en la medida que se necesita un ítem con disponibilidad. Esta consideración define el alcance de la metodología y estrategia que las organizaciones decidan implementar. En ITIL y para el trabajo en desarrollo, la Figura 1-10 mantiene la relación disponibilidad-costos según la gestión efectiva del servicio lo que involucra el mantenimiento, evitando aumentar la confiabilidad con costo adicional en los equipos o un esfuerzo de gestión exagerado.

El costo adicional de los equipos o elementos de un sistema o el esfuerzo de gestión con el fin de aumentar la confiabilidad, algunas veces, no son adecuados o necesarios en la relación costo/beneficio (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). ITIL. Operation.

Figura 1-10: Relación entre costos y disponibilidad.



Fuente: Tomado de (*Office of Government Commerce -OGC-, 2007*). ITIL. Operation.

En el marco de TI la gestión de la disponibilidad (*Office of Government Commerce -OGC-, 2007*), establece como su objetivo principal optimizar el funcionamiento de la infraestructura de TI a un costo razonable y de acuerdo a los objetivos del negocio. Para ello se debe reducir la frecuencia y duración de los incidentes relacionados y mantener un plan futuro respecto a la disponibilidad de acuerdo a las variaciones que se presenten en los objetivos de la organización y la variación de las circunstancias que se presentan en el servicio. Por lo que la gestión de disponibilidad para equipos de TI es de alta estima, y permite tener un punto común para resolver los problemas relacionados con los recursos y los servicios, asegurando que todos los objetivos en todas las áreas comprometidas sean medidos y logrados. Algunos de los problemas relacionados, además de los equipos, son el entrenamiento, las habilidades, la efectividad del proceso y de los procedimientos, y las herramientas; que no son diferentes a otras áreas de aplicación de otras líneas de conocimiento aplicado en donde se necesita realizar mantenimiento.

Un resumen del alcance de ITIL para el proceso de aplicación en mantenimiento es (*Quint Wellington Redwood, 2012*):

- Se da en el proceso de “Operación del Servicio” y aplica a los servicios, los procesos de gestión de los servicios (se incluye el mantenimiento), la tecnología (equipos) y la personas que apoyan estos servicios (desempeño).
- Los servicios son establecidos por la organización, particularmente en la Institución estudiada se tienen 22 de los cuales 16 aplican a la Sede Medellín y operan bajo algunos procesos de

ITIL: gestión de eventos, gestión de incidentes (proceso análogo a la gestión de mantenimiento), gestión de problemas, gestión de solicitudes y gestión de acceso.

- Las áreas que intervienen en la “Operación del Servicio” son: “Service Desk”, “Gestión Técnica”, “Gestión de Operaciones TI” y “Gestión de Aplicaciones”.
- Definición de gestión de Servicio TI: Un conjunto de capacidades organizacionales que le suministra valor a los clientes en forma de servicios. Estas capacidades (representada en grupos de trabajo, procesos en el ciclo de vida, con estrategias en diseño, transición, operación, y mejora continua) son también apoyadas por un cuerpo de profesionales o especialistas con conocimiento, experiencia y habilidades.
- El valor económico del servicio: algunas veces puede llevarse a términos financieros de manera sencilla. En otros casos, es más difícil cuantificarlo como es en el caso de la educación. En ITIL “valor” no es definido de forma estricta en términos de resultados del negocio sino que tiene un alto componente dado por la percepción del cliente.
- Para darle valor al negocio es necesario monitorear y medir. ¿Por qué?, ¿Cuándo parar este monitoreo? y, ¿Qué se hacen con los datos?, son preguntas que definen el esfuerzo a realizar y la capacidad de dar respuestas oportunas. Y quizá el cuestionamiento más importante es ¿a qué parte de la Organización van dirigidos estos análisis?: ¿a lo estratégico?, ¿a lo táctico y operacional? o contra qué?. Y a pesar de que cada uno tiene sus propios objetivos, factores de éxito crítico (critical success factors -CSFs-) y KPI, cada uno alineado y apoyando el otro, todos deben estar alineados con las metas y objetivos estratégicos del negocio. Esta recolección de datos también indica el nivel de madurez del servicio prestado por TI.

1.11 Técnicas para análisis de riesgo y disponibilidad.

Se define el riesgo como “una potencial pérdida o daño del sistema resultado de la exposición a una situación peligrosa o a una falla” (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010). La expresión de la probabilidad y la consecuencia de un evento accidental está dada por:

$$\mathbf{Riesgo = Frecuencia * Magnitud} \quad (1.5)$$

$$\mathbf{Frecuencia = \frac{Eventos}{Unidad\ de\ tiempo\ o\ espacio}} \quad (1.6)$$

$$\mathbf{Magnitud} = \frac{\mathbf{Consecuencia}}{\mathbf{Evento}} \quad (1.7)$$

(Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010) valora el riesgo desde tres preguntas: Qué puede suceder? Qué probabilidad hay de que suceda?. Cuáles son las consecuencias del evento? Los dos aspectos principales del análisis del riesgo es poder identificarlo y emprender acciones para mitigarlo o evitarlo si es posible. Parte de estas acciones deben ser tomadas desde Operación y Mantenimiento -O&M- (o Soporte y Mantenimiento -S&M-) de una manera consciente y sistemática y son la base principal para mantener un proceso maduro de confiabilidad.

El proceso de una falla se evidencia con eventos disparadores que perturban el sistema cambiando el estado de operación o la configuración, los que al no ser tratados llevan a que suceda un evento mayor no deseado y de mayores repercusiones (en retardos operacionales, altos costos, lesiones personales o pérdida de la vida). Los eventos disparadores pueden ser modelados por varias técnicas que se centran en elementos, equipos o sistemas, operación o servicios (ver Cuadro 1-5). Entre otros se encuentran FTA: Fault Tree Analysis. Análisis de árbol de fallas, FMEA: Failure Mode & Effects Analysis. Análisis de efectos y modos de falla, PHA. Preliminary Hazards Analysis. Análisis de riesgos preliminares, HAZOP: Hazard & Operability Studies. Estudios de riesgo y operatividad, ETA: Event Tree Analysis. Análisis de árbol de eventos, CFIA: Componente Failure Impact Analysis. Análisis del impacto por falla en el componente, SFA: Service Failure Analysis. Análisis de falla en el servicio.

Cuadro 1-5: Métodos de análisis de riesgos

Métodos		
Análisis causal	Análisis accidental	Análisis de consecuencias
Análisis árbol de fallas (FTA)	Listas de Chequeo	Análisis de árbol de eventos (ETA)
Diagramas de bloques de confiabilidad	Análisis de riesgo preliminar	Modelos de consecuencias
Diagramas de influencia	FMECA	Valoración de confiabilidad
FMECA	HAZOP	Modelos de evacuación
Datos de confiabilidad	Datos de eventos	Simulación

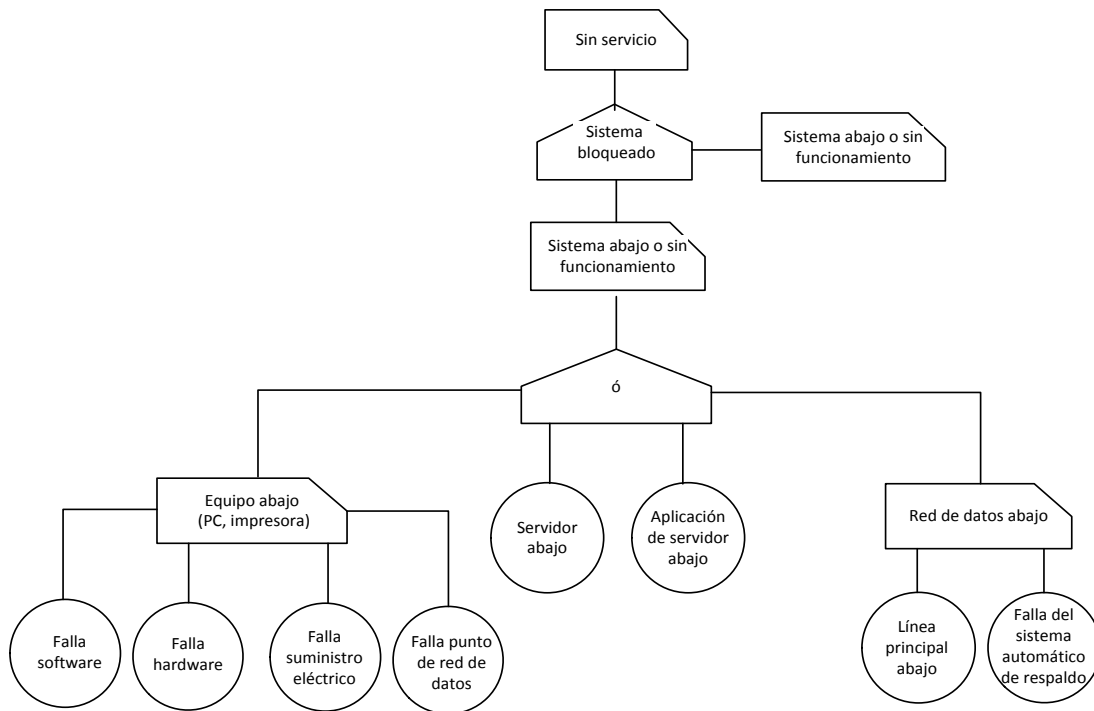
Fuente: (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010). FTA: Fault Tree Analysis. Análisis de árbol de fallas; FMEA: Failure Mode & Effects Analysis. Análisis de efectos y modos de falla; PHA. Preliminary Hazards Analysis. Análisis de riesgos preliminares; HAZOP: Hazard & Operability Studies. Estudios de riesgo y operatividad; ETA: Event Tree Analysis.

1.11.1 Análisis de árbol de fallas (Faul Tree Analysis –FTA-)

Es una técnica que puede ser usada para determinar la cadena de eventos que causan una interrupción en los servicios TI. El FTA en conjunto con cualquier método presenta un modelo detallado de disponibilidad. Y una de sus características más importantes es que puede ser usado para mejorar la disponibilidad individual de los diferentes componentes tecnológicos (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). La figura 1-11 muestra el árbol de fallas tomado como referencia de estudio de cadena de eventos que llevan a la no disponibilidad de un ítem en TI. Las características principales son:

- La información suministrada permite cálculos de disponibilidad.
- Las operaciones pueden ser ejecutadas de acuerdo al resultado del árbol de fallas y según las opciones de diseño que se tengan o se implementen.
- El nivel de detalle puede ser escogido.

Figura 1-11: Árbol de fallas para TI en equipos de usuario final.



Fuente: (Office of Government Commerce -OGC-, 2007)

1.11.2 Análisis de árbol de eventos (Event Tree Analysis: ETA).

Técnica de análisis que se usa en análisis de riesgos y en análisis de confiabilidad tanto cualitativa como cuantitativa. Se aplica al conocer la secuencia de eventos que han permitido o podrían permitir que se produjese una falla.

1.11.3 Análisis del impacto por falla en el componente (Componente Failure Impact Analysis –CFIA-):

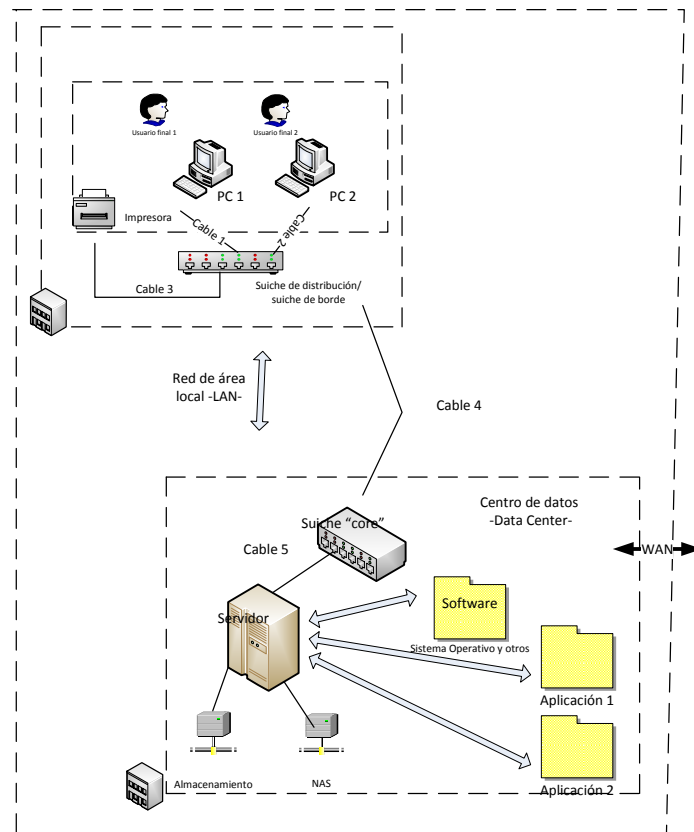
Puede ser usado para predecir y evaluar el impacto del servicio derivado de la falla de componentes tecnológicos. El resultado puede permitir identificar en dónde la resiliencia a la falla debe ser considerada para prevenir o minimizar el impacto en la operación del usuario o en la operación del negocio. Debería hacerse en la etapa de diseño del servicio, pero también aplica para servicios e infraestructura en funcionamiento. El uso actual es amplio: hardware, redes de datos, software, aplicaciones, centros de datos y el staff de soporte. Esta técnica también puede

ser aplicada para identificar el impacto y dependencia de la organización en el apoyo técnico de TI de acuerdo a las habilidades y competencias que necesita y soporta el servicio.

CFIA se logra suministrando e indicando:

- SPoFs (puntos de falla) que pueden impactar la disponibilidad.
- El impacto de la falla del componente en la operación del negocio y de los usuarios.
- Dependencia del componente y de la gente.
- Tiempos de recuperación del componente.
- La necesidad de identificar y documentar las opciones de recuperación.
- La necesidad de identificar e implementar medidas para la reducción del riesgo.
- La figura siguiente define los puntos de falla por componentes:

Figura 1-12: Puntos de falla por componente de un sistema TI.



Fuente: Adaptado de (Office of Government Commerce -OGC-, 2007).

Para ejecutar el CFIA se debe realizar una matriz que defina los servicios impactados y que tipo de intervención se debe realizar para su recuperación. El cuadro 1-6 presenta un ejemplo de aplicación en equipos de tecnología de la información en usuario final.

Cuadro 1-6: Ejemplo de aplicación en TI de uso en el Caso de Estudio.

Ítem de configuración (IC)	Servicio 1 (Equipo usuario final)	Servicio 2 (Conectividad)	Observaciones
PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Disk_PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Disk_PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Cable 1_PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio
Cable 2_PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación
Aplicación 1_PC1	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 2_PC2	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Cable 3_Impresora	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación
Suiche de distribución de datos	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Cable 4 o FO_Suiche	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Servidor Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 1 (servidor) Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 2 (servidor) Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Ítem de configuración (IC)	Servicio 1 (Equipo usuario final)	Servicio 2 (Conectividad)	Observaciones
PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Disk_PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Disk_PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio. Puede ser hardware o software.
Cable 1_PC1	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación el servicio
Cable 2_PC2	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación
Aplicación 1_PC1	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 2_PC2	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Cable 3_Impresora	M	M	Se necesita intervención en sitio para poner en operación
Suiche de distribución de datos	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo

Cable 4 o FO_Suiche	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Servidor Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 1 (servidor) Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo
Aplicación 2 (servidor) Data Center	X	X	La falla hace que el servicio no esté operativo

Fuente: Adaptado de (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). M: Manual. Necesita de la intervención de un técnico o ingeniero en campo para restaurar el servicio. X: Servicio no operativo.

1.11.4 Análisis de falla en el servicio (Service Failure Analysis –SFA-):

Técnica para suministrar una aproximación estructurada que identifique la causa de la interrupción del servicio al usuario. Utiliza un rango de valores y fuentes para saber dónde y por qué se da el déficit para que ocurra una indisponibilidad. La mirada es holística ya que incluye aspectos tales como que no son sólo las fallas sino la relación y sustento de la organización a los procesos TI, procedimientos y herramientas. Se apoya en métodos y técnicas de gestión de disponibilidad para formular las recomendaciones.

Desde el punto de vista de fallas en el servicio, se consideran objetivos de alto nivel las actividades utilizadas en el Cuadro 1-7. La metodología recomendada se da en la secuencia FTA, CFIA y por último la SFA de acuerdo al nivel de madurez de la organización en todos sus componentes, también en el equipo de Soporte Técnico y Mantenimiento.

Cuadro 1-7: Metodología de madurez en gestión de riesgos para TI.

ítem	FTA	CFIA (Análisis de impacto por falla en componente)	SFA
1	Se usa para determinar la cadena de eventos que causa una disrupción en los servicios TI	Mejorar la disponibilidad conociendo los puntos de falla que impactan la disponibilidad (SPoFs)	Mejorar la disponibilidad mediante un plan de disponibilidad
2	La información se puede usar para los cálculos de disponibilidad	Conocer el impacto de dicho componente en el negocio y en el usuario.	Identificación de causas subyacentes para la interrupción del servicio a los usuarios
3	Se pueden diseñar actividades para ejecutar de acuerdo a los visto en el árbol de fallas.	Que dependencia tiene el servicio de las personas que lo prestan o del componente que es parte del servicio.	Valorar la efectividad del apoyo de la organización a TI
4	Se puede escoger el nivel de detalle en el análisis.	Tiempo para recuperar el componente	Reporte detallado de los hallazgos
5		Identificar y documentar las opciones de recuperación.	Medir y valorar las actividades emprendidas de mejora
6		Identificar e implementar medidas de reducción de riesgo.	

Fuente: (ITIL -OGC-, 2007) . FTA: Fault Tree Analysis. Análisis de árbol de fallas; Análisis de árbol de eventos; CFIA: Componente Failure Impact Analysis. Análisis del impacto por falla en el componente; SFA: Service Failure Analysis. Análisis de falla en el servicio

					(corrective maintenance time)	falla (fault detection time)	
				Tiempo de mantenimiento (maintenance time)			
TR	TNR	TR	TNR	TR	TNR	TR	TNR

Nota 1: Todos los tiempos mencionados en la figura son intervalos de tiempo o secuencia de intervalos de tiempo.

Nota 2: TR: tiempos requeridos, TNR: tiempos no requeridos. Fuente: Adaptado de (International Electrotechnica Commission -IEC-, 2015).

Tiempos de mantenimiento activo: duración de la acción de mantenimiento, se excluye el retardo logístico en este caso, pero están incluidos los retardos técnicos (International Electrotechnica Commission -IEC-, 2015)

Cuadro 1-9: Tiempos de mantenimiento de un ítem.

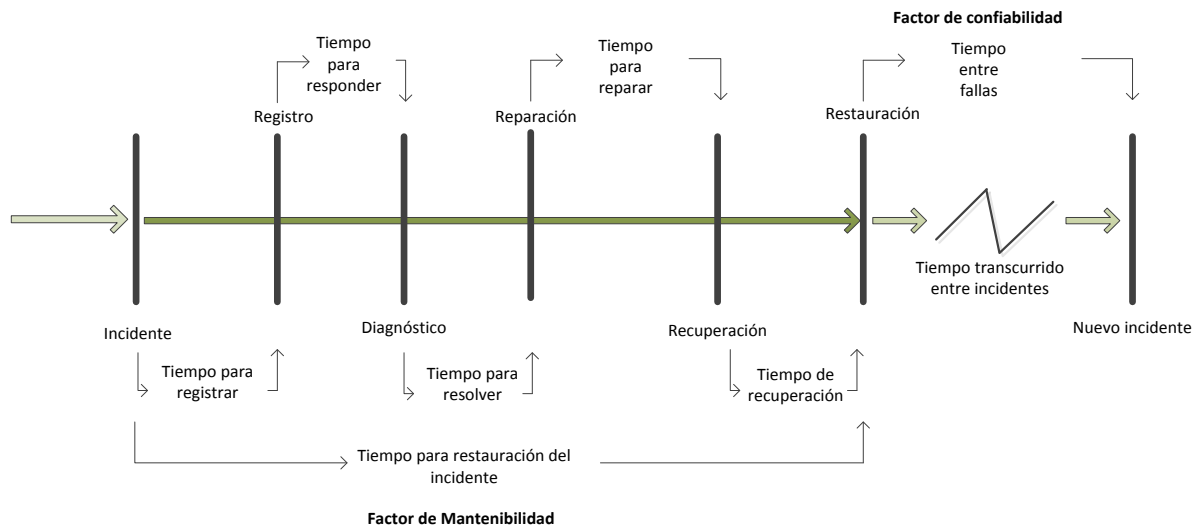
Tiempo de mantenimiento								
Tiempo de mantenimiento correctivo activo					Tiempo de mantenimiento preventivo activo			
Retardo logístico	Tiempo de mantenimiento activo							
	Tiempo activo en actividades de mantenimiento correctivo				Tiempo activo en actividades de mantenimiento preventivo			
	Retardo técnico	Tiempo en la localización de la falla	Tiempo en la corrección de la falla	Tiempo en pruebas para puesta en operación nuevamente	Retardo técnico	Tiempo de actividades de mantenimiento preventivo	Tiempo de pruebas para puesta en operación nuevamente.	Retardo logístico
	Tiempo de reparación							

Nota 1: Todos los tiempos mencionados en la figura son intervalos de tiempo o secuencias de intervalos de tiempo.

Fuente: Adaptado de (International Electrotechnica Commission -IEC-, 2015) . Recuperado Abril de 2015

Particularmente para TI, bajo la visión de ITIL, los tiempos que permiten definir el desempeño en los procesos de fallas (conocido como Incidentes) son nombrados según la línea de tiempo de intervenciones o actividades realizadas para su restauración en la Figura 1-13 y analizados más adelante en el apartado 3.4

Figura 1-13: Tiempos utilizados en ITIL (Proceso de Incidentes)

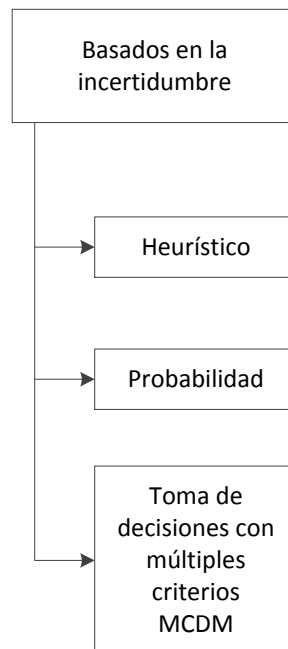


Fuente: (ITIL -OGC-, 2007). Service Strategy.

2. Procedimiento utilizado para la propuesta metodológica.

La manera de llegar a definir la metodología a utilizar se centró en la información reseñada por los diferentes autores en el capítulo 1 en base a las metodologías de mantenimiento y su caracterización. Aquellas basadas en la incertidumbre (Figura 2-1) y de manera específica en donde se necesitan decisiones que deban tener en cuenta múltiples criterios se dirigían al uso de los métodos MCDM. Además el contexto híbrido de lo cualitativo y cuantitativo se podía usar en TI con criterios tan definidos como los CDM (RAM).

Figura 2-1: El MCDM como la opción escogida de uso en la propuesta de la metodología para TI



Fuente: Adaptado de Kammaruddin y Ding (2015)

Para el uso del método MCDM se parte como referencia de la metodología dada por Ahmadi (2010) que es de aplicación en la aeronáutica y tiene un alto contenido en electrónica, informática y comunicaciones. La metodología propuesta usa el MCDM con la técnica PJA (AHP).

De los dos métodos MCDM usados por Ahmadi (2010), es decir VIKOR y TOPSIS, la metodología a proponer adiciona otros tres: MMOORA, WASPAS y RIM con el fin de tener más métodos de comparación para aplicar una alternativa de mantenimiento determinada. En cuanto a la forma de realizar los cálculos, se define utilizar la aplicación estadística de software denominada RSTUDIO usando paquetes de programación como AHP, MCDM y PMR.

También se usa como opción diferente a la de Ahmadi (2010), el concepto “tipo de falla” en vez de “modo de falla”. “Tipo de falla” se refiere a la tipificación que la organización, objeto de estudio, hace de los incidentes en un determinado servicio (ver Anexo A). “Modo de falla” se define como “el efecto por el cual la falla es observada en el ítem que ha fallado” (ISO 14224). Aplicar “tipo de falla” implica tener un modo más macro de conocer las fallas según los ítems fallados, lo que está en consonancia con la rotación tecnológica que se presenta en los equipos de TI y con el concepto de intervención hacia la restauración del servicio bajo el concepto de incidentes en la metodología propuesta. Sin embargo, ITIL, en otro de sus procesos, tiene el de “Problemas”, el cual si necesariamente debe conocer el modo y mecanismo de falla para solucionar determinadas fallas en los servicios TI. Este último aspecto no es del alcance de la metodología propuesta.

En los criterios lo que se propone respecto a Ahmadi (2010) es usar los términos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad y utilizar la mayoría de los respectivos criterios de su propuesta. Se elimina el criterio de satisfacción del cliente ya que el principal objetivo es sobre la infraestructura TI, sin desconocer que el usuario es el que finalmente reconoce y califica el servicio. Los criterios como Procesos/Actividades y Adoptabilidad/Mejores Prácticas se involucran como parte del desempeño de la ejecución y se toman según el uso de las mejores prácticas en servicios TI.

De las alternativas de mantenimiento propuestas por Ahmadi (2010) que tienen como referencia la metodología MSG-3, no se utilizan las alternativas de rediseño y lubricación que son de poco uso desde el punto de vista de mantenimiento a equipos de usuario final en TI y se generalizan otras como mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y descarte que son de alto impacto en atención de equipos de usuario final en TI.

La metodología se lleva a cabo en tres etapas:

Como primera etapa un equipo de especialista en TI y la alta administración definen los indicadores de evaluación (criterios en general) y el peso que tendrán estos en la estimación para el logro de los objetivos estratégicos finales de mantenimiento. Los criterios están definidos en tres niveles (subcriterios) entre las alternativas de mantenimiento definidas y el objetivo final buscado.

- Los criterios tipo 1 son los indicadores más cercanos al objetivo final buscado. Dan la relación cuantitativa entre disponibilidad y costos. En algunas casos de estudio la disponibilidad será la más apreciada no importando el costo, pero en otros momentos prima la atención al menor costo. Los casos utilizados en este trabajo tratan de mejorar la disponibilidad desde sus diferentes componentes, es decir como servicio y como elemento.
- Los criterios tipo 2 aplican al concepto desglosado de la disponibilidad y los costos (gastos), es decir a los componentes de confiabilidad, mantenibilidad, desempeño, inversión y costos de mantenimiento. La ponderación o peso de estos criterios depende de las visiones y necesidades administrativas y técnicas de la organización. Una característica importante y que hace flexible la metodología es que se adapta rápidamente a los cambios e intereses tecnológicos y organizacionales, algo muy común y necesario en tecnología TI.
- Los criterios tipo 3 identifican criterios precisos a los cuales se dirigen las alternativas de mantenimiento con sus actividades. La relevancia o el peso que se le dé a cada una de esas alternativas incidirá en la relevancia que vayan tomando las actividades a realizar. La comparación subjetiva resultante por pares permite construir una matriz que servirá luego para hallar el peso total de cada criterio respecto al total.

En la segunda etapa los ingenieros y especialistas en TI que conocen los diferentes procesos de ITIL, servicios TI, mantenimiento, calidad y similares identifican los tipos de falla e identifican las alternativas de mantenimiento más susceptibles de utilizar. Los tipos de fallas se definen de acuerdo a tres gamas de equipos o ítems de configuración⁸: hardware, software, red de datos.

⁸ IC: Ítem de Configuración. Término usado por ITIL relacionado con hardware o software indistintamente.

- Hardware: para el presente trabajo sólo se incluyen los computadores personales, estaciones de trabajo (Workstation), impresoras y algunos equipos auxiliares de apoyo a los equipos TI como las UPS (Uninterruptible Power Supply).
- Software: para el presente trabajo sólo aplica a sistemas operativos y aplicaciones ofimáticas y específicas o propias de la organización.
- Red de datos: cableado pasivo y equipos activos de la red de datos denominados de distribución. Se hace más en un contexto de conectividad.

Los tipos de falla, definidos por la Organización (ver, como ejemplo, tres tipos de servicios TI que se encuentran en el catálogo de servicios para la Sede Medellín en el Anexo A) siguen los lineamientos basados en las buenas prácticas de ITIL, y están definidos en los servicios denominados: “Equipo Usuario Final”, ”Conectividad a Red de Datos”, y “Telefonía”.

- Equipos Usuario Final: tipifica los incidentes como “falla equipo usuario final”, “falla software base”, “falla software especializado”.
- Conectividad a red de datos: tipifica los incidentes como “falla equipo activo”, “falla path cord”, “falla punto de cableado”, “falla redes inalámbricas”.
- Telefonía: tipifica los incidentes como “falla en la planta telefónica”, “falla en aparato telefónico”, “falla en los primarios”.

Aunque las tres gamas de fallas anteriores delimitan el alcance de este trabajo a equipos de usuario final o de conectividad (suiches de distribución), cualquier falla, sin embargo, por el carácter de servicio, demanda una relación permanente con todo lo que suceda en el centro de datos (servidores, aplicaciones, bases de datos, conectividad suiche core y seguridad en la información) y por lo tanto con la confiabilidad y disponibilidad de estos. Lo que significa que estos indicadores pueden usarse como insumo para estudios o metodologías similares en centros de datos, para posteriores estudios lo que aquí se realiza.

La segunda etapa también identifica las alternativas o estrategias de mantenimiento de acuerdo a las características que fortalecen un mantenimiento que usa el CDM y se gestiona desde ITIL. Las seis alternativas le apuntan a la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad y a las funciones del servicio o el ítem. Estas son explicadas de manera resumida en el ítem 3.1 aunque ya han sido tratadas en apartados anteriores del marco teórico y estado del arte.

La tercera etapa es la que clasifica y define el puntaje de cada alternativa de mantenimiento según los tipos de falla presentados. Se usan varios métodos que aplican el MCDM y calculan matemáticamente cuál es la alternativa más ideal en puntajes de 1 a 6, siendo 1 la mejor y 6 la última en recomendación de aplicación. Ellas son: MMOORA, RIM, TOPSIS, VIKOR, WASPAS; también tratadas con anterioridad. La alternativa de mayor puntaje y más viable se ejecuta. Su utilización debe ser automática y en constante reevaluación de acuerdo a la dinámica que se presente en el mantenimiento o en la organización.

Continuar con otros tipos de falla pretende aplicar de manera “personalizada” la alternativa de mantenimiento que sea más adecuada para la falla que se presenta. Identificar el servicio o servicios TI involucrados por este tipo de falla, permite acotar y conocer los servicios afectados y el valor de estos en el negocio. Permite también tomar decisiones con objetivos mayormente operacionales que también podrían ser estratégicos organizacionales (alta gerencia).

3. Resultados y discusión

Aunque el capítulo 1 expone las principales metodologías, estrategias y/o áreas de incidencia con características que fortalecen su aplicación en TI y por lo tanto le da solución al objetivo 1 del trabajo, se profundizará algunos aspectos que surgen del análisis de los resultados.

De la metodología CDM (RAM) y MCC (RCM) se considera el desempeño en la funcionalidad del equipo o sistema. Del CDM y el MSG, la preservación de la función (primaria o secundaria) y la atención a la actividad de mantenimiento desempeñada al equipo o elemento básico de falla. Lo que se pretende es que el desempeño de un ítem que es tomado en términos de velocidad, capacidad, rango y otras medidas “normales” o “nominales” o “base”, no fallen de forma frecuente, además de que esté disponible para su uso, ya que si no es así, entonces el rango, la capacidad y la velocidad no son relevantes (J. Foote, 2013). Es por esto que el CDM y el MCC se incluyen como la columna vertebral y a la vez como estrategia y alternativa para mantenimiento en TI. La confiabilidad determina la probabilidad de que un equipo está listo o no para ejecutar la función o funciones para las cuales fue diseñada y mucho de ello se centra en el mantenimiento de ítems básicos pero fundamentales en el sistema.

De ITIL la estructuración de los procesos y el mantenimiento dentro de un proceso de servicio bajo un modelo de mejores prácticas, el MCDM por su capacidad de utilizar tantos criterios como sea a bien tener en cuenta y por su flexibilidad de variarlos, los análisis de riesgos por su capacidad de prever y disminuir el impacto y por ser una herramienta de evaluación y mejora del CDM.

A continuación se tratan las características más relevantes del resultado de usar un modelo de mejores prácticas en TI.

3.1 Marcos de trabajo (modelos de mejores prácticas) relacionado con bienes y servicios y tecnología de la información –TI-.

Un modelo de referencia es definido como un modelo de “mejores prácticas”. Y un modelo de referencia es un metaconcepto que es referenciado desde dos diferentes contextos: la generalidad y de tipo consultivo o de recomendación. A causa de este último es considerado como un modelo de mejores prácticas y de uso común en mantenimiento, en la industria y en TI.

En el Cuadro 3-1 y la Figura 3-1 se presentan varios de estos modelos de referencia y de mejores prácticas usados para TI y a ITIL en relación a ellos. El enfoque de ITIL en los procesos y en operaciones TI se enmarca en un proceso análogo al de mantenimiento industrial aplicado de manera específica en el proceso de incidentes (fallas en TI). La incidencia y relación de ITIL con los demás marcos de trabajo permite utilizarlo como una herramienta de gestión en mantenimiento TI.

Cuadro 3-1: Marcos de trabajo y de mejores prácticas para tecnología TI y relacionadas

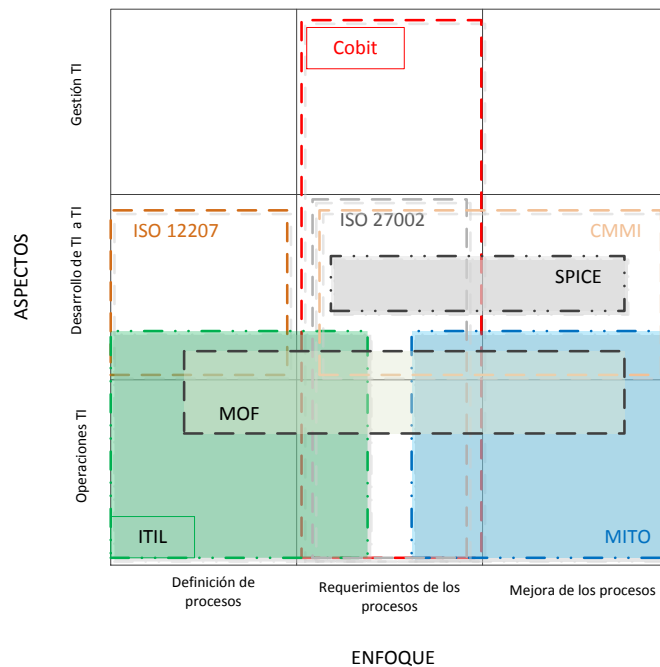
Ítem	Marco de trabajo	Enfoque de aplicación	Marcos interrelacionados
1	ITIL (Information Technology Infrastructure Library)	Marco de referencia para una mejor prestación de servicios TI en empresas especialmente de servicios TI.	
2	CITIL = CMMI + ITIL. CMMI para operaciones TI.	Cubre el ciclo de vida TI con un lenguaje común y define las interfaces entre operaciones y desarrollo. Define pasos para mejorar las operaciones TI y sus niveles de madurez.	
3	MOF (Microsoft Operations Framework)	Es una guía operacional de Microsoft que pueden usar las organizaciones con las tecnologías y productos de MS para sistemas de misión crítica: confiabilidad, disponibilidad, soportabilidad y gestión. Está dividida en módulos. Algunos de ellos son: Gestión de disponibilidad, gestión de incidentes, gestión de problemas, mesa de servicio.	

Ítem	Marco de trabajo	Enfoque de aplicación	Marcos interrelacionados
4	CMMI-SVC (Capability Maturity Model Integration Services)	Modelo CMMI para servicios. "Proporciona un conjunto completo e integrado de guías para prestar mejores servicios".	<ul style="list-style-type: none"> Information Technology Infrastructure Library –ITIL- ISO/IEC 20000. Information Technology-Service Management Cobit. Control Objectives for Information and related Technology. ITSCMM. Information Technology Services Capability Maturity Model.
5	eTOM, Enhanced Telecom Operations Map.	Define un modelo para la industria de las telecomunicaciones. Describe los procesos de negocios requeridos por proveedor de servicios y define los principales elementos y como ellos interactúan.	<ul style="list-style-type: none"> Es un componente de NGOSS, el cual ha sido renombrado Framework. eTOM e ITIL son parte de Total Quality Management. ISO 9000 es similar pero más genérico (busca mejora en los procesos y los resultados)⁹
6	ISO 20000. Calidad de los servicios TI.	"Implementación efectiva y planteamiento estructurado para desarrollar servicios de tecnología de la información fiables en lo referente a la gestión de servicios TI".	<ul style="list-style-type: none"> La ISO/IEC es totalmente compatible con ITIL. La diferencia es que ITIL no es medible y puede ser implantado de muchas maneras, mientras que la ISO/IEC 20000 las organizaciones deben ser auditadas y medidas frente a un conjunto establecido de requisitos.
7	Cobit. Control Objectives for Information and related technology.	Objetivos de control para tecnologías de la información y tecnologías relacionadas. "Es una guía de mejores prácticas presentadas como un marco de trabajo dirigida al control y supervisión de tecnologías de la información"	<ul style="list-style-type: none"> Cobit 5 está alineado con marcos y normas relevantes usadas en muchas de las organizaciones. Corporativas: COSO, COSO ERM, ISO/IEC 9000, ISO/IEC 31000. Relacionadas con TI: ISO/IEC 38500, ITIL, ISO/IEC serie 27000, TOGAF, PMBOK/PRINCE2, CMMI.
8	ITSM. Information Technology Service Management.	Es un proceso de gestión de servicios aplicado a tecnología de la información. Se puede ver análogo a una ERP (Enterprise Resource Planning)	<ul style="list-style-type: none"> Tiene lazos e intereses comunes con metodologías y marcos de mejores procesos como: TQM (Total Quality Management), Six Sigma, Business Process Management, CMMI.
9	ISO/IEC 15504-SPICE	Contiene un modelo de referencia que define la dimensión del proceso y la dimensión de la capacidad. Se usa en parte en la prevención de la falla y la valoración de la disponibilidad.	

⁹ An Interim view of an Interpreter's Guide for eTOM and ITIL Practitioners (TMF GB921 Application Note V Release 6.0).

Ítem	Marco de trabajo	Enfoque de aplicación	Marcos interrelacionados
10	MITO. Maturity Model for IT Operations.	Proporciona un modelo de madurez y gestión de procesos para Operaciones TI, excluyendo cualquier otro tipo de proceso. Está compuesto de cinco procesos: servicio al cliente, servicio de ingeniería, servicio de gestión, servicios estratégicos y servicios internos. También está definido por cinco modelos de madurez: estocástico, repetible, rastreable, medible y optimizable.	
11	ISO/IEC 27002	Suministra las recomendaciones de mejores prácticas en gestión de seguridad de la información para iniciar, implementar o mantener los sistemas de gestión de seguridad de la información (ISMS)	
12	ISO 12207/ IEEE 12207	Es una norma para procesos en el ciclo de vida del software. Define todas las tareas necesarias para desarrollar y mantener el software. Consta de 23 procesos, 95 actividades, 325 tareas y 224 resultados (Milanovic et al., 2010)	

Figura 3-1. Enfoque y aspectos de ITIL respecto a otros marcos de referencia (tomado de Milanovic et al., 2010)

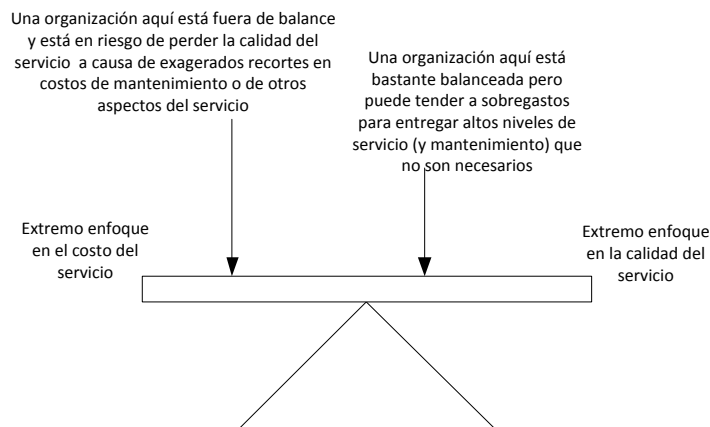


Fuente: (Milanovic, 2010)

3.2 Metodología de mantenimiento basado en múltiples criterios (Multi-Criterio Decision Making –MCDM-)

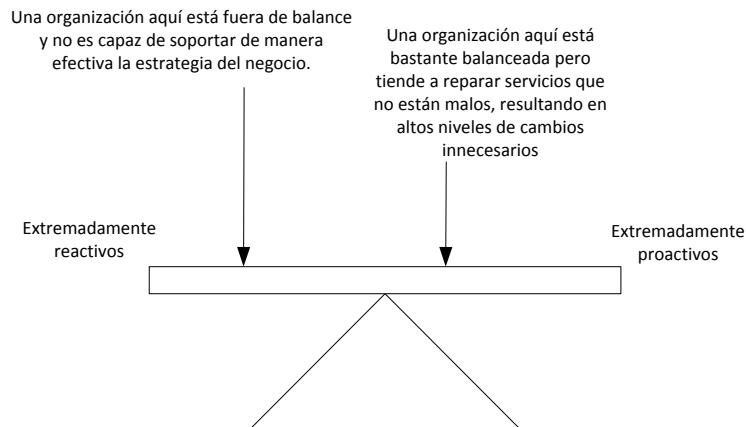
De las diferentes metodologías (Mardani, y otros, 2015) además de las estudiadas por (Ahmadi, Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools, 2010) en mantenimiento, el modelo de decisión multicriterio (Multi-Criterio Decision Making –MCDM-) que está apoyado en un proceso jerárquico analítico –PJA- (Analytical Hierarchy Process –AHP-) con criterios y sub-criterios técnicos y administrativos aporta el insumo principal a la metodología propuesta para TI. El MCDM se caracteriza por la necesidad de satisfacer múltiples objetivos como sucede en la tecnología de la información (ver ejemplos en Figuras 3-2 y 3-3). Y su optimización lo que pretende es determinar la mejor solución de acuerdo a los criterios que se establecen para cumplir o lograr estos múltiples objetivos.

Figura 3-2. Costo del servicio vs calidad del servicio en su relación con el mantenimiento.



Fuente: (Office of Government Commerce -OGC-, 2007). ITIL. Service Operation.

Figura 3-3: Servicio proactivo vs servicio reactivo y su relación con el mantenimiento.



Fuente: (Office of Government Commerce -OGC-, 2007).ITIL. Service Operation.

A continuación se anuncian los métodos MCDM de uso en mantenimiento y de aplicación a TI.

- TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

Técnica por preferencia de similitud con la solución ideal (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution –TOPSIS-). Se basa en que la mejor alternativa que se puede escoger es la que tenga la distancia geométrica más corta a la solución ideal positiva y la distancia más larga a la solución ideal negativa. Es un método de agregación compensatoria que compara alternativas identificando los pesos de cada criterio, normalizando las valoraciones de cada criterio y calculando la distancia geométrica de cada alternativa contra la alternativa ideal, la mejor es aquella de mayor puntaje en cada criterio. Se asume que los criterios son únicos. Su ventaja es que hace mejor la compensación entre criterios ante los métodos no compensatorios.

- VIKOR (Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)

Se usa para resolver problemas con criterios conflictivos y no medibles (diferentes unidades) y asume compromisos aceptables para la solución de los conflictos. Los tomadores de decisiones quieren una solución que sea más cercana a la ideal y las alternativas se evalúan de acuerdo a todos los criterios establecidos. Las alternativas son categorizadas y la solución está comprometida con la que es más cercana a la ideal.

- MMOORA (Multi-Objective Optimization by Ration Analysis and the Full Multiplicative Form).

Este método permite a los tomadores de decisiones eliminar las alternativas inadecuadas mientras selecciona la más adecuada y así potencializa los procedimientos de selección existentes. Su uso aplica a temas de tomas de decisiones complejas en ambientes industriales (V. S., 2011), en localización de sucursales y para tecnología (Görener, Dinçer, & Hacıoğlu, 2013) entre otros.

- WASPAS (Weighted aggregated sum product assessment)

Para incrementar la exactitud de la clasificación y la efectividad del proceso de toma de decisiones por medio de una ecuación generalizada que determina la importancia relativa (Q) de las alternativas. Estas alternativas son clasificadas según los valores Q. La mejor alternativa podría ser la que tenga el más alto valor de Q. Si λ (valor de optimización entre 0 y 1) es cero, WASPAS se transforma en el método WPM y en el momento en que λ sea igual a uno, se transforma en el método WSM (Zavadskas, Antucheviciene, Saparauskas, & Turskis, 2013), (Zavadskas, Turkis, & Antucheviciene, 2012)

- RIM (Reference Ideal Method).

Usa, a diferencia de los métodos como el de VIKOR y TOPSIS un valor o un conjunto de valores que puedan estar entre el valor máximo y el valor mínimo de un rango determinado. Se conoce como el método de “solución ideal” y es independiente del tipo de dato que se tenga (Cables, Lamata, & Verdegay, 2016).

- Relación Costo-Beneficio

Las inquietudes de si la decisión es favorable o no generalmente se considera en los beneficios y en los costos. Si los asuntos se muestran favorables, se consideran valiosos y por lo tanto se consideran beneficios, tales como disminuir el tiempo de mantenimiento activo, reducir irregularidades operativas, mejorar las actividades y usar técnicas de mejores prácticas. Los desfavorables, se consideran de valor negativo y por lo tanto se consideran costos y allí entran el uso de redundancia y adquirir hardware y software, y el costo de mano de obra.

3.3 Criterios relacionados con el tiempo de uso como indicadores

Aunque la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son los indicadores más estandarizados y de tipo mundial que permiten evaluar y gestionar el mantenimiento (Department of Defense. United States of America, 2005), (Mora, 2009), toda metodología de mantenimiento necesita en su estrategia de otros indicadores que le permitan evaluar el desempeño de las actividades realizadas de uso al interior de las organizaciones y que pueden estar dirigidos a la alta gerencia o la operación y permitan la toma de decisiones respecto a lo que debe hacerse en el caso de que no se ajusten a lo definido en la estrategia organizacional.

ITIL en el diseño del servicio define métricas asociadas al proceso (progreso, cumplimiento, eficiencia y eficacia) y a componentes individuales de este proceso (como son la disponibilidad, el desempeño, la capacidad, fallas y cambios). Sin embargo las fallas de las organizaciones respecto a la toma y uso de datos e indicadores yacen en que estos se dan sólo para áreas particulares (ITIL -OGC-, 2007), no se depuran, no se asocian o no son correctamente analizadas por el personal a cargo. Algunos de los principales problemas en estas mediciones son, entre otros (ITIL -OGC-, 2007)

- Las mediciones son ajenas a las necesidades y objetivos estratégicos de las organizaciones o del área específica.
- No se definen como parte de un todo.
- Hay áreas en donde las mediciones no son registradas.
- Algunas áreas son bien medidas, mientras que en otras se hace pobremente o no se hace.
- Lo métodos de cálculo y presentación no son consistentes.
- Las decisiones y acciones de mejora son incompletas o inconclusas.

Al mejorar el diseño de los servicios y la ejecución en el mantenimiento se puede reducir el MTRS (tiempo medio para restablecer el servicio). Algunos de los factores que se pueden intervenir para la mejora de la mantenibilidad y por lo tanto de la disponibilidad, son:

- Tiempo para registrar

- Tiempo para responder
- Tiempo para resolver (diagnóstico de la falla)
- Tiempo para físicamente reparar o reemplazar (mantenimiento correctivo activo)
- Tiempo de recuperación (pruebas de verificación).

La medición de los tiempos puede hacerse en segundos, minutos, horas y días. La periodicidad de las actividades del negocio varía entre clientes y contratos. Si la tasa de pérdidas es lineal con el tiempo, la medida puede hacerse indirectamente en términos de ciclos, millas, transacciones y compra y venta, con lo que se determina el impacto en el negocio.

3.4 Caso de estudio

Este caso de estudio es realizado en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín con datos de dos sistemas de gestión de información¹⁰ de uso en las actividades de soporte técnico y mantenimiento a equipos TI a usuario final. Los principales datos son tomados desde octubre de 2015 a febrero de 2017. Ambos sistemas incorporan el marco de mejores prácticas para servicios de la tecnología de la información conocido como ITIL. Para el mes de octubre de 2016 se presentó la transición de sistema de información TI y se operó con ambos sistemas.

Aspectos relevantes de los sistemas de información del caso de estudio.

Sistema de información 1, denominado Helpeople¹¹. Fue utilizado por una de las Sedes de la Organización (Sede Medellín) durante un período aproximado de 4 años. Los datos a evaluar corresponden a dos períodos. Un primer período va desde octubre de 2015 a febrero de 2016 con el fin de compararlo con el mismo período del año siguiente del sistema de información 2. El segundo período va desde el 1 de marzo al 31 de octubre de 2016.

Sistema de información 2, denominado Aranda¹². Es utilizado actualmente por todas las Sedes de la Organización (Universidad Nacional de Colombia) e incorporado desde octubre de 2016 en

¹⁰ Ambos sistemas son considerados en sentido general un CMMS para TI

¹¹ Nombre comercial (<http://www.helpeoplesoft.net/> (consultado marzo 20 de 2017))

¹² Nombre comercial (<http://arandasoft.com/acerca-de/> (consultado marzo 20 de 2017))

la Sede Medellín. Los datos evaluados comprenden el período desde el 25 de octubre de 2016 hasta febrero 28 de 2017. Estos períodos son los que se definen como el tiempo de prestación del servicio para los cálculos promedios de la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Ambos sistemas tienen su principal alcance en los procesos de incidentes y requerimientos (ITIL tiene otros procesos los cuales no han sido incorporados en el sistema o puestos en operación en algunas sedes de la Organización, incluyendo la Sede Medellín). La parametrización (como acuerdos de nivel de servicio –ANS-, nombre de los servicios y el número de servicios, entre otros) tiene similitudes en ambos sistemas.

Los principales indicadores arrojados por los sistemas son la efectividad o el cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS) y la eficiencia. También se tienen métricas como la cantidad de solicitudes, cantidad de incidentes y requerimientos entre otros, según los servicios o casos según el sistema de información utilizado.

El sistema de información 2 fue adquirido por la alta Gerencia TI de la Organización a diferencia del sistema de información 1 que se adquirió en base a las necesidades de Sede por la dirección de la Oficina TIC responsable.

Aspectos principales de los activos y servicios de los que hacen parte este estudio:

La Organización ha definido 22 tipos de servicio los cuales 20 de ellos son prestados en la Sede Medellín e involucran equipos de tecnología de la información o similares y pueden ser afectados por una falla tal como lo presenta el Anexo A “Catálogo de Servicios para la Sede Medellín”. El presente estudio se enfoca principalmente en servicios a equipos de usuario final.

Los activos en equipos de TI alrededor de 6.282 equipos¹³ (para el 2016), 4.674 computadores personales y portátiles, 578 impresoras y 348 suiches de datos y equipos auxiliares en lo referente a TI. El software también suma a este inventario con alrededor de 181 tipos con diferentes licenciamientos más lo referente a software institucional y ofimático. Las aplicaciones que hacen parte de estos licenciamientos, en su mayoría, necesitan del soporte y mantenimiento de software porque son parte de los equipos de usuario final. Aproximadamente el 50% de los equipos activos son denominados obsoletos bajo el contexto de la organización, es decir, la organización los

¹³ Según base de datos institucional, Oficina de Inventario-Sede Medellín, diciembre de 2016.

define como “bajos en desempeño para la velocidad, complejidad y volumen exigido para las labores actuales”, pero teniendo como referencia la vida útil cumplida (si es mayor a cinco años se considera “obsoleto”). Otros equipos relacionados con TI como televisores, video proyectores, cámaras de vigilancia, escáner y equipos auxiliares como UPS, acondicionadores, reguladores y similares; entran a formar parte de la disponibilidad operativa calculada de los servicios.

Es necesario aclarar que el ANS toma el tiempo activo de un servicio o de un caso para declararlo dentro o fuera de dicho ANS. Para este trabajo se usa no el tiempo activo del servicio sino todo el tiempo invertido en el caso, incluyendo los tiempos de suspensión por causas ajenas a los especialistas de TI que resuelven las solicitudes o los casos. Esta decisión se toma bajo el argumento de que un aproximado de 50% de casos revisados en el sistema de información 2 tiene que ver con criterios para detener la ejecución de la solicitud o caso que son del alcance de la disponibilidad del servicio y la organización debe asumir para poder solucionar la afectación que allí se produce.

3.4.1 Estadísticas e Indicadores dados por los sistemas de información.

Estadísticas e indicadores generales de los servicios o casos atendidos durante el período de octubre de 2015 hasta marzo de 2017 bajo dos diferentes sistemas de información TI.

El resumen de este apartado muestra que el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (ANS) se ha incrementado en el tiempo (de octubre de 2015 con 67,90% a febrero de 2017 con 91,27%) pero la disponibilidad ha bajado en la actualidad. El sistema de información 1 presenta una disponibilidad para equipos de atención de Usuario Final de 43,43% (en el período de marzo a octubre de 2016) y el sistema de información 2 de 21,25% (en el período de octubre de 2016 a febrero de 2017). Las causas de estos valores se deben principalmente a los tiempos de los casos usados para el cálculo de la disponibilidad. En el sistema de información 2 se usa todo el tiempo del caso, incluso aquellos en donde la solicitud se define como “suspendida” por causas ajenas a departamento de mantenimiento TI pero que son atribuibles a otras áreas de la Organización.

3.4.1.1 Datos obtenidos del Sistema de Información 1 (Helppeople)

Es importante hacer la aclaración de que el concepto de “Solicitud de Servicio” en este sistema de información incorpora “Órdenes de Servicio” que a su vez incorpora “Órdenes de trabajo” y estas a su vez pueden relacionar varios equipos (se considera que no es buena práctica tener varios equipos en una Orden de Servicio pero es evidente en el estudio y análisis de la información recopilada de los servicios prestados que dichas solicitudes e intervenciones son de este tipo).

La tabla 3-1 resume la cantidad de solicitudes, relación de número de incidentes con respecto al total y cumplimiento de los ANS. Datos adicionales del análisis de esta información se encuentran en el anexo B. De primera mano se observa que se da un crecimiento en el ANS mensual a partir de marzo de 2016 luego de que se puso la atención en este indicador y los tiempos de registro por parte de la dirección de departamento TI (responsable del mantenimiento a equipos TI).

Tabla 3-1. Número de solicitudes, relación de incidentes y tasa de cumplimiento en el acuerdo de nivel de incidentes. Sistema de información 1.

Período	Cantidad de Solicitudes de Servicio (Relación solicitudes totales OTIC/ Solicitudes prestadas a Usuario Final)	Cantidad de Ordenes de Servicio (Relación de cumplimiento ANS (%) de órdenes de servicio totales/ cumplimiento de órdenes de servicios prestadas a Usuario Final)	Cantidad de solicitudes que son Incidentes (Relación de total solicitudes incidentes OTIC/ solicitudes incidentes Usuario final)	Tiempo promedio de resolución de solicitudes que son Incidentes (Total OTIC/ Total a Usuario final) Minutos	Tasa de cumplimiento ANS de Incidentes (Total OTIC/ Total a Usuario final) %
Período 1					
Octubre 2015	582 / 495	69,77% / 68,25%	353 / 349	1220,8 / 1205,8	67,99% / 67,90%
Noviembre 2015	561 / 444	69,14% / 68,81%	286 / 284	1116,6 / 1091,6	71,03% / 71,53%
Diciembre 2015	341 / 285	60,06% / 58,16%	164 / 164	577,7 / 577,7	64,94% / 64,94%
Enero de 2016	334 / 307	64,38% / 65,34%	199 / 199	1096,4 / 1096,4	70,89% / 70,89%
Febrero de 2016	830 / 695	69,31% / 69,35%	345 / 345	1084,1 / 1084,1	70,67% / 70,67%
Total período 1	2648 / 2226		1347 / 1341		
Período 2					
Marzo de 2016	607 / 483	79,33% / 84,15%	265 / 260	1785,7 / 1739	89,10% / 90,04%
Abril de 2016	656 / 547	77,41% / 81,72%	241 / 236	868,3 / 804,5	79,91% / 80,43%
Mayo de 2016	558 / 485	72,50% / 77,65%	228 / 228	957,7 / 952,7	79,42% / 79,42%
Junio de 2016	496 / 435	69,47% / 75,18%	203 / 202	479,2 / 479,2	80,34% / 84,77%
Julio de 2016	468 / 411	71,73% / 77,91%	178 / 178	941,2 / 786,2	84,92% / 84,92%
Agosto de 2016	746 / 674	78,57% / 81,29%	286 / 286	1396,3 / 1363,3	83,39% / 83,39%
Septiembre de 2016	662 / 645	83,90% / 84,59%	271 / 271	750,5 / 750,5	86,76% / 86,76%
Octubre de 2016 (parcial)	509 / 499	80,50% / 80,60%	228 / 227	1148,3 / 1147,3	84,40% / 84,33%
Total período 2	4702 / 4179		1900 / 1888		

Fuente: Adaptado de datos del Sistema de Información 1 (Helpepeople). OTIC: Oficina de Tecnología de la Información y las Comunicaciones. Es el análogo de un departamento de mantenimiento pero en este caso para tecnología TI. ANS: Acuerdo de nivel de servicio.

Para el período entre octubre de 2015 y febrero de 2016 se presentan 1.886 solicitudes totales de las cuales 1.690 (89,60%) son del servicio de “Atención a Usuario Final” (o Centro de Atención de Servicio -CAS- para “Atención a Usuario Final”). De ellos 1.016 (60,12%) son incidentes en la categoría de “Soporte Técnico a Hardware y Software” cuyo mayor número de fallas se centra en las actividades denominadas “Navegadores Web” con 383 (37,69%); Teléfono con 213 (20,96%); e “Impresora” con 144 (14,17%). Ver tabla 3-2 y Tabla 3-3. De estas solicitudes, el cálculo de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad revelan que en la categoría general de “Soporte Técnico a Hardware y Software” tiene una disponibilidad de 47,01% en el servicio de “Atención a Usuario Final” a causa de una disponibilidad en el “Soporte Técnico de Hardware y Software” que corresponde al 47,02% de dicho servicio (ver Tabla 3.4). La metodología a proponer se enfoca en disminuir el impacto de estas fallas conociendo las causas principales para su aparición y potencializar la solución fortaleciendo el personal de mantenimiento y soporte técnico en el marco de mejores prácticas (ITIL) así como en la adquisición de conocimiento al servicio de un diagnóstico mucho más ágil.

Para el cálculo de la disponibilidad se usa la fórmula dada por ITIL, basada en la disponibilidad del servicio (o tiempos acordados de servicio) y los tiempos de reparación y tiempos de falla (ecuación 3.1). Su uso implica los siguientes supuestos: El primero es que las reparaciones pueden llevarse a cabo y el sistema es restaurado a su mejor condición. El segundo es que no aplica a sistemas con redundancia interna, sino a sistemas simples (Milanovic, 2010). Para los ítems involucrados en el servicio a “Usuario Final” no se considera ninguno de ellos con redundancia ni interna ni externa, sin embargo es un criterio que se utiliza en la metodología como una manera de aumentar la disponibilidad.

- Para disponibilidad

$$A_{ITIL} = \frac{AST - Downtime}{AST} \quad (3.1)$$

Donde:

A: Disponibilidad (en %)

AST: Tiempo acordado del servicio (Agreed Service Time)

Downtime: Tiempo de reparación o mantenimiento (tiempo no operacional).

- Para confiabilidad y mantenibilidad se usan igualmente las ecuaciones de ITIL basadas en la tasa de fallas para la confiabilidad del servicio (MTBSI), la tasa de fallas para la confiabilidad de un equipo (MTBF), y la tasa de reparaciones de un servicio (MTRS). Estas tasas involucran el tiempo disponible del servicio (similar al tiempo acordado de servicio), número de fallas, tiempo total de no operación.

$$R_{MTBSI(horas)} = \frac{\text{Tiempo disponible (horas)}}{\text{Número de fallas del servicio}} \quad (3.2)$$

$$R_{MTBF(horas)} = \frac{\text{Tiempo disponible (horas)} - \text{Tiempo total de no operación (horas)}}{\text{Número de fallas de un equipo}} \quad (3.3)$$

- Para mantenibilidad

$$M_{MTRS(horas)} = \frac{\text{Tiempo total de no operación (horas)}}{\text{Número de fallas del servicio}} \quad (3.4)$$

Tabla 3-2: Solicitudes entre octubre de 2015 y febrero de 2016 (Helppeople)

Cuenta de CAS (CAS: Centro de Atención de Servicio)				
Etiquetas	Desarrollos	Incidente	Requerimiento	Total general
Atención a Usuario Final		1016 (60,12 %)	674 (39,88 %)	1690 (100 %)
IMAC		1		1
Soporte Técnico Hardware y Software (en blanco)		1015	672	1687
			2	2
Gestión de Identidad Electrónica			64	64
Identidad Física			1	1
Identidad Lógica			63	63
Gestión y configuración de infraestructura de servidores		6	118	124
Bases de Datos			62	62
Gestión de Servidores		5	6	11
Portales Web		1	50	51
Sistemas de Información	1		7	8
Desarrollos de Software	1			1
Sistema de Consecutivos			4	4
Suelos			3	3
Total general	1	1022 (54,18%)	863 (45,18%)	1886 (100%)

Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Tabla 3-3: Total incidentes y tipo de intervención (actividad) requerido. Servicio de atención a Usuario Final

	Incidente	
Etiquetas	Cuenta de CAS	Suma de tiempo de solución – TS- (en horas)
Atención a Usuario Final	1016	1907,683333
IMAC	1	0,333333333
Escáner	1	0,333333333
Soporte Técnico Hardware y Software	1015	1907,35
Antivirus	2	2,583333333
Correo Electrónico	4	0,716666667
CPU	86	145,55
Impresora	144	191,2333333
Laboratorio de Suelos	1	1
Monitor	11	9,35
Mouse	2	3
Navegadores Web	383	904,05
Ofimática	28	22,73333333
Portátil	9	18,25
Quipu	17	8,766666667
Sara	1	0,216666667
scanner	27	111,6166667
Sistema Operativo	64	112,3
Teclado	10	10,1
Teléfono	213	345,3333333
Video Beam	12	18,75
Videoconferencia	1	1,8
Gestión y configuración de infraestructura de servidores	6	1,833333333
Gestión de Servidores	5	1,766666667
No disponibilidad de servicio informático	4	1,266666667
No disponibilidad de servidores	1	0,5
Portales Web	1	0,066666667
Falla de extensión	1	0,066666667
Total general	1022	1909,516667

Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Tabla 3-4: Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en el período comprendido entre octubre de 2015 y febrero de 2016)

				Período de servicio	=5*30*24 = 3600 horas	
	Etiquetas de columna					
Solicitudes de servicio	Incidente					
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Suma de TS	Disponibilidad del servicio (%)	Confiabilidad del servicio (MTBSI –horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF –horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS –horas-)
Atención a Usuario Final	1016	1907,68	47,01%	3,54	1,67	1,878
IMAC	1	0,33	99,99%	3600,00	3599,67	0,333

Escáner	1	0,33	99,99%	3600,00	3599,67	0,333
Soporte Técnico Hardware y Software	1015	1907,35	47,02%	3,55	1,67	1,879
Antivirus	2	2,58	99,93%	1800,00	1798,71	1,292
Correo Electrónico	4	0,72	99,98%	900,00	899,82	0,179
CPU	86	145,55	95,96%	41,86	40,17	1,692
Impresora	144	191,23	94,69%	25,00	23,67	1,328
Laboratorio de Suelos	1	1,00	99,97%	3600,00	3599,00	1,000
Monitor	11	9,35	99,74%	327,27	326,42	0,850
Mouse	2	3,00	99,92%	1800,00	1798,50	1,500
Navegadores Web	383	904,05	74,89%	9,40	7,04	2,360
Ofimática	28	22,73	99,37%	128,57	127,76	0,812
Portátil	9	18,25	99,49%	400,00	397,97	2,028
Quipu	17	8,77	99,76%	211,76	211,25	0,516
Sara	1	0,22	99,99%	3600,00	3599,78	0,217
scanner	27	111,62	96,90%	133,33	129,20	4,134
Sistema Operativo	64	112,30	96,88%	56,25	54,50	1,755
Teclado	10	10,10	99,72%	360,00	358,99	1,010
Teléfono	213	345,33	90,41%	16,90	15,28	1,621
Video Beam	12	18,75	99,48%	300,00	298,44	1,563
Videoconferencia	1	1,80	99,95%	3600,00	3598,20	1,800

Fuente: Construcción propia

Para el período entre marzo y octubre de 2016 se presentan 4.697 solicitudes totales de las cuales 4.112 (87,54%) son del servicio de “Atención a Usuario Final”. De ellos, 1.929 (46,92%) son incidentes en la categoría de “Soporte Técnico a Hardware y Software” cuyo mayor número se centra en las actividades denominadas “CPU” con 220 (11,40%), “Impresoras” con (17,06%), “Navegadores Web” con 420 (21,77%); “Sistema Operativo” y “Teléfono” con 285 (14,78%). Ver tablas 3-5 y 3-6.

Tabla 3-5: Casos totales y relación de las diferentes categorías y naturalezas de las solicitudes de servicio.

Cuenta de CAS	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila (Naturaleza)	Conceptos técnicos	Incidente	Requerimiento	Total general
Atención a Usuario Final (Servicio)	191 (4,64%)	1929 (46,92%)	1992 (48,44%)	4112 (100%)
Aprovisionamiento equipos			4	4
11-25_equipos			3	3
3-5_equipos			1	1
IMAC			2	2
Correo Electrónico			1	1
Sistema Operativo			1	1
Soporte Técnico Hardware y Software (categoría)	191	1929	1986	4106
Antivirus (actividad)		1	2	3
C.T. hardware	164			164
C.T. software	24			24
Correo Electrónico		2	12	14
CPU		220	296	516
Impresora		329	216	545
Monitor		25	4	29
Mouse		4		4
Navegadores Web		420	394	814
Ofimática		40	28	68
Portátil		49	25	74
Quipu		42	34	76
Retiro hardware	3			3
Sara		11	7	18
Escáner		21	16	37
Sistema Operativo		416	272	688
Teclado		17	7	24
Teléfono		285	166	451
Video Beam		46	18	64
Videoconferencia		1	489	490
Total general	191	1929	1992	4112

Tabla 3-6: Porcentaje de actividades en los Incidentes.

Naturaleza	Incidente	
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Porcentaje
Atención a Usuario Final	1929	
Soporte Técnico Hardware y Software	1929	
Antivirus	1	0,05%
Correo Electrónico	2	0,10%
CPU	220	11,40%
Impresora	329	17,06%
Monitor	25	1,30%
Mouse	4	0,21%
Navegadores Web	420	21,77%
Ofimática	40	2,07%
Portátil	49	2,54%
Quipu	42	2,18%
Sara	11	0,57%
Scanner	21	1,09%
Sistema Operativo	416	21,57%

Naturaleza	Incidente	
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Porcentaje
Teclado	17	0,88%
Teléfono	285	14,77%
Video Beam	46	2,38%
Videoconferencia	1	0,05%
Total general	1929	100,00%

Fuente: Sistema de información 1 (Helpeople)

Para el mismo período de marzo a octubre de 2016, el cálculo de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad (ver Tabla 3-7) revelan que el servicio de “Atención a Usuario Final” tiene una disponibilidad de 43,43% y es igual a la de la categoría de “Soporte Técnico a Hardware y Software” ya que es allí donde se presentan los incidentes y también se alerta sobre el alto número de servicios en “Navegadores Web” y “Sistema Operativo”.

Tabla 3-7. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad entre marzo y octubre de 2016 en “Incidentes” en el servicio “Atención a Usuario Final”

Naturaleza	Incidente		Tiempo de prestación del servicio	5.760 horas		
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Tiempo (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad del servicio (MTBSI –horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF –horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS –horas-)
Atención a Usuario Final	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689
Soporte Técnico Hardware y Software	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689
Antivirus	1	1,66666667	99,97%	3456	5758,333	1,667
Correo Electrónico	2	2,5	99,96%	2304	2878,750	1,250
CPU	220	369,1166667	93,59%	15,6048	24,504	1,678
Impresora	329	482,6833333	91,62%	11,9333	16,040	1,467
Monitor	25	25,41666667	99,56%	226,623	229,383	1,017
Mouse	4	3,033333333	99,95%	1898,9	1439,242	0,758
Navegadores Web	420	972,8166667	83,11%	5,92095	11,398	2,316
Ofimática	40	45,2	99,22%	127,434	142,870	1,130
Portátil	49	131,25	97,72%	43,8857	114,872	2,679
Quipu	42	24,46666667	99,58%	235,422	136,560	0,583
Sara	11	6,233333333	99,89%	924,064	523,070	0,567
scanner	21	20,15	99,65%	285,856	273,326	0,960
Sistema Operativo	416	726,1666667	87,39%	7,93206	12,101	1,746
Teclado	17	20,08333333	99,65%	286,805	337,642	1,181
Teléfono	285	339,1166667	94,11%	16,9853	19,021	1,190
Video Beam	46	86,78333333	98,49%	66,3722	123,331	1,887
Videoconferencia	1	2	99,97%	2880	5758,000	2,000
Total general	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689

Fuente: Sistema de información 1 (Helpeople)

3.4.1.2 Datos obtenidos del Sistema de Información 2 (Aranda).

Las estadísticas e indicadores de este sistema de información están dados por “casos” y a diferencia del sistema de información 1 no tiene niveles anidados (el sistema de información 1 utiliza tres niveles en la respuesta a una solicitud: “solicitud de servicio”, “orden de servicio”, y “orden de trabajo”, similar a como lo hacen los sistemas de mantenimiento industriales). El rango de fecha de datos es desde el 26 de octubre de 2016 a febrero 28 de 2017, para un total de 3.000 horas acordadas de servicio con su respectivo ANS para los incidentes y requerimientos (ver Tabla 3-8).

Las tablas desde la 3-9 hasta las 3-13 resumen la cantidad de casos prestados a usuarios finales relacionándolos con el tipo de servicio, el tipo de falla definido, equipos asociados y para todos ellos calculando la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. De manera más específica se tiene lo siguiente:

- La tabla 3-9 indica que se presentaron 2.228 casos de los cuales el 67% son denominados “Requerimientos” (o “Llamadas de Servicio”) y el 33% son “Incidentes”. Esto define que las fallas son “pocas” en relación a otros aspectos como el soporte técnico (entendido soporte técnico como el resto de actividades que no corresponde a recuperarse de una falla y tiene que ver con nuevos servicios o cambios, entre otros).
- El grupo de especialistas dedicados a “Usuario Final” tiene el más alto número de casos registrados en relación a los otros grupos de especialistas del área TIC (también referenciado en la Tabla 3-9). Esto significa que realiza, para todos los casos el 86,85% lo que significa la atención del 96,77% de incidentes y 81,86% de requerimientos.
- Para el proceso de incidentes del grupo de “Usuario Final”, los acuerdos de nivel de servicio –ANS- son mantenidos en una calificación de 91,27% de efectividad (dato arrojado por el sistema de información 2. Ver tabla 3-8). El objetivo es mantenerlo por encima del 90% de efectividad planteado como meta por la alta gerencia.
- La clasificación del caso según el servicio al que pertenecen se dan en la Tabla 3-10. En “Incidentes” los casos relacionados con “Equipos de usuario final” (67,82%), “Conectividad a red de datos” (11,23%) y “Telefonía” (18,17%), tienen los mayores porcentajes respecto a la atención dada por el grupo de “Usuario Final”. Esto se representa principalmente en los casos

de falla en aparatos telefónicos, los denominados equipos activos (de redes de datos), equipos de usuario final (computadores e impresoras), puntos de cableado y software

- La disponibilidad de las solicitudes atendidas por el grupo de especialistas en el servicio a “Usuario Final” es de 20,15% y 73,68% en las solicitudes o fallas en “Equipos de Usuario Final” y “Conectividad a red de datos” respectivamente (ver Tabla 3-11). Estos valores están estrechamente ligados con la suma de los tiempos de los casos. Para determinar este valor de disponibilidad se usa el dato del “tiempo total del caso” aunque también existe el “tiempo real del caso”. La principal razón para hacerlo es que se dan tiempos muertos en el análisis de los datos que objetan hacerlo con el “tiempo real”, además de que permiten intervenir estos tiempos que al fin y al cabo son los que retardan la solución final de la falla. La metodología propuesta aborda criterios como capacidad en repuestos y capacitación en el personal que inciden en disminuir estos tiempos.
- La disponibilidad vista desde los “Tipos de Falla” (Tabla 3-12) arrojan que los servicios que corresponden a “Equipos de usuario final”, la disponibilidad es de 20,15% (que incorpora entre otras la “Falla equipo usuario final” con un 23,36% de disponibilidad) y en “Conectividad a red de datos” es de 73,68% (que se compone entre otras de “Falla equipo activo” con un 81,27% de disponibilidad). Ambos servicios y en especial ambos tipos de fallas son los que tienen más baja disponibilidad en el proceso de “Incidentes” y los esfuerzos de gestión y disponibilidad de mantenimiento deberían dirigirse a estos.
- Para el propósito de disponibilidad en el rango de equipos que pertenece al tipo de “Falla equipo usuario final”, la tabla 3-13 muestra que los relacionados como “Escritorio” y “Multifuncionales” que se refiere a computadores personales tipo escritorio y a impresoras multifuncionales tienen la disponibilidad más baja, es decir 58,42% y 87,49% respectivamente (que hacen parte del 21,25% de disponibilidad total en “equipos”)
- Para el propósito de confiabilidad por tipo de fallas, la tabla 3-12 muestra que las fallas en “Falla equipo usuario final”, “Falla equipo activo”, y “Falla en aparato telefónico” tienen valores bajos en los MTBSI/MTBF, lo que significa que es necesario tomar medidas para aumentar la confiabilidad, lo que está relacionado con criterios como los dados en la metodología propuesta de redundancia (sobre todo en software) y en la reducción de irregularidades operativas por mantenimiento y en factores de análisis de riesgo relacionados con alimentación eléctrica de equipos electrónicos. Respecto a la mantenibilidad los tiempos altos de reparación MTRS, (para la Organización objeto de estudio, dependiendo del tipo

específico del servicio, reflejado en los ANS, tiempos superiores a 4 horas, son considerados altos) como los calculados en “Falla de equipos activo” y “Falla de punto de cableado”, es necesario intervenir según la metodología propuesta para disminuir los tiempos como los relacionados con los retardos logísticos, retardos administrativos, de mantenimiento activo y de solución.

- Algunos aspectos pueden afectar los cálculos y los análisis efectuados durante este período. Uno de ellos es que el indicador de la disponibilidad debería ser sólo de los casos que se cumplen el ANS, sin embargo por la adquisición de la información, se toman todos los casos para su cálculo, lo que implica que el resultado es una aproximación. Además cada uno de los incidentes que no cumplen con el ANS debe ser tratado de forma individual. Esto representa un margen de error viable por la poca cantidad y por el tiempo y esfuerzo que representarían la adquisición de los datos clasificados de esa forma. Otro aspecto de afectación tiene que ver con no definir una distribución o serie de distribuciones estadísticas del comportamiento de los datos (que no es del alcance de este trabajo). Estos aspectos definen los cálculos de los tiempos medios según las ecuaciones dadas anteriormente como una aproximación a la CDM.

Tabla 3-8. Horas acordadas de servicio y cumplimiento de los acuerdos de Nivel de Servicio – ANS- en “Incidentes” y “Requerimientos” en la Sede Medellín.

Ítem	Período	Número de horas, días y meses de tiempo evaluado y en servicio
1	Octubre 2016 (parcial)	5 (días)
2	Noviembre 2016	30 (días)
3	Diciembre 2016	31 (días)
4	Enero de 2017	31 (días)
5	Febrero de 2017	28 (días)
	Un día de servicio (24 horas)	24 (horas)
	Número total de horas acordadas de servicio	3.000 (horas)
	ANS Total Incidentes	91,27%
	ANS Total Requerimientos	89,78%

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda).

Tabla 3-9. Clasificación de incidentes y requerimientos según el grupo de especialistas que los atiende.

Ítem	Cuenta de Grupo especialista	Tipo de caso			
	Grupo especialista	INCIDENTE	LLAMADA DE SERVICIO (Requerimiento)	Total general	Porcentaje de cada Grupo de especialistas respecto al total
1	MED.INFRAESTRUCTURA	9	106	115	5,16%
2	MED.MESA DE SERVICIOS	2	26	28	1,26%
3	MED.PROCESO	5	5	10	0,45%
4	MED.REDES	2	2	4	0,18%
5	MED.SEGURIDAD		1	1	0,04%

Ítem	Cuenta de Grupo especialista	Tipo de caso			
	Grupo especialista	INCIDENTE	LLAMADA DE SERVICIO (Requerimiento)	Total general	Porcentaje de cada Grupo de especialistas respecto al total
6	MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	5	61	66	2,96%
7	MED.SOPORTE WEB	1	67	68	3,05%
8	MED.TELEFONÍA		1	1	0,04%
9	MED.USUARIO FINAL	721	1214	1935	86,85%
	Total general	745	1483	2228	100%
	Porcentaje respecto al total general	33%	67%	100%	

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda).

Tabla 3-10. Clasificación de los casos según el tipo de servicio al que pertenecen y ejecutados por el grupo de especialista de atención a Usuario Final

	Servicio a Usuario Final	Tipo de Servicio	Número de casos (incidentes)	Porcentaje relacionado
Ítem	MED.USUARIO FINAL			
1		2.1.01 Equipos de usuario final	489	67,82%
2		2.1.03 Conectividad a red de datos	81	11,23%
3		2.1.04 Internet	1	0,13%
4		2.1.06 Conceptos Técnicos	3	0,42%
5		2.1.07 Correo electrónico	2	0,28%
6		2.1.09 Sistemas de información	1	0,13%
7		2.1.10 Telefonía	131	18,17%
8		2.1.11 Videoconferencia	6	0,84%
9		2.1.17 Administración de páginas y sitios web	7	0,98%
	Total general		721	100%

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda).

Para calcular la disponibilidad asociada a los servicios, se realiza la suma del tiempo de los casos según el tipo de servicio y grupo de especialistas. El objetivo tiene que ver con los casos de Usuario Final en relación al tipo de servicio; en donde los equipos como computadores, impresoras y redes de datos son los principales afectados.

Tabla 3-11. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes por tipo de servicio (casos atendidos por el grupo de especialista a "Usuario Final").

Tipo de caso	INCIDENTE					
Grupo especialista	MED. USUARIO FINAL					
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000					
Servicio	Cuenta de Servicio (Número de casos)	Suma de tiempo del caso (horas)	Disponibilidad %	Confiabilidad del servicio (MTBSI – horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF – horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final	489	2395,53	20,15%	6,13	1,24	4,90
2.1.03 Conectividad a red de datos	81	789,52	73,68%	37,04	27,29	9,75
2.1.04 Internet	1	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
2.1.06 Conceptos Técnicos	3	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
2.1.07 Correo electrónico	2	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33

Tipo de caso	INCIDENTE					
Grupo especialista	MED. USUARIO FINAL					
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000					
2.1.09 Sistemas de información	1	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
2.1.10 Telefonía	131	249,08	91,70%	22,90	21,00	1,90
2.1.11 Videoconferencia	6	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98
2.1.17 Administración de páginas y sitios web	7	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total general	721	3603,23				

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios y confiabilidad para equipos. ANS: Acuerdo de nivel de servicio. MTBSI: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". MTBF: Tiempo medio entre fallas. MTRS: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla 3-12. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad en "Incidentes" por tipo de falla (casos atendidos por el grupo de especialista a "Usuario Final").

Tipo de caso	INCIDENTE						
Grupo especialista	MED.USUARIO FINAL						
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000						
Servicio	Nombre del SLA	Cuenta de Servicio (Número de casos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad %	Confiabilidad del servicio (MTBSI – horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF – horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final	Falla equipo usuario final	461	2299,10	23,36%	6,51	1,52	4,99
	Falla software base	18	72,83	97,57%	166,67	162,62	4,05
	Falla software especializado	10	23,60	99,21%	300,00	297,64	2,36
Total 2.1.01 Equipos de usuario final		489	2395,53	20,15%	6,13	1,24	4,90
2.1.03 Conectividad a red de datos	Falla equipo activo	62	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06
	Falla path cord	2	63,20	97,89%	1500,00	1468,40	31,60
	Falla punto de cableado	13	150,95	94,97%	230,77	219,16	11,61
	Falla red edificio	2	8,82	99,71%	1500,00	1495,59	4,41
	Falla redes inalámbricas	2	4,60	99,85%	1500,00	1497,70	2,30
Total 2.1.03 Conectividad a red de datos		81	789,52	73,68%	37,04	27,29	9,75
2.1.04 Internet	Falla canal de internet	1	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
Total 2.1.04 Internet		1	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
2.1.06 Conceptos Técnicos	Solucionar error en concepto técnico	3	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
Total 2.1.06 Conceptos Técnicos		3	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
2.1.07 Correo electrónico	Falla correo electrónico	2	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33
Total 2.1.07 Correo electrónico		2	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33
2.1.09 Sistemas de información	Solucionar falla de sistemas de información	1	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
Total 2.1.09 Sistemas de información		1	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
2.1.10 Telefonía	Falla aparato telefónico	122	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75
	Falla en la planta telefónica	9	35,62	98,81%	333,33	329,38	3,96
Total 2.1.10 Telefonía		131	249,08	91,70%	22,90	21,00	1,90
2.1.11 Videoconferencia	Solucionar falla en videoconferencia	6	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98
Total 2.1.11 Videoconferencia		6	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98

Tipo de caso	INCIDENTE						
Grupo especialista	MED.USUARIO FINAL						
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000						
2.1.17 Administración de páginas y sitios web	Falla en servicio de páginas web	7	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total 2.1.17 Administración de páginas y sitios web		7	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total general		721					

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios y confiabilidad para equipos. ANS: Acuerdo de nivel de servicio. MTBSI: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". MTBF: Tiempo medio entre fallas. MTRS: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla 3-13. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en "Equipos de Usuario Final" (casos atendidos por el grupo de especialista a "Usuario Final").

Tipo de caso	INCIDENTE					
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000					
Etiquetas de fila	Cuenta de Categoría (Número de casos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad %	Confiabilidad del servicio (MTBSI – horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF –horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final						
Falla equipo usuario final	467	2362,58	21,25%	6,42	1,36	5,06
EQUIPOS.COMPUTADOR.ESCRITORIO						
ESCRITORIO	251	1247,55	58,42%	11,95	6,98	4,97
EQUIPOS.COMPUTADOR.PORTATIL						
PORTATIL	25	125,30	95,82%	120,00	114,99	5,01
EQUIPOS.COMPUTADOR.TODO EN UNO						
TODO EN UNO	9	37,22	98,76%	333,33	329,20	4,14
EQUIPOS.DIGITALIZACION.ESCANER						
ESCANER	8	34,80	98,84%	375,00	370,65	4,35
EQUIPOS.IMPRESORA.INYECCIÓN						
INYECCIÓN	1	1,58	99,95%	3000,00	2998,42	1,58
EQUIPOS.IMPRESORA.LASER						
LASER	39	214,95	92,84%	76,92	71,41	5,51
EQUIPOS.IMPRESORA.MATRIZ DE PUNTO						
MATRIZ DE PUNTO	1	0,57	99,98%	3000,00	2999,43	0,57
EQUIPOS.IMPRESORA.MULTIFUNCIONAL						
MULTIFUNCIONAL	69	375,40	87,49%	43,48	38,04	5,44
SEGURIDAD.SOFTWARE.SISTEMA EXTERNOS						
SISTEMA EXTERNOS	1	1,98	99,93%	3000,00	2998,02	1,98
SEGURIDAD.SOFTWARE.WEB						
WEB	1	1,07	99,96%	3000,00	2998,93	1,07
SOFTWARE.OFIMATICO.MICROSOFT OFFICE						
MICROSOFT OFFICE	23	139,88	95,34%	130,43	124,35	6,08
SOFTWARE.SISTEMA OPERATIVO.WINDOWS						
WINDOWS	10	47,45	98,42%	300,00	295,26	4,75
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.QUIPU						
QUIPU	12	52,35	98,26%	250,00	245,64	4,36
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.SARA						
SARA	1	2,65	99,91%	3000,00	2997,35	2,65
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.UNIVERSITAS XXI						
UNIVERSITAS XXI	16	79,83	97,34%	187,50	182,51	4,99
Total general	467	2362,58	21,25%	6,42	1,36	5,06

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. ANS: Acuerdo de nivel de servicio. MTBSI: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". MTBF: Tiempo medio entre fallas. MTRS: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla 3-14. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos de Telefonía.

Tipo de caso	INCIDENTE					
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000					
Etiquetas de fila	Cuenta de Nombre del SLA (Número de casos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad %	Confiabilidad del servicio (MTBSI – horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF – horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS –horas-)
2.1.10 Telefonía						
Falla aparato telefónico	122	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.EQUIPO DE TELEFONIA						
EQUIPO DE TELEFONIA	109	192,88	93,57%	27,52	25,75	1,77
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.PLANTA TELEFONICA						
PLANTA TELEFONICA	13	20,58	99,31%	230,77	229,19	1,58
Total general	122	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. ANS: Acuerdo de nivel de servicio. MTBSI: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". MTBF: Tiempo medio entre fallas. MTRS: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla 3-15. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos por conectividad de red de datos.

Tipo de caso	Incidente					
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000					
Etiquetas de fila	Cuenta de Tipo de caso (Número de casos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad %	Confiabilidad del servicio (MTBSI – horas-)	Confiabilidad de equipos (MTBF – horas-)	Mantenibilidad del servicio (MTRS – horas-)
2.1.03 Conectividad a red de datos						
Falla equipo activo	62	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.CABLEADO.CABLEADO ESTRUCTURADO						
CABLEADO ESTRUCTURADO	59	561,62	81,28%	50,85	41,33	9,52
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.EQUIPOS DE RED.ACCESS POINT						
ACCESS POINT	1	0,12	100,00%	3000,00	2999,88	0,12
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.EQUIPO DE TELEFONIA						
EQUIPO DE TELEFONIA	2	0,22	99,99%	1500,00	1499,89	0,11
Total general	62	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. ANS: Acuerdo de nivel de servicio. MTBSI: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". MTBF: Tiempo medio entre fallas. MTRS: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

3.5 Metodología propuesta para TI

Los pasos de la metodología son los siguientes:

- a) Estructura jerárquica con los criterios de disponibilidad y costos definidos como los principales y descomponiendo estos en otros sub-criterios en donde se encuentran involucrados la confiabilidad, mantenibilidad, desempeño y mejores prácticas como relevantes.
- b) Se calcula el peso de cada criterio en cada nivel de la estructura jerárquica. Se hace por medio del PJA (AHP).
- c) Se selecciona el tipo de falla presentado.
- d) Se seleccionan las alternativas de mantenimiento de aplicación en TI.
- e) Se calcula la clasificación de cada alternativa con cada método MCDM propuesto.
- f) Se comparan las clasificaciones entre los diferentes métodos y se define la alternativa más adecuada de mantenimiento.
- g) Se define el servicio y los posibles ítems de configuración (IC) involucrados en la falla antes de continuar con un nuevo tipo de falla.

Las figuras 3-4 y 3-5 presentan el diagrama de flujo y la estructura jerárquica de la metodología propuesta para mantenimiento en equipos de tecnología de la información basada en MDCM.

Figura 3-4. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.



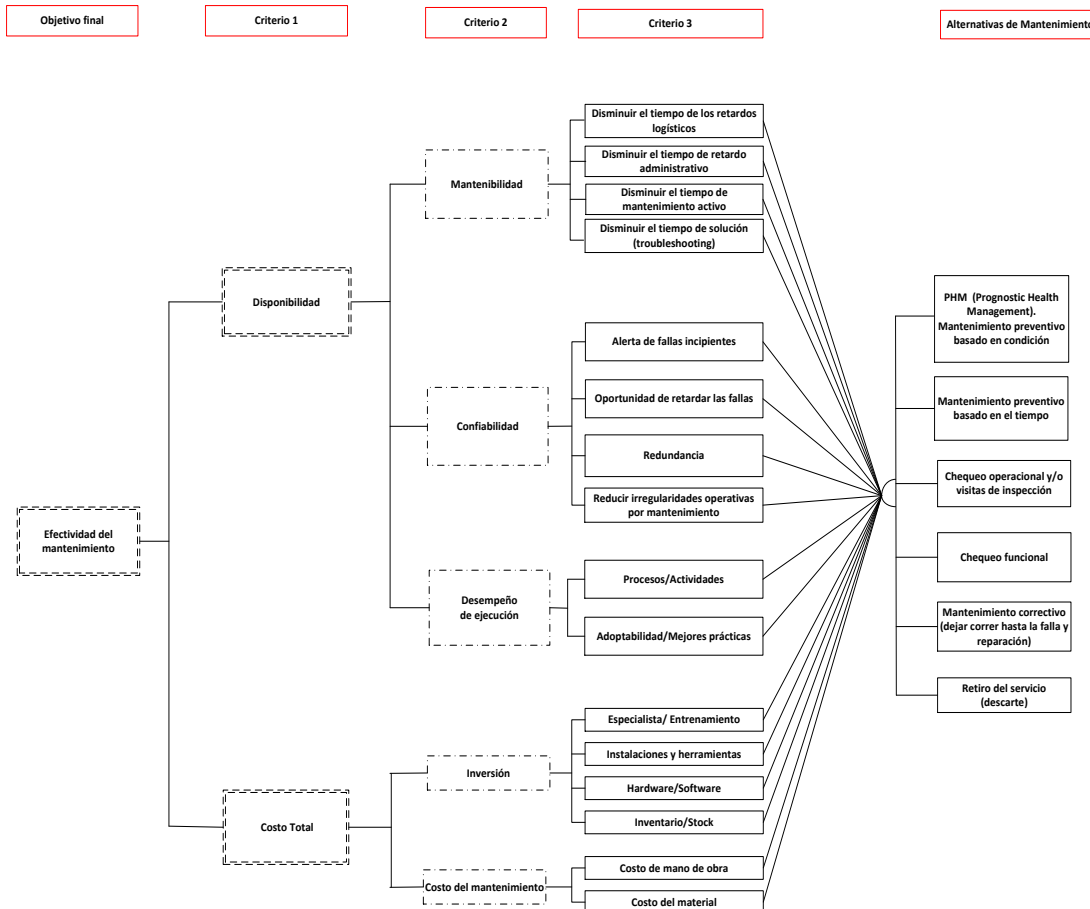
Fuente: Adaptado (Ahmadi, Gupta, Karim, & Kumar, 2010)

3.5.1 Estructura jerárquica según los criterios definidos.

El principal objetivo es el uso de una metodología de mantenimiento basada en indicadores CDM e implementada según los criterios dados por los especialistas y las necesidades de la administración (ver Figura 3-5)

Las alternativas o estrategias de mantenimiento son, por así decirlo, los candidatos al puesto que tiene como propósito final una gerencia en la actividad de mantenimiento según conceptos e indicadores CDM. Para llegar allí debe cualificar y calificar en cada uno de los criterios que se presentan en la selección, lo que significa que debe hacerlo de una forma integral y proporcional. Eso básicamente es el ambiente que pretende definir la estructura dada.

Figura 3-5. Estructura Jerárquica.



Fuente: Adaptado de Ahmadi (2010)

3.5.1.1 Alternativas de mantenimiento.

- PHM (Prognosis Health Management). Puede considerarse como un mantenimiento basado en condición el cual facilita el mantenimiento oportuno y reduce el mantenimiento programado que interrumpe las actividades, además reduce las inspecciones, chequeos funcionales y operativos, y el equipo necesario para esto. Se considera la mejor alternativa en equipos o ítems de configuración críticos (IC, en TI compuestos de hardware y software) pero su aplicación en equipos de usuario final, se desarrolla en los discos duros de los computadores personales en donde la falla representa pérdida de información que en general es valiosa.
- Mantenimiento preventivo basado en el tiempo (mantenimiento programado): Se apoya en las tareas básicas del RCM que son mantener la seguridad y confiabilidad inherente del sistema (mantener las funcionalidades de los equipos y el sistema). Se usan las estrategias y actividades que técnicamente son posibles y efectivas (frecuencias de mantenimiento, despliegue de actualizaciones de software de protección). Aplica a impresoras, redes de datos y software mediante la información dada por el fabricante y la experiencia adquirida en soporte técnico y mantenimiento TI.
- Dejar correr hasta la falla (mantenimiento correctivo): De aplicación principalmente para hardware y software básico, especialmente de PC de escritorio y portátiles. Tiene que ver con las dificultades para minimizar las causas del riesgo de operación de los equipos a un costo razonable (por la cantidad de ellos. En el caso de estudio los equipos PC son alrededor de 4.500 unidades más el software. En caso de programar un mantenimiento preventivo dos recursos humanos podían durar más de 1 año en esta actividad).
- Chequeo operacional y/o visitas de inspección. Aplica según el tipo de ítems. Las condiciones de infraestructura pueden cambiar y se puede presentar el riesgo. Aplica en especial revisar el contexto de las redes de datos e infraestructura de energía y si aplica de ventilación y/o aire acondicionado que puede afectar el funcionamiento de los equipos. La distribución de cables u otros elementos que puedan ser alterados por los usuarios en su día a día (aseo y desconexión, o movimientos y desconexiones y maltrato de cables es una factor. También sobrecargas en el circuito eléctrico que alimenta equipos TI).

- Chequeo funcional. Tiene que ver con actividades y pasos de ejecución similar a los de mantenimiento basado en confiabilidad y busca mantener las funciones primarias y secundarias en su más alta confiabilidad y disponibilidad de operación (su alcance es más básico que el RCM). Verificación de la funciones principales para las que fue adquirido y anunciadas por el fabricante. Si son impresoras puede darse el caso de verificar que si imprima el número real de páginas por minuto (ppm), si es una comunicación que si sea la velocidad de datos, entre otros.
- Reparación (o mantenimiento correctivo): Inherente a las condiciones de equipos TI de usuarios. Actividades programadas tanto para lo reactivo como para lo programado. Conocimiento de los elementos que más se afectan en el uso de los equipos TI (fuentes, discos duros, memorias RAM, patchord de datos, entre otros).
- Retiro de servicio (descarte). Basado en las definiciones dadas por la Universidad Nacional para los bienes¹⁴. Se aplican las definiciones de “bien innecesario”, “bien inservible” y “bien obsoleto”. Una de las más usadas en el caso de estudio es la de “bien obsoleto”, que significa, “Bien que, a pesar de encontrarse en buen estado físico, mecánico y técnico, ha quedado en desuso debido a los adelantos científicos y tecnológicos, o cuyo desempeño es insuficiente para el volumen, velocidad y complejidad de la labor exigidos”.

3.5.1.2 Criterios

Criterio 1. Hace una relación costo/beneficio basada en la disponibilidad y el costo total.

Criterio 2. Se determinan los pesos de los indicadores CDM (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad), Inversión y Costo del mantenimiento.

Criterio 3. Está basado en actividades o tareas y en procesos (en las actividades o tareas se apoya en la metodología MSG-3/BPL&L y en procesos en ITIL). Pretende hacerlo desde los componentes básicos (usando las técnicas como CFI o árbol de fallas), cerca al área o proceso y equipo o personas que ejecutan las tareas de mantenimiento. Pone énfasis en los tiempos de

¹⁴ <http://gerencia.unal.edu.co/>; recuperado 09/11/2016

atención, reducir y/o aminorar el impacto de las fallas, quién y cómo lo ejecuta y la inversión y recursos necesarios para estas actividades.

Descripción de cada uno de los criterios.

Factor de mantenibilidad. Tiene que ver con actividades de gestión y reparación y aplica al proceso de incidentes en servicios (según ITIL).

- Tiempo de retardo logístico (repuestos y equipos estandarizados y con mínimo tiempo en la entrega por terceros).
- Tiempo de retardo administrativo (adquisición de presupuestos y sensibilidad administrativa en los asuntos técnicos).
- Tiempo de solución (involucra el tiempo de identificación y diagnóstico confiable de la falla)
- Tiempo de mantenimiento activo

Factor de Confiabilidad

- Alerta por fallas incipientes
- Oportunidad de retardar la fallas
- Redundancia
- Reducción irregularidades operativas por mantenimiento

Factor de desempeño. El énfasis se encuentra en los indicadores y para el caso, los acuerdos de nivel de servicio –ANS- y su correcta utilización.

- Adaptabilidad/Mejores prácticas (uso de ITIL de manera adecuada)
- Procesos/Actividades

Recursos físicos (costos de inversión) y recursos humanos (costos por mano de obra)

- Especialista/Entrenamiento
- Instalaciones y herramientas
- Hardware y software
- Inventario/Stock
- Costo de mano de obra
- Costo de material.

Resultado final buscado de la metodología: efectividad en mantenimiento de equipos de tecnología de la información (o ítems de configuración que abarca el software y hardware) basado en el conocimiento y aplicación de indicadores y metodologías CDM apoyada por las mejores prácticas en tecnología de la información.

3.5.2 Aplicación de la metodología en el caso de estudio

La aplicación de la metodología usa como herramienta de cálculo el software estadístico RStudio y se complementa con el uso de Excel 2013. El RStudio calcula el AHP y ejecuta los cálculos de las diferentes metodologías MCDM.

Con el software RStudio se utilizaron los siguientes paquetes

- AHP: Analytic Hierarchy Process (0.2.11). Su ejecución permite hallar la matriz de decisiones. Esta matriz básicamente define los pesos de los criterios.
- MCDM: Multi-Criteria Decision Making Methods for Crisp Data (1.2). Define la clasificación de las diferentes alternativas desde diferentes métodos multicriterios.
- PMR: Yaml: Methods to convert R Data to Yaml and Back. Permite crear el archivo que contiene la estructura para hallar la matriz de decisiones por medio del AHP.
- PMR: Probability Models for Ranking Data (1.2.5). Otro paquete que permite hallar el AHP. Calcula los pesos y las inconsistencias de Saaty (1977) y de Koczkodaj (1997) para procesos jerárquicos analíticos.
- RunGUI (AHP). Usa una interface de usuaria gráfica –GUI: Graphical User Interface-, la cual permite especificar modelos AHP y ver los resultados de una forma más amigable.

Según los resultados del caso de estudio, se tienen tres tipos principales de falla: falla equipo usuario final, falla software base, falla punto de cableado o conectividad. A las dos primeras se les aplica la metodología bajo la premisa de que inciden en los criterios tipo 3 definidos con anterioridad. Luego, por medio de la aplicación RStudio se ejecutan diferentes metodologías MCDM, como, MMOORA, RIM, TOPSISLinear, TOPSISVector, VIKOR, WASPAS.

A continuación se amplía el contexto de los diferentes criterios en lo que se incurre:

- Tipo de falla 1: falla equipo usuario final. Se incide principalmente en criterios como: “Disminuir Tiempo de Mantenimiento Activo”, “Disminuir tiempo de Solución” y “Reducir Irregularidades Operativas por Mantenimiento”.

- Tipo de falla 2: falla software base. Se incide principalmente en criterios como “Hardware/Software”, “Disminuir irregularidades Operativas por Mantenimiento”, “Disminuir el tiempo de retardos logísticos”, “Adoptabilidad/Mejores Prácticas” y en “Procesos/Actividades”.
- Tipo de falla 3: falla punto de cableado o conectividad. Se incidiría principalmente en criterios como “Especialista/mantenimiento”, “disminuir el tiempo de solución”, “Adoptabilidad/Mejores Prácticas” y en “Procesos/Actividades”.

3.5.2.1 Caso 1. Tipo de falla: Falla equipo de usuario final.

La tabla 3-16 y la tabla 3-17 presentan la matriz de criterios y el peso de cada criterio respectivamente. El peso de cada criterio es calculado mediante R con el paquete AHP. La comparación entre los diferentes criterios se hace de acuerdo a la experiencia de un especialista en el área y es ajustado en los casos que el índice de Saaty supera el 10%.

Tabla 3-16: Matriz de criterios.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	CRITERIO	Disminuir el tiempo de retardo logístico	Disminuir el tiempo de retardo administrativo	Disminuir el tiempo de solución	Disminuir el tiempo del mantenimiento activo	Alerta de fallas incipientes	Oportunidad de retardar la fallas	Redundancia	Reducir irregularidades operativas por mantenimiento	Procesos/Actividades	Adoptabilidad / Mejores prácticas	Especialista/Entrenamiento	Instalaciones/Herramientas	Hardware/Software	Inventario/Stock	Costo mano de obra	Costo material
1	Disminuir el tiempo de retardo logístico	1,0000	1,0000	2,0000	2,0000	4,0000	4,0000	5,0000	5,0000	4,0000	1,0000	5,0000	9,0000	5,0000	7,0000	8,0000	9,0000
2	Disminuir el tiempo de retardo administrativo	1,0000	1,0000	2,0000	2,0000	2,0000	3,0000	3,0000	2,0000	4,0000	1,0000	5,0000	5,0000	4,0000	6,0000	7,0000	8,0000
3	Disminuir el tiempo de solución	0,5000	0,5000	1,0000	2,0000	2,0000	3,0000	3,0000	4,0000	3,0000	1,0000	5,0000	5,0000	4,0000	5,0000	7,0000	7,0000
4	Disminuir el tiempo del mantenimiento activo	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	2,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	1,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	6,0000	6,0000
5	Alerta de fallas incipientes	0,2500	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	4,0000	4,0000	4,0000	3,0000	1,0000	5,0000	5,0000	4,0000	6,0000	6,0000	7,0000
6	Oportunidad de retardar la fallas	0,2500	0,3333	0,3333	0,3333	0,2500	1,0000	3,0000	3,0000	0,5000	1,0000	5,0000	5,0000	5,0000	7,0000	9,0000	9,0000
7	Redundancia	0,2000	0,3333	0,3333	0,3333	0,2500	0,3333	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	2,0000	3,0000	3,0000	4,0000	7,0000	7,0000
8	Reducir irregularidades operativas por mantenimiento	0,2000	0,5000	0,2500	0,3333	0,2500	0,3333	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	3,0000	3,0000	1,0000	3,0000	6,0000	7,0000
9	Procesos/Actividades	0,2500	0,2500	0,3333	0,3333	0,3333	2,0000	2,0000	2,0000	1,0000	1,0000	3,0000	5,0000	5,0000	6,0000	6,0000	7,0000
10	Adoptabilidad/Mejores prácticas/	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	2,0000	0,5000	3,0000	2,0000	1,0000	5,0000
11	Especialista/Entrenamiento	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,5000	0,3333	0,3333	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	4,0000	1,0000	5,0000
12	Instalaciones/Herramientas	0,1111	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,3333	0,3333	0,2000	2,0000	2,0000	1,0000	5,0000	6,0000	1,0000	5,0000

13	Hardware/Software	0,2000	0,2500	0,2500	0,2000	0,2500	0,2000	0,3333	1,0000	0,2000	0,3333	1,0000	0,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
14	Inventario/Stock	0,1429	0,1667	0,2000	0,2000	0,1667	0,1429	0,2500	0,3333	0,1667	0,5000	0,2500	0,1667	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15	Costo mano de obra	0,1250	0,1429	0,1429	0,1667	0,1667	0,1111	0,1429	0,1667	0,1667	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
16	Costo material	0,1111	0,1250	0,1429	0,1667	0,1429	0,1111	0,1429	0,1429	0,1429	0,2000	0,2000	0,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Fuente: Construcción propia

Tabla 3-17. Peso según el criterio en base a la matriz de criterios.

	Criterios	Pesos	Saaty
1	Retardo Logístico	0,163620731	0,098296894
2	Tiempo Mantenimiento Activo	0,103205237	
3	Tiempo de Solución	0,115199509	
4	Retardo Administrativo	0,130455194	
5	Adoptabilidad/Mejores Practicas	0,056540395	
6	Procesos/Actividades	0,065923919	
7	Alerta fallas incipientes	0,09632982	
8	Poder retardar fallas	0,069072095	
9	Reducir irregularidades por Mantenimiento	0,043126086	
10	Redundancia	0,045956848	
11	Instalaciones y Herramientas	0,028332125	
12	Especialista/Entrenamiento	0,023075765	
13	Hardware/Software	0,018581648	
14	Inventario/Stock	0,01407993	
15	CostoManoObra	0,015522504	
16	Costo del Material	0,010978193	
	Suma	1	

Fuente: Resultado de cálculo por medio de AHP en aplicación RStudio

Luego de la matriz de criterios se calcula la matriz de decisión que se muestra en la Tabla 3-18 con algunas variantes en su presentación en las Tablas 3-19, 3-20, 3-21 como un resultado inicial y luego se acondiciona en la Tabla 3-22 para aplicación del MCDM en RStudio (ver Anexo D en donde se presenta el scrip de instrucciones para llevar a cabo los resultados obtenidos y una interfaz gráfica Web AHP-RunGUI de RStudio). Los resultados obtenidos son el peso de cada criterio en cada alternativa en relación al objetivo final de la metodología. La relación entre disponibilidad y costos usados, es 2 a 1 para aplicar el PJA (AHP), es decir, la disponibilidad es dos veces más importante que los costos. Esta relación no implica que los costos sean bajos en la posible implementación de una metodología con un alto componente de disponibilidad, por lo general los costos son altos cuando se requiere mayor disponibilidad.

Tabla 3-18. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de cada una de los criterios respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo2.ahp)

AHP Model Visualize Analyze More ▾									
<p>AHP Priority Calculation Method:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Eigenvalues <input type="radio"/> Mean of Normalized Values <input type="radio"/> Geometric Mean <p>Sort Order:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Priority <input checked="" type="radio"/> Original <p>Variable:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Total Contribution <input type="radio"/> Priority <input type="radio"/> Score <p>Filter by weight contribution:</p> <input type="text" value="0"/> <p>Filter n levels:</p> <input type="text" value="0"/>									
	Weight	PHM	Preventivo	Correctivo	Chequeo Operacional	Chequeo Funcional	Descarte	Inconsistency	
Efectividad en el Mantenimiento	92.1%	24.1%	18.0%	9.8%	14.1%	17.6%	8.4%	0.0%	
Disponibilidad	58.8%	15.4%	11.7%	5.4%	9.4%	11.6%	5.4%	0.0%	
Mantenibilidad	17.4%	4.8%	3.4%	1.4%	2.7%	3.2%	1.7%	8.7%	
Retardo Logistico	5.7%	1.7%	1.3%	0.5%	0.6%	1.2%	0.4%	4.3%	
Retardo Administrativo	3.2%	0.9%	0.8%	0.3%	0.3%	0.7%	0.2%	4.3%	
Tiempo Mantenimiento Activo	4.8%	1.4%	0.8%	0.4%	1.3%	0.4%	0.5%	7.7%	
Tiempo de Solucion	3.7%	0.8%	0.6%	0.3%	0.5%	0.9%	0.6%	7.9%	
Confiability	19.2%	5.1%	3.7%	1.5%	3.0%	4.3%	1.5%	8.8%	
Alerta fallas incipientes	7.2%	2.0%	0.9%	0.4%	1.1%	2.0%	0.7%	8.4%	
Poder retardar fallas	4.1%	1.7%	0.5%	0.2%	0.6%	0.9%	0.2%	4.7%	
Redundancia	3.7%	0.8%	0.8%	0.4%	0.7%	0.7%	0.3%	9.4%	
Reducir irregularidades por Mantenimiento	4.1%	0.5%	1.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.3%	9.4%	
Desempeno en la ejecucion	22.2%	5.5%	4.6%	2.4%	3.6%	4.0%	2.2%	0.0%	
Adoptabilidad/Mejores Practicas	18.5%	4.5%	4.0%	2.0%	3.0%	3.3%	1.8%	4.8%	
Procesos/Actividades	3.7%	1.0%	0.5%	0.4%	0.7%	0.7%	0.4%	9.5%	
Costos Totales	33.3%	8.8%	6.3%	4.5%	4.7%	6.1%	3.0%	0.0%	
Inversion	25.0%	6.2%	5.2%	3.0%	3.4%	4.9%	2.2%	6.9%	
Especialista/Entrenamiento	7.0%	1.6%	1.1%	0.8%	0.8%	1.8%	0.8%	7.0%	
Instalaciones y Herramientas	7.4%	1.7%	1.8%	1.0%	1.2%	1.1%	0.7%	3.1%	
Hardware/Software	6.1%	1.8%	1.2%	0.5%	0.8%	1.4%	0.4%	3.6%	
Inventario/Stock	4.4%	1.1%	1.1%	0.6%	0.7%	0.6%	0.3%	6.2%	
Costo del Mantenimiento	8.3%	2.5%	1.1%	1.5%	1.2%	1.1%	0.8%	0.0%	
CostoManoObra	6.9%	2.1%	1.0%	1.2%	1.1%	0.9%	0.7%	5.7%	
Costo del Material	1.4%	0.4%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	5.4%	

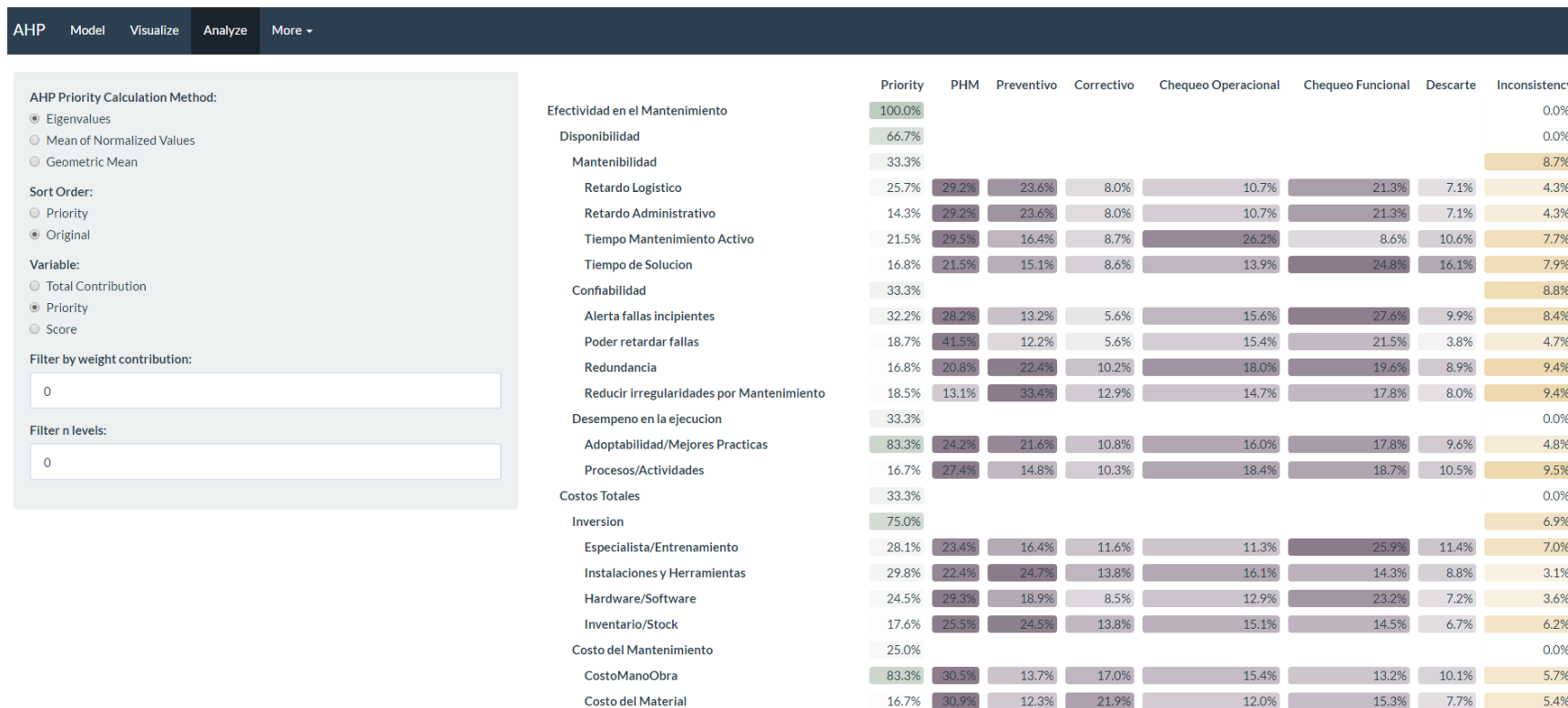
Fuente: Resultado de cálculos de aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-19. Matriz de decisión AHP resumida, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de los criterios de segundo nivel respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo2.ahp)

AHP Model Visualize Analyze More ▾								
AHP Priority Calculation Method:								
<input checked="" type="radio"/> Eigenvalues <input type="radio"/> Mean of Normalized Values <input type="radio"/> Geometric Mean								
Sort Order:								
<input type="radio"/> Priority <input checked="" type="radio"/> Original								
Variable:								
<input checked="" type="radio"/> Total Contribution <input type="radio"/> Priority <input type="radio"/> Score								
Filter by weight contribution:								
<input type="text" value="0"/>								
Filter n levels:								
<input type="text" value="1"/>								
	Weight	PHM	Preventivo	Correctivo	Chequeo Operacional	Chequeo Funcional	Descarte	Inconsistency
Efectividad en el Mantenimiento	92.1%	24.1%	18.0%	9.8%	14.1%	17.6%	8.4%	0.0%
Disponibilidad	58.8%	15.4%	11.7%	5.4%	9.4%	11.6%	5.4%	0.0%
Mantenibilidad	17.4%	4.8%	3.4%	1.4%	2.7%	3.2%	1.7%	8.7%
Confiabilidad	19.2%	5.1%	3.7%	1.5%	3.0%	4.3%	1.5%	8.8%
Desempeno en la ejecucion	22.2%	5.5%	4.6%	2.4%	3.6%	4.0%	2.2%	0.0%
Costos Totales	33.3%	8.8%	6.3%	4.5%	4.7%	6.1%	3.0%	0.0%
Inversion	25.0%	6.2%	5.2%	3.0%	3.4%	4.9%	2.2%	6.9%
Costo del Mantenimiento	8.3%	2.5%	1.1%	1.5%	1.2%	1.1%	0.8%	0.0%

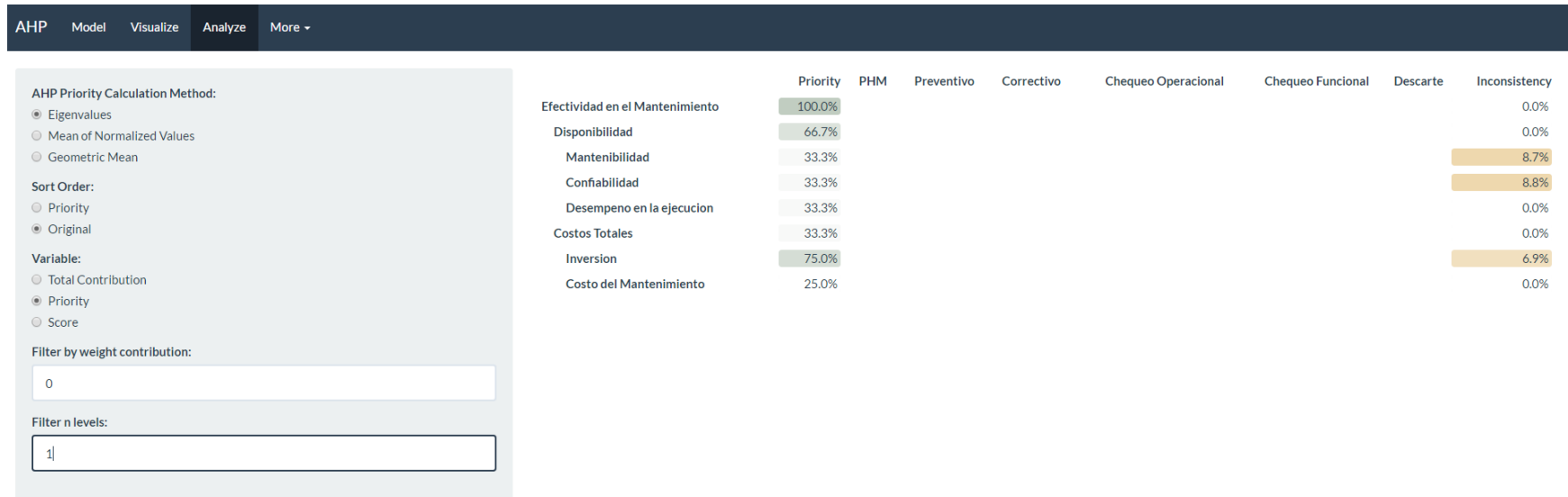
Fuente: Resultado de cálculos de aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-20. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando la prioridad de las alternativas respecto a cada criterio



Fuente: Resultado de cálculos de aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-21. Matriz resumen de prioridad que se le da a criterios como la mantenibilidad, confiabilidad y desempeño en la ejecución con respecto a la disponibilidad



Fuente: Resultado de cálculos de aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-22: Matriz de decisión simplificada y peso de cada alternativa con respecto a un criterio específico

	Retardo Logístico	Retardo Administrativo	Tiempo Mantenimiento Activo	Tiempo de Solución	Alerta fallas incipientes	Poder retardar fallas	Redundancia	Reducir irregularidades por Mantenimiento	Adoptabilidad /Mejores Practicas	Procesos /Actividades	Especialista /Entrenamiento	Instalaciones y Herramientas	Hardware /Software	Inventario /Stock	Costo Mano Obra	Costo del Material
PHM	0,292	0,292	0,295	0,215	0,282	0,415	0,208	0,131	0,242	0,274	0,234	0,224	0,293	0,255	0,305	0,309
Preventivo	0,236	0,236	0,164	0,151	0,132	0,122	0,224	0,334	0,216	0,148	0,164	0,247	0,189	0,245	0,137	0,123
Correctivo	0,080	0,080	0,087	0,086	0,056	0,056	0,102	0,129	0,108	0,103	0,116	0,138	0,085	0,138	0,170	0,219
Chequeo Operacional	0,107	0,107	0,262	0,139	0,156	0,154	0,180	0,147	0,160	0,184	0,113	0,161	0,129	0,151	0,154	0,120
Chequeo Funcional	0,213	0,213	0,086	0,248	0,276	0,215	0,196	0,178	0,178	0,187	0,259	0,143	0,232	0,145	0,132	0,153
Descarte	0,071	0,071	0,106	0,161	0,099	0,038	0,089	0,080	0,096	0,105	0,114	0,088	0,072	0,067	0,101	0,077

Fuente: Resultado de cálculos de aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Aplicación de métodos MCDM.

- Método MMOORA (Multi-Objective Optimization by Ration Analysis and the Full Multiplicative Form –Multimoor- (Brauers & Zavadskas, 2010). Su resultado son los puntajes dados por cuatro tipos de cálculos: sistemas de relación –Ratio Systems-, Punto de referencia –Reference Point-, Forma multiplicativa –Multiplicative Form- y Rango Multimoor¹⁵ (ver Tabla 3-23)

Tabla 3-23: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MMOORA

	Alternatives	RatioSystem	Ranking	ReferencePoint	Ranking.1	MultiplicativeForm	Ranking.2	MultiMoorRanking
1	PHM	0.4713188	1	0.01935586	1	2.795511e-02	1	1
2	Preventivo	0.3334264	3	0.03950228	2	1.524499e-02	3	3
3	Correctivo	0.1319688	6	0.07602330	5	2.805887e-05	6	6
4	Chequeo Operacional	0.2688466	4	0.06612568	4	1.078920e-02	4	4
5	Chequeo Funcional	0.3497825	2	0.05255006	3	2.426257e-02	2	2
6	Descarte	0.1604409	5	0.07894867	6	5.578124e-04	5	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-MMOORA

- Método RIM (Reference Ideal method). Método de referencia Ideal. Retorna como resultados el índice R y la clasificación de las alternativas de mantenimiento según este método (ver Tabla 3-24)

Tabla 3-24: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método RIM

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.4833393	1
2	Preventivo	0.4806360	2
3	Correctivo	0.4706368	5
4	Chequeo Operacional	0.4722937	4
5	Chequeo Funcional	0.4785369	3
6	Descarte	0.4697983	6

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-RIM

¹⁵ RStudio. Documentation for package 'MCDM' version 1.2 (Mayo 8 de 2017)

- Método TOPSISvector (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solución Method). Usa la técnica de normalización vectorial. Se ejecución presenta los puntajes o valores del índice R y la clasificación de la alternativas de mantenimiento (ver Tabla 3-25)

Tabla 3-25: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método TOPSIS Vector

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.8363444	1
2	Preventivo	0.5497221	3
3	Correctivo	0.1048899	6
4	Chequeo Operacional	0.3700758	4
5	Chequeo Funcional	0.5651843	2
6	Descarte	0.1718091	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-TOPSISVector

- Método TOPSISLinear (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solución Method). Usa la técnica de transformación lineal de un máximo como procedimiento de normalización. Se ejecución presenta los puntajes o valores del índice R y la clasificación de la alternativas de mantenimiento (ver Tabla 3-26)

Tabla 3-26: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método TOPSIS Linear

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.83756706	1
2	Preventivo	0.55752995	3
3	Correctivo	0.09030426	6
4	Chequeo Operacional	0.36959082	4
5	Chequeo Funcional	0.57502721	2
6	Descarte	0.18324615	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-TOPSISLinear

- Método VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). Su ejecución presenta los índices S, R y Q y la clasificación de las alternativas dadas por este método (ver Tabla 3-27).

Tabla 3-27: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método VIKOR (con 0.5 valor índice Q)

	Alternativas	S	R	Q	Ranking	
	PHM	1	0.1632040	0.03453852	0.0000000	1
	Preventivo	2	0.4443338	0.07222378	0.3410583	2
	Correctivo	3	0.8837378	0.15755792	0.9765157	6
	Chequeo Operacional	4	0.5790083	0.13704514	0.6855985	4
	Chequeo Funcional	5	0.4108073	0.11519951	0.4842597	3
	Descarte	6	0.8119443	0.16362073	0.9501803	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-VIKOR

- Método WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment). Retorna como resultados los índices WSM, WPM, Q y da la clasificación de las alternativas de mantenimiento según este método (ver Tabla 3-28).

Tabla 3-28: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método WASPAS

	Alternativas	WSM	WPM	Q	Ranking
1	PHM	0.8847809	0.8361722	0.8604766	1
2	Preventivo	0.6633912	0.6277571	0.6455741	3
3	Correctivo	0.3429646	0.3140905	0.3285275	6
4	Chequeo Operacional	0.5569190	0.5274219	0.5421705	4
5	Chequeo Funcional	0.6893487	0.6482273	0.6687880	2
6	Descarte	0.4069822	0.3455165	0.3762493	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-WASPAS

- **MetaRanking.** Aunque no es específicamente un método MCDM, es una función de RStudio que internamente llama las funciones que calculan los métodos Multi-MOORA, RIM, TOPSISLinear, TOPSISVector, VIKOR y WASPAS y luego calcula la clasificación de cada alternativa según la suma (RankAggred). Se toma como el resumen de los métodos anteriores pero bajo un solo comando de ejecución (ver Tabla 3-29)

Tabla 3-29: Resumen de los métodos MCDM aplicados al caso 1 “Falla en Equipo Usuario Final”.

	Alternatives	MMOORA	RIM	TOPSISVector	TOPSISLinear	VIKOR	WASPAS	MetaRanking_Sum	MetaRanking_Aggred
1	PHM	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Preventivo	3	2	3	3	2	3	3	3
3	Correctivo	6	5	6	6	6	6	6	6
4	Chequeo Operacional	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Chequeo Funcional	2	3	2	2	3	2	2	2
6	Descarte	5	6	5	5	5	5	5	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-MetaRanking

Los resultados consolidados de la tabla 3-29 presentan el PHM y el chequeo funcional como la alternativa de mantenimiento número 1 y número 2 respectivamente para aplicar en equipos TI de usuario final con énfasis en las funciones tanto del servicio como del equipo. El mantenimiento preventivo se presenta en tercer lugar.

Con la implementación de esta metodología y alternativas de mantenimiento la disponibilidad aumentaría pero no es posible definir el valor de dicho aumento en relación a los datos dados en los casos de estudio.

3.5.2.2 Caso 2. Tipo de falla: Software base

Los numerales que hacen referencia a la visualización del árbol de criterios y los pesos de los criterios son los mismos del caso anterior. La variación se da en la matriz de decisión (Tabla 3-30) y los resultados de los diferentes métodos MCDM (Tabla 3-43). Aplica la misma relación de importancia de la disponibilidad respecto al costo (dos a uno).

Tabla 3-30. Matriz de decisión por medio de AHP, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de cada una de los criterios respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo6.ahp)

AHP Model Visualize Analyze More ▾									
AHP Priority Calculation Method:									
<input checked="" type="radio"/> Eigenvalues <input type="radio"/> Mean of Normalized Values <input type="radio"/> Geometric Mean									
Sort Order:									
<input type="radio"/> Priority <input checked="" type="radio"/> Original									
Variable:									
<input checked="" type="radio"/> Total Contribution <input type="radio"/> Priority <input type="radio"/> Score									
Filter by weight contribution:									
0									
Filter n levels:									
0									
	Weight	PHM	Preventivo	Correctivo	Chequeo Operacional	Chequeo Funcional	Descarte	Inconsistency	
Efectividad en el Mantenimiento	95.5%	24.3%	18.6%	10.7%	15.2%	17.7%	9.1%	0.0%	
Disponibilidad	62.2%	15.5%	12.2%	6.2%	10.5%	11.6%	6.1%	1.6%	
Mantenibilidad	13.0%	3.6%	2.6%	1.1%	2.0%	2.4%	1.3%	8.7%	
Retardo Logistico	4.3%	1.2%	1.0%	0.3%	0.5%	0.9%	0.3%	4.3%	
Retardo Administrativo	2.4%	0.7%	0.6%	0.2%	0.3%	0.5%	0.2%	4.3%	
Tiempo Mantenimiento Activo	3.6%	1.1%	0.6%	0.3%	0.9%	0.3%	0.4%	7.7%	
Tiempo de Solucion	2.8%	0.6%	0.4%	0.2%	0.4%	0.7%	0.5%	7.9%	
Confabilidad	5.5%	1.4%	1.0%	0.4%	0.9%	1.2%	0.4%	8.8%	
Alerta fallas incipientes	2.0%	0.6%	0.3%	0.1%	0.3%	0.6%	0.2%	8.4%	
Poder retardar fallas	1.2%	0.5%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.0%	4.7%	
Redundancia	1.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	9.4%	
Reducir irregularidades por Mantenimiento	1.2%	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	9.4%	
Desempeno en la ejecucion	43.7%	10.4%	8.6%	4.7%	7.6%	8.0%	4.3%	0.0%	
Adoptabilidad/Mejores Practicas	29.1%	6.4%	6.4%	3.2%	4.9%	5.2%	2.8%	3.6%	
Procesos/Actividades	14.6%	4.0%	2.2%	1.5%	2.7%	2.7%	1.5%	9.5%	
Costos Totales	33.3%	8.8%	6.3%	4.5%	4.7%	6.1%	3.0%	0.0%	
Inversion	25.0%	6.2%	5.2%	3.0%	3.4%	4.9%	2.2%	6.9%	
Especialista/Entrenamiento	7.0%	1.6%	1.1%	0.8%	0.8%	1.8%	0.8%	7.0%	
Instalaciones y Herramientas	7.4%	1.7%	1.8%	1.0%	1.2%	1.1%	0.7%	3.1%	
Hardware/Software	6.1%	1.8%	1.2%	0.5%	0.8%	1.4%	0.4%	3.6%	
Inventario/Stock	4.4%	1.1%	1.1%	0.6%	0.7%	0.6%	0.3%	6.2%	
Costo del Mantenimiento	8.3%	2.5%	1.1%	1.5%	1.2%	1.1%	0.8%	0.0%	
CostoManoObra	6.9%	2.1%	1.0%	1.2%	1.1%	0.9%	0.7%	5.7%	
Costo del Material	1.4%	0.4%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	5.4%	

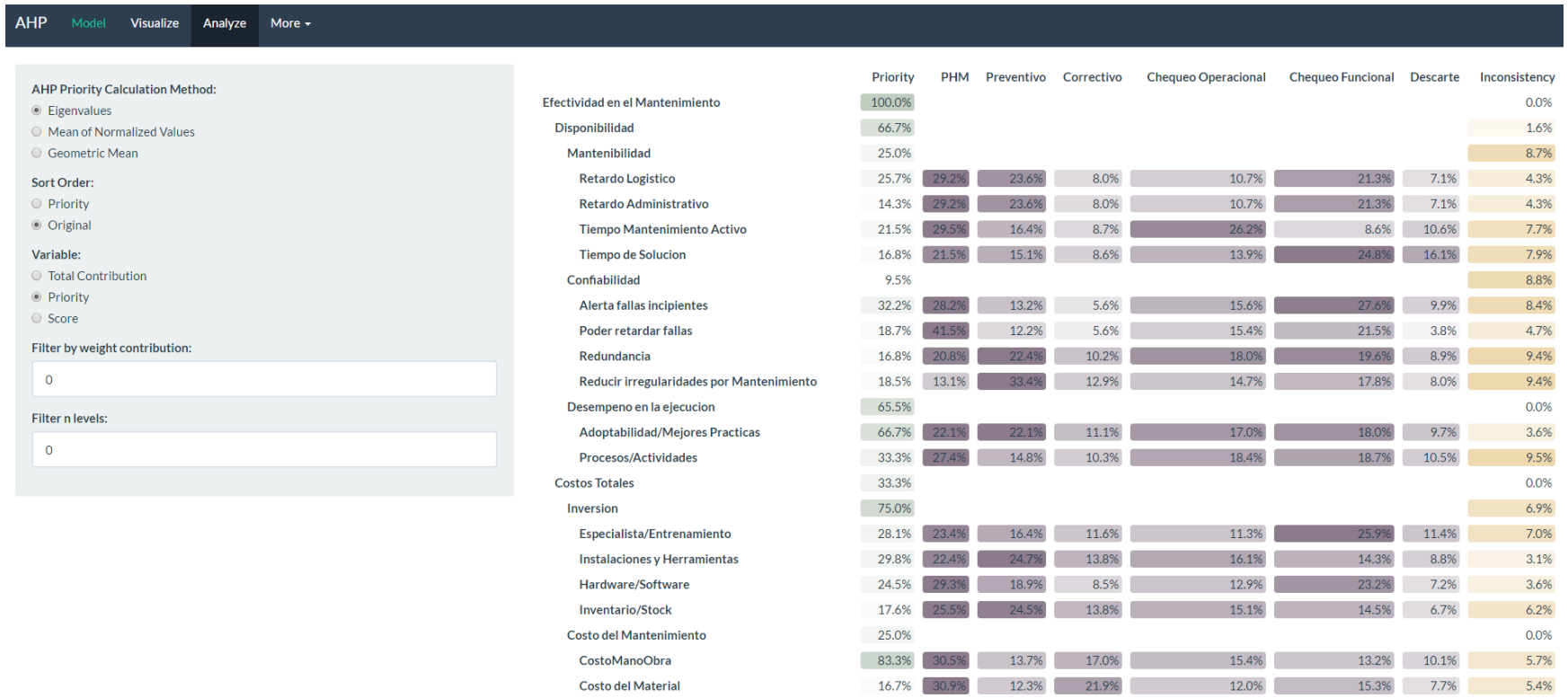
Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-31. Matriz de decisión AHP resumida, usando valores propios (eigenvalues) y considerando el peso de los criterios de segundo nivel respecto a la efectividad del mantenimiento (mayo6.ahp)

	Weight	PHM	Preventivo	Correctivo	Chequeo Operacional	Chequeo Funcional	Descarte	Inconsistency
Efectividad en el Mantenimiento	95.5%	24.3%	18.6%	10.7%	15.2%	17.7%	9.1%	0.0%
Disponibilidad	62.2%	15.5%	12.2%	6.2%	10.5%	11.6%	6.1%	1.6%
Mantenibilidad	13.0%	3.6%	2.6%	1.1%	2.0%	2.4%	1.3%	8.7%
Confiabilidad	5.5%	1.4%	1.0%	0.4%	0.9%	1.2%	0.4%	8.8%
Desempeno en la ejecucion	43.7%	10.4%	8.6%	4.7%	7.6%	8.0%	4.3%	0.0%
Costos Totales	33.3%	8.8%	6.3%	4.5%	4.7%	6.1%	3.0%	0.0%
Inversion	25.0%	6.2%	5.2%	3.0%	3.4%	4.9%	2.2%	6.9%
Costo del Mantenimiento	8.3%	2.5%	1.1%	1.5%	1.2%	1.1%	0.8%	0.0%

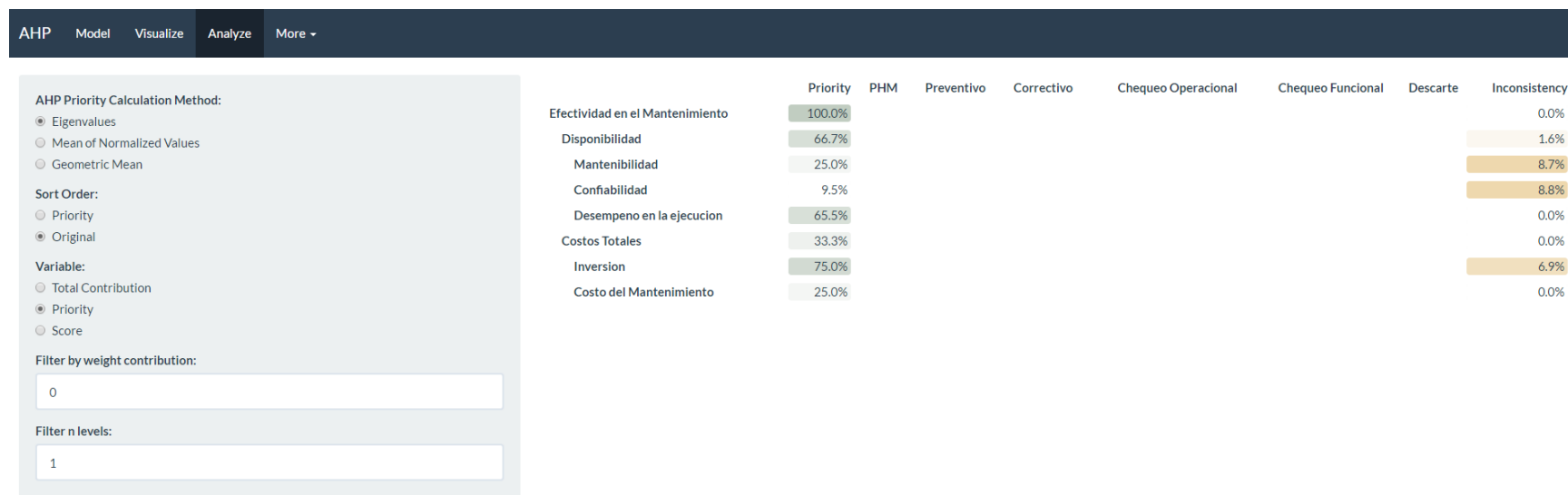
Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-32. Matriz AHP general con prioridad en disponibilidad (disponibilidad de 66% vs costos totales 33%)



Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-33. Matriz AHP resumida con prioridad en disponibilidad (disponibilidad de 66% vs costos totales 33%)



Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI

Tabla 3-34. Matriz de decisión y peso de cada alternativa con respecto a cada criterio

		PHM	Preventivo	Correctivo	Chequeo Operacional	Chequeo Funcional	Descarte	Suma
1	Retardo Logístico	0.2923379	0.2358087	0.07961887	0.1073132	0.21348784	0.07143346	1
2	Retardo Administrativo	0.2923379	0.2358087	0.07961887	0.1073132	0.21348784	0.07143346	1
3	Tiempo Mantenimiento Activo	0.2945741	0.1639337	0.08737450	0.2622883	0.08619795	0.10563144	1
4	Tiempo de Solucion	0.2153670	0.1507416	0.08614293	0.1385779	0.24811364	0.16105686	1
5	Alerta fallas incipientes	0.2820820	0.1317723	0.05551058	0.1559512	0.27561276	0.09907115	1
6	Poder retardar fallas	0.4146262	0.1222290	0.05610887	0.1538895	0.21510125	0.03804511	1
7	Redundancia	0.2083995	0.2239494	0.10231663	0.1800729	0.19640320	0.08885834	1
8	Reducir irregularidades por Mantenimiento	0.1308357	0.3342675	0.12888124	0.1473939	0.17836663	0.08025501	1
9	Adoptabilidad/Mejores Practicas	0.2212147	0.2212147	0.11060735	0.1696362	0.18034343	0.09698360	1
10	Procesos/Actividades	0.2739545	0.1482772	0.10276487	0.1838202	0.18658329	0.10459989	1
11	Especialista/Entrenamiento	0.2343869	0.1635521	0.11581562	0.1130041	0.25948452	0.11375671	1
12	Instalaciones y Herramientas	0.2239251	0.2469894	0.13768645	0.1607507	0.14278865	0.08785964	1
13	Hardware/Software	0.2927501	0.1890504	0.08546845	0.1286552	0.23199396	0.07208191	1
14	Inventario/Stock	0.2550969	0.2445603	0.13770736	0.1507571	0.14463895	0.06723942	1
15	CostoManoObra	0.3052421	0.1373352	0.17011939	0.1541855	0.13191535	0.10120252	1
16	Costo del Material	0.3085468	0.1225364	0.21922142	0.1201869	0.15264990	0.07685851	1

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP-RunGUI.

Tabla 3-35. Matriz de decisión simplificada y peso de cada alternativa con respecto a un criterio específico

	Matriz de decisión	Retardo Logístico	Retardo Administrativo	Tiempo Mantenimiento Activo	Tiempo de Solución	Alerta fallas incipientes	Poder retardar fallas	Redundancia	Reducir irregularidades por Mantenimiento	Adoptabilidad /Mejores Practicas	Procesos /Actividades	Especialista/E ntrenamiento	Instalaciones y Herramientas	Hardware/ Software	Inventario/ Stock	Costo Mano Obra	Costo del Material
1	PHM	0,2923	0,2923	0,2946	0,2154	0,2821	0,4146	0,2084	0,1308	0,2212	0,2740	0,2344	0,2239	0,2928	0,2551	0,3052	0,3085
2	Preventivo	0,2358	0,2358	0,1639	0,1507	0,1318	0,1222	0,2239	0,3343	0,2212	0,1483	0,1636	0,2470	0,1891	0,2446	0,1373	0,1225
3	Correctivo	0,0796	0,0796	0,0874	0,0861	0,0555	0,0561	0,1023	0,1289	0,1106	0,1028	0,1158	0,1377	0,0855	0,1377	0,1701	0,2192
4	Chequeo Operacional	0,1073	0,1073	0,2623	0,1386	0,1560	0,1539	0,1801	0,1474	0,1696	0,1838	0,1130	0,1608	0,1287	0,1508	0,1542	0,1202
5	Chequeo Funcional	0,2135	0,2135	0,0862	0,2481	0,2756	0,2151	0,1964	0,1784	0,1803	0,1866	0,2595	0,1428	0,2320	0,1446	0,1319	0,1526
6	Descarte	0,0714	0,0714	0,1056	0,1611	0,0991	0,0380	0,0889	0,0803	0,0970	0,1046	0,1138	0,0879	0,0721	0,0672	0,1012	0,0769

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP

Tabla 3-36. Peso criterios. Caso 2: Software base.

	Peso Criterios
1	0,163620731
2	0,130455194
3	0,115199509
4	0,103205237
5	0,09632982
6	0,069072095
7	0,045956848
8	0,043126086
9	0,065923919
10	0,056540395
11	0,023075765
12	0,028332125
13	0,018581648
14	0,01407993
15	0,015522504
16	0,010978193

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete AHP

Aplicación de métodos MCDM

- Método MMOORA (Multi-Objective Optimization by Ration Analysis and the Full Multiplicative Form –Multimoor-).

Tabla 3-37: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM MMOORA

Alternatives	RatioSystem	Ranking	ReferencePoint	Ranking.1	MultiplicativeForm	Ranking.2	MultiMoorRanking
1 PHM	0.4684008	1	0.01935586	1	2.576313e-02	1	1
2 Preventivo	0.3344064	3	0.03950228	2	1.569342e-02	3	3
3 Correctivo	0.1324588	6	0.07602330	5	2.888423e-05	6	6
4 Chequeo Operacional	0.2705955	4	0.06612568	4	1.155778e-02	4	4
5 Chequeo Funcional	0.3502730	2	0.05255006	3	2.469580e-02	2	2
6 Descarte	0.1607677	5	0.07894867	6	5.702068e-04	5	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-MMORA

- Método RIM (Reference Ideal Method).

Tabla 3-38. Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM RIM

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.4832196	1
2	Preventivo	0.4806631	2
3	Correctivo	0.4706493	5
4	Chequeo Operacional	0.4723478	4
5	Chequeo Funcional	0.4785474	3
6	Descarte	0.4698057	6

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-RIM.

- Método TOPSISvector (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solucion Method).

Tabla 3-39: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM TOPSISVector

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.8358782	1
2	Preventivo	0.5504609	3
3	Correctivo	0.1053099	6
4	Chequeo Operacional	0.3721074	4
5	Chequeo Funcional	0.5665011	2
6	Descarte	0.1723254	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-TOPSISVector

- Método TOPSISLinear (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution Method).

Tabla 3-40: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM TOPSISLinear.

	Alternatives	R	Ranking
1	PHM	0.83725570	1
2	Preventivo	0.55979504	3
3	Correctivo	0.09090589	6
4	Chequeo Operacional	0.37301142	4
5	Chequeo Funcional	0.57705541	2
6	Descarte	0.18361715	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-TOPSISLinear

- Método VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)

Tabla 3-41: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM VIKOR

	Alternatives	S	R	Q	Ranking	
	PHM	1	0.1632040	0.03453852	0.0000000	1
	Preventivo	2	0.4329155	0.07222378	0.3335305	2
	Correctivo	3	0.8822174	0.15755792	0.9765157	6
	Chequeo Operacional	4	0.5692839	0.13704514	0.6794463	4
	Chequeo Funcional	5	0.4039499	0.11519951	0.4798544	3
	Descarte	6	0.8119443	0.16362073	0.9511322	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-VIKOR

- Método WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment).

Tabla 3-42: Clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM WASPAS

	Alternatives	WSM	WPM	Q	Ranking
1	PHM	0.8847809	0.8361722	0.8604766	1
2	Preventivo	0.6702964	0.6323529	0.6513246	3
3	Correctivo	0.3464172	0.3163899	0.3314035	6
4	Chequeo Operacional	0.5639811	0.5326797	0.5483304	4
5	Chequeo Funcional	0.6944317	0.6524870	0.6734594	2
6	Descarte	0.4098273	0.3478851	0.3788562	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-WASPAS

- MetaRanking.

Tabla 3-43: Resumen de clasificación de las alternativas de mantenimiento según el método MCDM Metaranking

Alternatives	MMOORA	RIM	TOPSISVector	TOPSISLineal	VIKOR	WASPAS	MetaRanking_Sum	MetaRanking_Aggreg
1 PHM	1	1	1	1	1	1	1	1
2 Preventivo	3	2	3	3	2	3	3	3
3 Correctivo	6	5	6	6	6	6	6	6
4 Chequeo Operacional	4	4	4	4	4	4	4	4
5 Chequeo Funcional	2	3	2	2	3	2	2	2
6 Descarte	5	6	5	5	5	5	5	5

Fuente: Resultado de cálculos con aplicación estadística RStudio, paquete MCDM-MetaRanking

En resumen, la aplicación de este caso con la metodología propuesta se tienen los siguientes resultados:

- EL PHM clasifica como la mejor alternativa de mantenimiento en todos los cálculos realizados de los diferentes métodos MCDM utilizados. Lo que es consecuente con la importancia dada de esta alternativa frente a los criterios en la matriz de decisiones.
- El chequeo funcional y el mantenimiento preventivo ocupan el 2 y 3 puesto de las alternativas de mantenimiento. En general las alternativas de mantenimiento que tienen

que ver con la pérdida de la funcionalidad y que tratan de evitar la falla son las de mayor puntaje para su implementación.

- El método RIM y el Vikor varían su clasificación respecto a los demás métodos sin ser exactamente iguales en sus resultados. Estos dos métodos son lo de mayor importancia para madurar la confiabilidad en pequeños pasos.
- A pesar de que el correctivo quedó como última alternativa cuando el principal interés es la CDM debe ponerse en consideración bajo un contexto de menor costo (no se considera en este trabajo).

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La Confiabilidad, Disponibilidad, y Mantenibilidad son criterios cuantitativos que determinan la dirección de las actividades de mantenimiento en los servicios de TI para fallas o incidentes en equipos o servicios, pero están basados en aspectos cualitativos de organización y desempeño organizacional. El uso de la metodología propuesta potencializa la efectividad de la alternativa escogida ya sea para un ítem (elemento, equipo o sistema) o un servicio.
- La metodología de mantenimiento que incorpora el método MCDM para escoger una alternativa de mantenimiento de uso en TI es consistente con la necesidad de flexibilidad de uso y ponderación de dichos criterios en la dinámica de los cambios de tecnología y de las organizaciones.
- Los métodos AHP, TOPSIS, VIKOR, RIM, WASPAS, MOORA le dan mayor validez y rigurosidad a la selección de la alternativa escogida.
- La metodología usada permite mejorar la disponibilidad bajo parámetros cualitativos y los métodos MCDM-RIM y MCDM-VIKOR en procesos cuantitativos de disponibilidad podrían ser usados para conocer si hay avance o retroceso según las alternativas de mantenimiento aplicadas.
- Las técnicas de análisis de riesgo y disponibilidad como FTA, CFI y SFA implícitamente usadas en las diferentes actividades de las alternativas de la metodología consolidan los resultados buscados con la metodología.
- La alternativa de mantenimiento basada en PHM clasifica como la mejor alternativa de mantenimiento en todos los cálculos realizados de los métodos MCDM utilizados. Para TI las alternativas de mantenimiento se dirigen principalmente a mantener la funcionalidad del servicio.
- La alternativa de mantenimiento correctivo quedó como última alternativa de clasificación cuando el principal interés es la CDM pero cuando el peso de la metodología se centra en el costo la balanza de uso se inclina hacia esta alternativa.

- Se evidencia una tendencia a un segundo plano en el mantenimiento a TI según los datos obtenidos del sistema de información 1 al sistema de información 2 (usado actualmente por la organización) ya que los requerimientos (solicitudes adicionales nuevas TI) suman aproximadamente el 70% en comparación al 30% de incidentes (fallas).

4.2 Recomendaciones.

El principal objeto de este apartado es presentar aspectos que fortalecerían el trabajo realizado.

- Mejorar la “confiabilidad de los datos” mediante herramientas estadísticas para optimizar los resultados de los cálculos y de las actividades emprendidas en el proceso de mantenimiento.
- Identificación detallada de la distribución estadística de los datos obtenidos de los sistemas de información y cálculo de los indicadores con cada una de las distribuciones en cortos períodos de tiempo, debido al volumen de datos y la necesidad de madurar la confiabilidad en pequeños intervalos de tiempo.
- Evaluación de diferentes parámetros de los métodos MCDM. Por ejemplo λ para el índice W en Waspas, ν para el índice Q en VIKOR, extremos de dominio y rango para el método RIM , que permitan realizar comparaciones de los resultados entre las diferentes alternativas de mantenimiento, clasificados por cada uno de los métodos MCDM.
- Variación de los pesos de los criterios con métodos apropiados para medir la flexibilidad de la metodología propuesta en respuesta a la simulación de cambios organizacionales tanto técnicos como financieros respecto al mantenimiento.
- Ampliación de los criterios de la metodología, algunos relacionados con la seguridad, la integridad de la información y la satisfacción del cliente entre otros.
- Analizar la diferencias y similitudes que se pueden presentar al hacer una metodología “Basada en el riesgo” que involucra métodos matemáticos y simulaciones entre otros y la actual metodología usada que está “Basada en la incertidumbre”.

A. Anexo: “Catálogo de Servicios de Tecnología Sede Medellín, 2016”.

Este catálogo indica 22 tipos de servicios que tiene la organización para prestación a toda la comunidad universitaria. De ellos se detallan tres que son principalmente prestados a usuarios o clientes finales y se relacionan directamente con equipos como computadores, impresoras, teléfonos, red de datos y software.

CATALOGO DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍA SEDE MEDELLIN

Los servicios tecnológicos que presta la Sede Medellín a su comunidad de acuerdo a sus competencias y capacidades tecnológicas son los siguientes:

- Equipos de usuario final
- Colocación
- Administración de páginas y sitios web
- Gestión de Procesos
- Conectividad de red de datos
- Internet
- Conceptos Técnicos
- Correo Electrónico
- Sistemas de Información
- Telefonía
- Videoconferencia
- Soporte a la operación Sistema Financiero (Quipu)
- Soporte a la operación Sistema Académico
- Soporte a la operación Sistema Talento Humano
- Almacenamiento
- Servicio Autenticación (Control de Acceso) (Nuevo)
- Direccionamiento de Red
- Plataforma como Servicio
- Servicio de Nombres de Dominio
- Servicio de administración software cliente final (Directorio)

Es importante resaltar que estos servicios como parte de la actualización y la maduración del modelo de Gestión de Servicios de TI sean revisados y analizados constantemente con el propósito de identificar falencias en la prestación del servicio al igual que la identificación de oportunidades que permita enriquecer el modelo.

A continuación se detallará cada uno de los servicios que se prestan en la Sede Medellín:

1. EQUIPO USUARIO FINAL

- *Descripción:* Asistencia técnica al hardware y software a equipos informáticos que soportan los procesos misionales y de apoyo de la UNAL. Comprende: Impresoras, Escáner, software básico y software especializado.
- *Propuesta de valor:* Este servicio permite aumentar la productividad mediante la asistencia técnica ágil a los dispositivos tecnológicos para su operación diaria estandarizando el soporte y puesta a punto de dichos dispositivos.
- *Procesos que apoya:* Procesos misionales y no misionales
- *Condiciones del Servicio:*
 - Horario de servicio: 7x24.
 - Horario de soporte: 5x8.
 - Los equipos deben ser de la Universidad Nacional.
 - Para los equipos que no pertenecen a la Universidad se debe seguir la directriz de la DNTIC.
 - El sistema operativo soportado es Windows.

- Para los sistemas operativos MAC se soporta la Instalación de impresoras en red, instalación de Office y Acrobat.
 - Las solicitudes de servicio referentes a software especializado deben ser aprobadas por parte del responsable del equipo
 - La instalación del software está sujeta a la disponibilidad y vigencia de las licencias.
 - Solicitantes: Docentes, administrativos y contratistas
 - Mantenimiento Correctivo de PCs: Los equipos para ser atendidos deberán ser llevados a la oficina de tecnología
- *Solicitudes de Servicio:*
 - Alistamiento de equipos y dispositivos.
 - Instalación de software base.
 - Instalación de software especializado.
 - Modificación de políticas de seguridad.
 - Activación de software.
 - Soporte telefónico.
 - Configuración de software.
 - Modificación clave.
 - Revisión mantenimiento preventivo de dispositivos.
 - Backup carpeta Mis Documentos.
 - Gestión de usuario.
- *Tipificación de Incidentes*
 - Falla equipo usuario final
 - Falla software base
 - Falla software especializado

2. CONECTIVIDAD A RED DE DATOS

- *Descripción:* Gestionar la red de datos, conexión desde y hacia internet, así como la gestión de red académica de la Universidad, brindando soporte técnico y operativo a usuarios finales.
- *Propuesta de valor:* Este servicio permite el aprovisionamiento de infraestructura que facilita la comunicación en la organización
- *Procesos que apoya:* Procesos misionales y no misionales
- *Condiciones del Servicio:*
 - Horario de servicio: 7x24
 - Horario de soporte: 5x8
 - Las ventanas de mantenimiento serán programadas por la OTIC sobre estrictas necesidades de intervención.
 - Depende de disponibilidad de la red y disponibilidad de recursos
 - Solicitantes: Docentes, administrativos, contratistas
 - La solicitud de patch cord depende de la disponibilidad de materiales
- *Solicitudes de Servicio:*
 - Consultoría proyecto cableado peq (1 a 9 pts). Todos los puntos para el área de redes.
 - Consultoría proyecto cableado med (10 a 50 pts)
 - Consultoría proyecto cableado grande (más de 50 pts)
 - Instalar cableado
 - Desinstalar punto cableado
 - Permisos de acceso de red
 - Solicitud certificación e identificación de punto
 - Solicitud patch cord
 - Solicitud mantenimiento infraestructura
 - Instalación de equipo activo
 - Solicitud cambio VLAN
 - Solicitud IP fija
 - Solicitud activación punto
 - Costeo proyecto redes
 - Costeo proyecto cableado
 - Consultoría proyecto redes
 - Implementación proyecto cableado pequeño (1 a 5 puntos)
 - Implementación proyecto cableado mediano (6 a 15 puntos)
 - Implementación proyecto cableado grande (15 a 30 puntos)
 - Acompañamiento proyecto redes
 - Acompañamiento proyecto cableado

- *Tipificación de Incidentes*
 - Falla nodo
 - Falla subnodo
 - Falla red edificio
 - Falla equipo activo
 - Falla path cord
 - Falla punto de cableado
 - Falla redes inalámbricas
 - Revisión incidente seguridad

3. TELEFONÍA

- *Descripción:* Servicio tecnológico que permite la comunicación telefónica entre los usuarios internos y externos en la Universidad Nacional
- *Propuesta de valor:* Brindar la comunicación telefónica entre la comunidad universitaria y la de está con usuarios externos.
- *Procesos que apoya:* Procesos misionales y no misionales
- *Condiciones del Servicio:*
 - Horario de servicio: 7x24
 - Horario de soporte: 5x8
 - Solicitantes: Docentes y administrativos. Para solicitud de códigos y extensiones el servicio solo puede ser solicitado por el director de la dependencia o proyecto y por el responsable del código o extensión
 - La atención del servicio está sujeta a la disponibilidad de números (se refiere a la asignación de números telefónicos y de números de extensiones telefónicas).
 - Aprobador: Ordenadores del gasto
- *Solicitudes de Servicio:*
 - Cambio número de extensión (Para números institucionales, deben ser solicitados por el jefe de departamento)
 - Traslado de extensión
 - Activación / Desactivación buzón de voz (Debe ser solicitado por un directivo, solo para un directivo)
 - Costeo proyecto telefonía
 - Consultoría proyecto telefonía
 - Acompañamiento proyecto telefonía
 - Instalación o configuración de aparato telefónico IP/Digital
 - Asignación, modificación, eliminación código de autorización de llamadas LD y celular (Debe ser autorizado por un Directivo)
 - Activación/Desactivación llamadas externas locales (Debe ser solicitado por un directivo)
 - Asignación, modificación, eliminación número directo (Debe ser solicitado por directivos)
 - Activación, modificación, retiro de anuncio
 - Activación / Desactivación desvío de llamada
 - Asignación, eliminación clave de acceso operador call center (Debe ser solicitado por directivos)
 - Activación / Desactivación servicio de llamada en espera (Debe ser solicitado por el Jefe en el caso de una secretaria que cumpla con la directriz periódica de teléfonos)
 - Activación / Desactivación grupo de captura
 - Activación, desactivación y/o modificación operadora automática (Debe ser solicitado por directivos)
 - Reporte tarifador (Solo lo puede solicitar, dueño de código o director dependencia)
- *Tipificación de Incidentes*
 - Falla en la planta telefónica
 - Falla aparato telefónico
 - Falla en los primarios

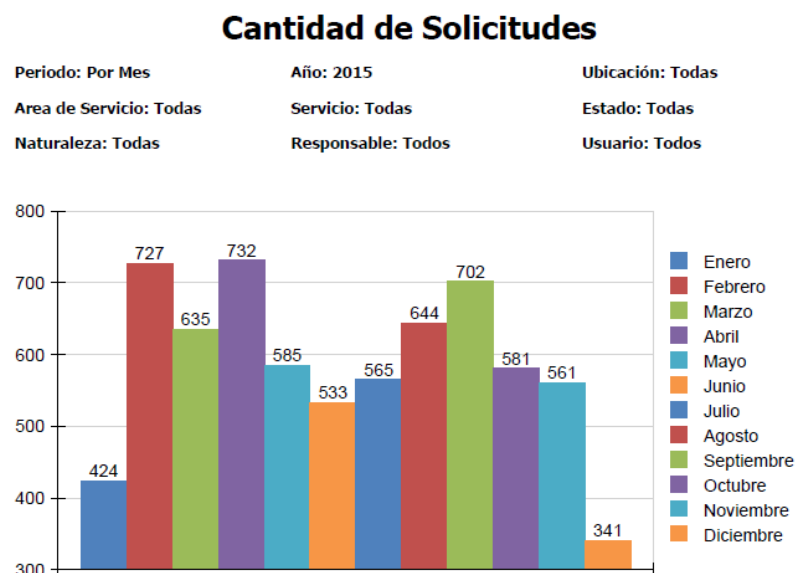
B. Anexo: Datos del Sistema de información Helppeople

a) Número de Solicitudes.

Es importante hacer la aclaración de que el concepto de “Solicitud de Servicio” integra “Ordenes de Servicio” que a su vez se pueden dividir en “Ordenes de trabajo” y estas a su vez relacionar varios equipos. Esta inclinación –de tres niveles de profundidad- va más de la mano con el concepto industrial de mantenimiento en el que está soportado esta aplicación. La Figura B-1 y B-2 presentan las solicitudes del 2015 y 2016 respectivamente suministradas por la dependencia responsable de estas (Oficina de Tecnología de Información y Comunicaciones de la Sede Medellín) dentro de la organización que es caso de estudio, y la Figura B-3 y B-4 del servicio específico que es el de “Atención a Usuario Final”. Los períodos de atención son los de octubre de 2015 a febrero de 2016 y de marzo de 2016 a Octubre de 2016.

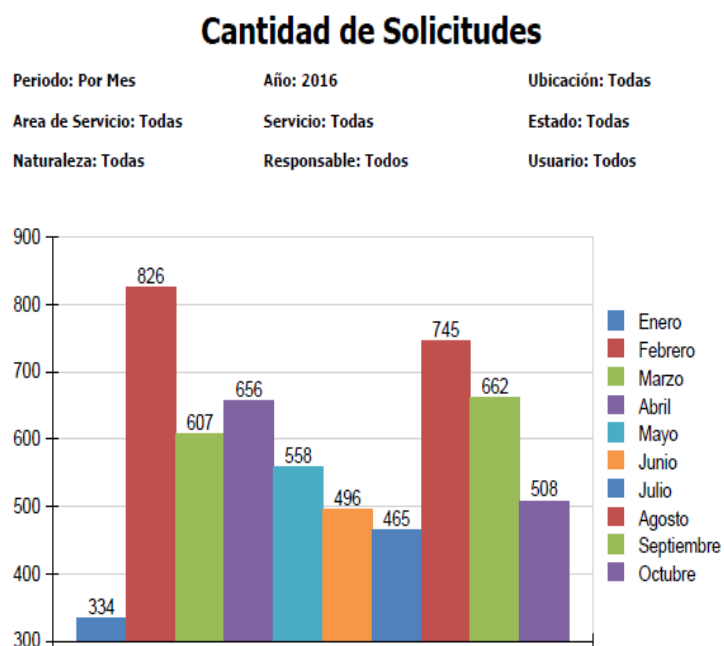
Una desventaja de los valores que se presentan es que cambian en las diferentes consultas realizadas en el tiempo debido a que se suman las solicitudes retrasadas que se ejecutan y cierran. No es representativo pero es un ajuste que debe tenerse en cuenta para el análisis detallado de los servicios prestados.

Figura B-1. Cantidad de Solicitudes del año 2015 dado por el sistema de información 1 (Helpepeople)



Fuente: Sistema de información 1 (Helpepeople)

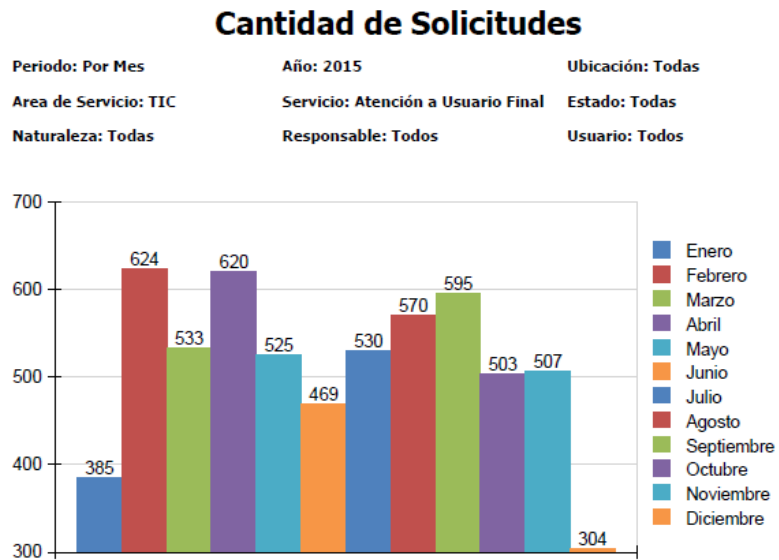
Figura B-2. Cantidad de Solicitudes del año 2016 dado por el sistema de información 1 (Helpepeople)



Fuente: Sistema de información 1 (Helpepeople)

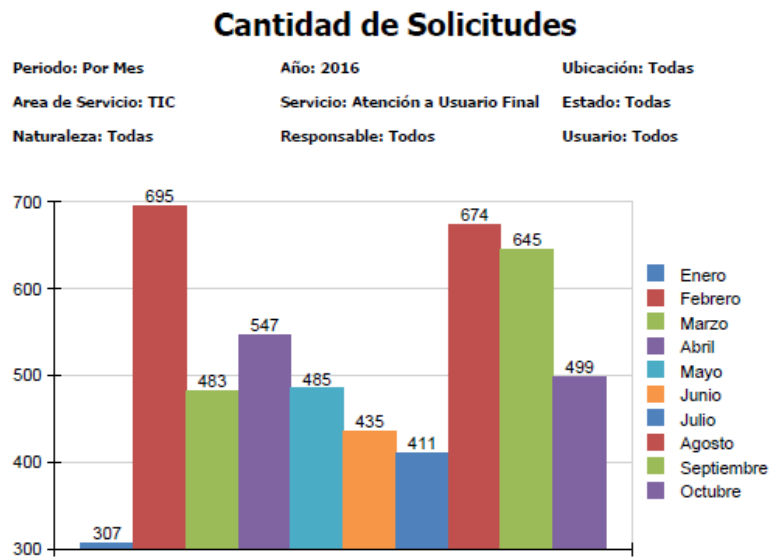
b) Servicio: “Atención a Usuario Final”

Figura B-3. Cantidad de Solicitudes de “Atención a Usuario Final” en el año 2015



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

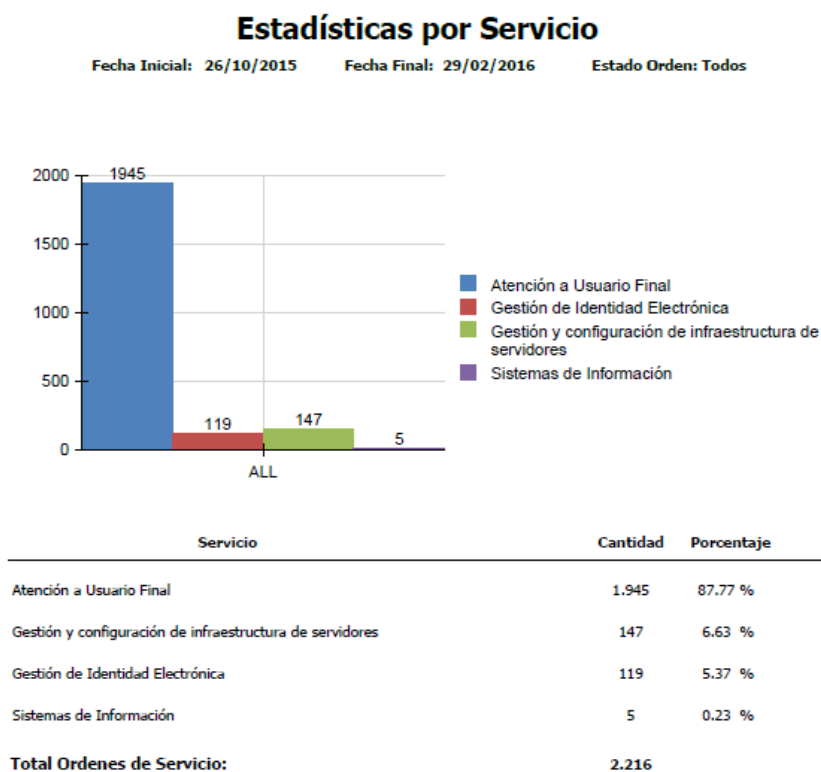
Figura B-4: Cantidad de Solicitudes de “Atención a Usuario Final” en el año 2016



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

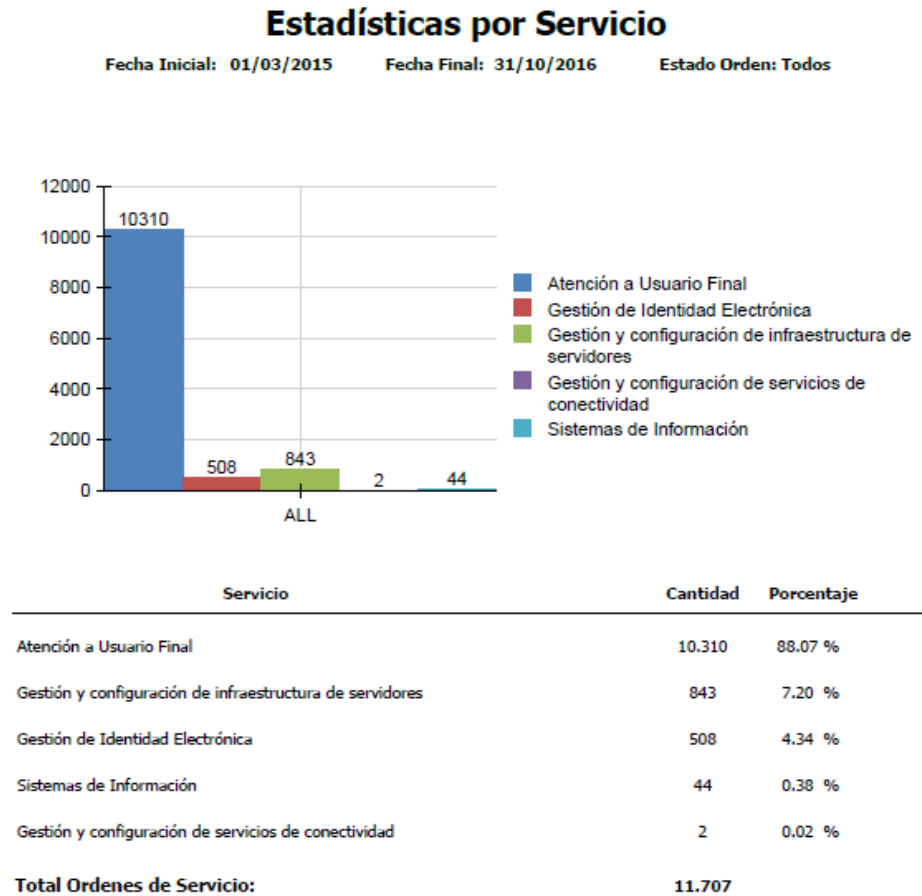
- c) Estadísticas por servicio. La constante tiene que ver que un gran porcentaje (más del 80%) se dirige a solicitudes que tienen que ver con el usuario final. Es general estas solicitudes pueden estar vinculadas con otras solicitudes u otros servicios de distintas formas y con diferentes intensidades. Estas tablas hacen referencia a “Órdenes de Servicio” que en cantidad son diferentes a las “Solicitudes de Servicio” (Ver Figuras B-5 y B-6).

Figura B-5: Estadísticas por Servicio en el período entre octubre 26 de 2015 y febrero de 2016.



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

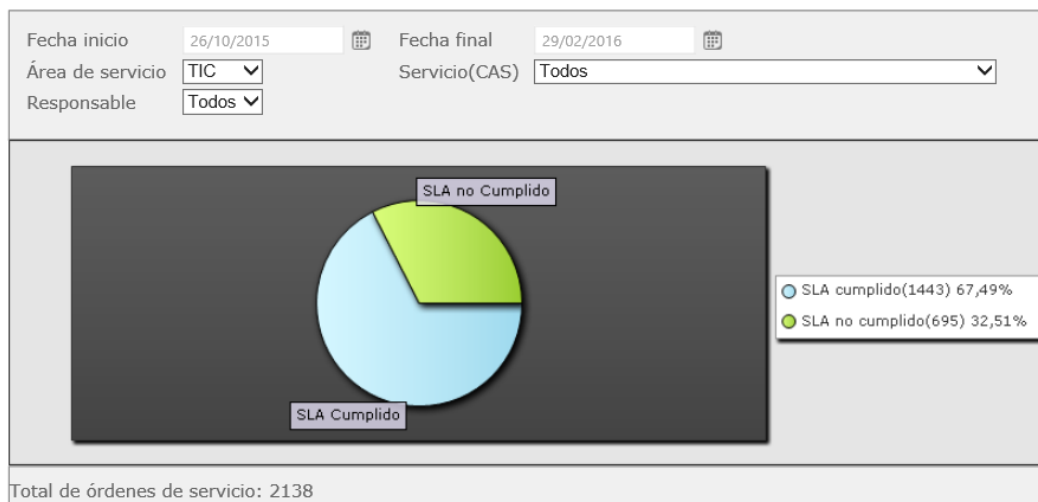
Figura B-6: Estadísticas por Servicio en el período entre marzo 1 de 2016 y octubre 31 de 2016



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

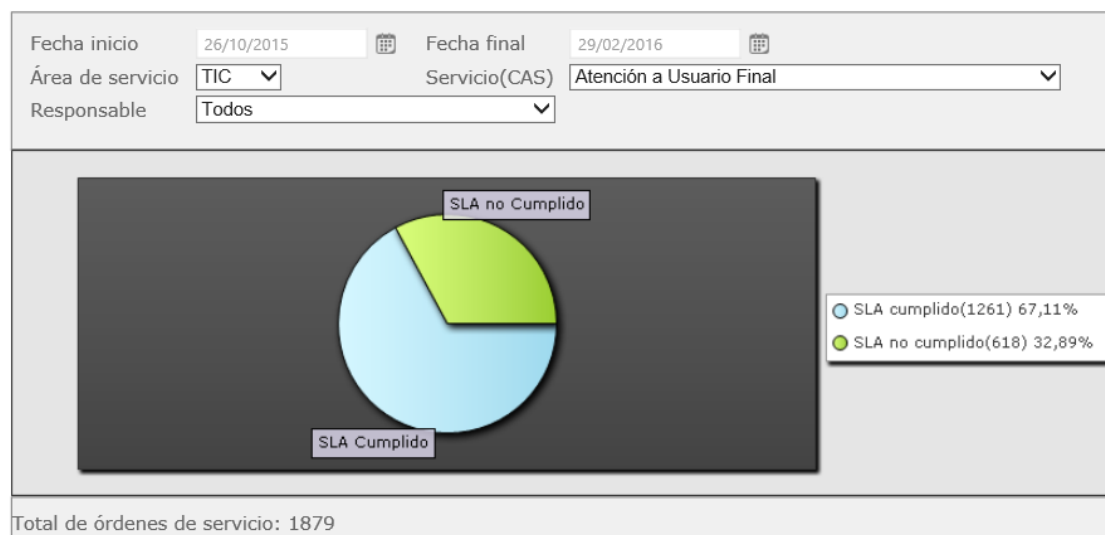
- d) Cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio -ANS- (Service Level Agreement – SLA- en inglés). Implica el no cumplimiento o cumplimiento en los tiempos establecidos de atención para el servicio de “Atención a Usuario Final”. Si no se da cumplidamente se presenta un impacto negativo al usuario, que se revierte en todo el departamento TIC de la organización y en la necesidad de ajustes y tomas de decisiones, entre ellos, aspectos que tienen que ver con el mantenimiento de equipos TI (ver Figuras B-7, B-8, B-9, B-10)

Figura B-7: Cumplimiento del ANS (SLA) en todos los servicios prestados entre octubre 2015 y febrero de 2016



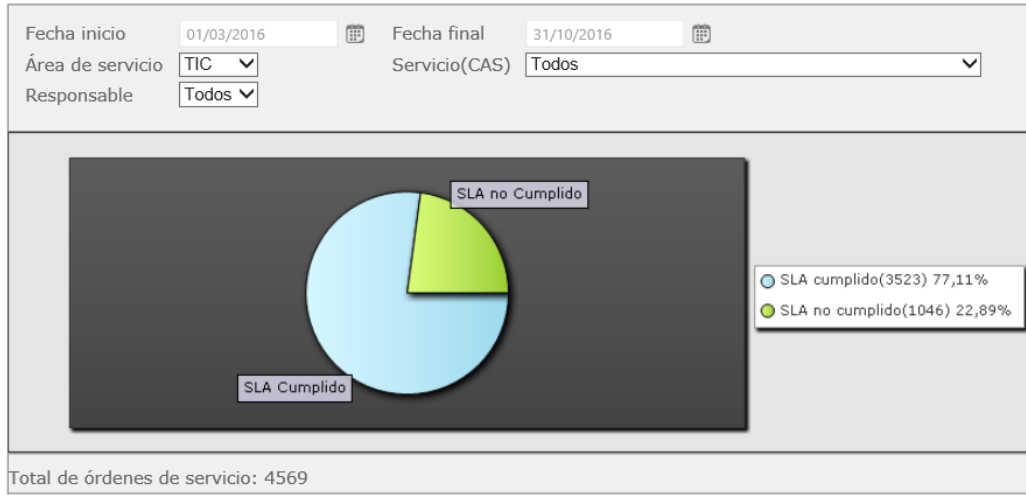
Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Figura B-8. Cumplimiento en los ANS (SLA) en el servicio de “Atención a Usuario Final” entre octubre 2015 y febrero de 2016



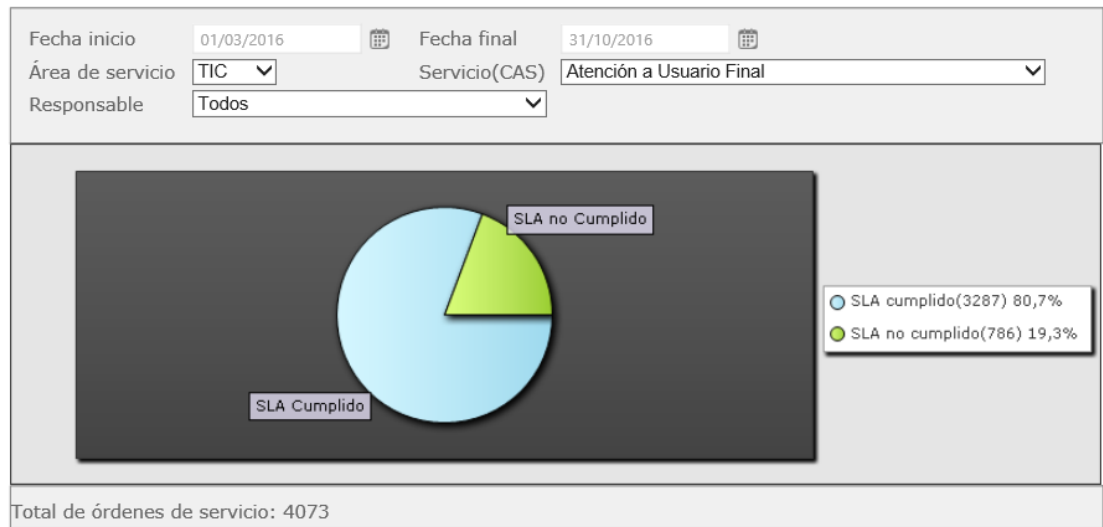
Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Figura B-9: Cumplimiento del ANS (SLA) en todos los servicios prestados entre marzo 1 de 2016 y Octubre 31 de 2016



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Figura B-10. Cumplimiento del ANS (SLA) en el servicio de “Atención a Usuario Final” entre marzo 1 de 2016 y Octubre 31 de 2016



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

- e) Casos radicados por actividad (Usuario Final), tiempos totales y disponibilidad. Tiene por objetivo mostrar el número de “Ordenes de Trabajo” (generalmente tienen una relación uno a uno con las “Ordenes de Servicio”) y con los tiempos llevados a cabo en cada una de estas “Ordenes de Trabajo”. Cada “Orden de Trabajo” tiene una “Actividad” relacionada que implica un equipo en cualquiera de sus dos componentes generales: software o hardware (ver tabla B-1 hasta B-3)

Tabla B-1: Actividades y tiempos relacionados con las solicitudes realizadas en el servicio de “Atención a Usuario Final” en el período de octubre de 2015 a febrero de 2016. Abarca los incidentes (fallas) y los requerimientos.

Etiquetas de fila (Actividades relacionadas con las solicitudes realizadas en el servicio de atención a Usuario Final)	Cuenta de CAS (número de casos)	Suma de TS (horas)
Atención a Usuario Final	1690	3654,216667
Antivirus	3	3,5
Correo Electrónico	6	1,4
CPU	204	735,85
Escáner	1	0,333333333
Impresora	219	289,2
Laboratorio de Suelos	1	1
Monitor	11	9,35
Mouse	2	3
Navegadores Web	612	1478,783333
Ofimática	37	29,6
Portátil	10	21
Quipu	26	15,3
Sara	3	0,7
Escáner	38	126,5833333
Sistema Operativo	104	274,3333333
Teclado	10	10,1
Teléfono	247	383,5166667
Video Beam	15	21,78333333
Videoconferencia	139	248,8833333
(en blanco)	2	0
Gestión de Identidad Electrónica	64	14,16666667
Asignación de roles	1	0,016666667
Configurar Cuentas Unal Móviles	1	0,383333333
Gestión de cuenta Unal	61	13,1
Parametrización	1	0,666666667
Gestión y configuración de infraestructura de servidores	124	107,6833333
Creación de usuario en dominio	3	2,283333333
Despliegue de aplicación	1	1
Falla de extensión	1	0,066666667
Gestión Respaldo Export bases de datos	62	93,78333333
Migración de servidores	1	0
No disponibilidad de servicio informático	4	1,266666667
No disponibilidad de servidores	1	0,5
Publicar información	50	8,616666667
Solicitud de Mesa de ayuda Bta(creación cta, borrar cta, modif cta)	1	0,166666667

Sistemas de Información	8	5,3
Crear Usuario	4	4,083333333
Desarrollos simples	1	0
Modificación de Información	3	1,216666667
Total general	1886	3781,366667

Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Tabla B-2. Actividades y tiempos relacionados con las solicitudes realizadas con los "Incidentes" en el servicio de "Atención a Usuario Final" en el período de octubre de 2015 a febrero de 2016. Abarca los incidentes y los requerimientos.

Naturaleza	Incidente	
Etiquetas de fila (Actividades relacionadas con los incidentes en el servicio de "Atención a Usuario Final")	Cuenta de CAS	Suma de TS (horas)
Atención a Usuario Final	1016	1907,683333
IMAC	1	0,333333333
Escáner	1	0,333333333
Soporte Técnico Hardware y Software	1015	1907,35
Antivirus	2	2,583333333
Correo Electrónico	4	0,716666667
CPU	86	145,55
Impresora	144	191,2333333
Laboratorio de Suelos	1	1
Monitor	11	9,35
Mouse	2	3
Navegadores Web	383	904,05
Ofimática	28	22,73333333
Portátil	9	18,25
Quipu	17	8,766666667
Sara	1	0,216666667
Escaner	27	111,6166667
Sistema Operativo	64	112,3
Teclado	10	10,1
Teléfono	213	345,3333333
Video Beam	12	18,75
Videoconferencia	1	1,8
Gestión y configuración de infraestructura de servidores	6	1,833333333
Gestión de Servidores	5	1,766666667
No disponibilidad de servicio informático	4	1,266666667
No disponibilidad de servidores	1	0,5
Portales Web	1	0,066666667
Falla de extensión	1	0,066666667
Total general	1022	1909,516667

Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople)

Tabla B-3. Disponibilidad de los servicios por “Incidente” (falla) en el período comprendido entre octubre de 2015 y febrero de 2016.

				Período de servicio (horas)	3600	
	Etiquetas de columna					
	Incidente					
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Suma de TS (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
Atención a Usuario Final	1016	1907,68	47,01%	3,54	1,67	1,878
IMAC	1	0,33	99,99%	3600,00	3599,67	0,333
Escáner	1	0,33	99,99%	3600,00	3599,67	0,333
Soporte Técnico Hardware y Software	1015	1907,35	47,02%	3,55	1,67	1,879
Antivirus	2	2,58	99,93%	1800,00	1798,71	1,292
Correo Electrónico	4	0,72	99,98%	900,00	899,82	0,179
CPU	86	145,55	95,96%	41,86	40,17	1,692
Impresora	144	191,23	94,69%	25,00	23,67	1,328
Laboratorio de Suelos	1	1,00	99,97%	3600,00	3599,00	1,000
Monitor	11	9,35	99,74%	327,27	326,42	0,850
Mouse	2	3,00	99,92%	1800,00	1798,50	1,500
Navegadores Web	383	904,05	74,89%	9,40	7,04	2,360
Ofimática	28	22,73	99,37%	128,57	127,76	0,812
Portátil	9	18,25	99,49%	400,00	397,97	2,028
Quipu	17	8,77	99,76%	211,76	211,25	0,516
Sara	1	0,22	99,99%	3600,00	3599,78	0,217
scanner	27	111,62	96,90%	133,33	129,20	4,134
Sistema Operativo	64	112,30	96,88%	56,25	54,50	1,755
Teclado	10	10,10	99,72%	360,00	358,99	1,010
Teléfono	213	345,33	90,41%	16,90	15,28	1,621
Video Beam	12	18,75	99,48%	300,00	298,44	1,563
Videoconferencia	1	1,80	99,95%	3600,00	3598,20	1,800
(en blanco)						
(en blanco)						
Gestión de Identidad Electrónica						
Identidad Física						
Parametrización						
Identidad Lógica						
Asignación de roles						
Configurar Cuentas Unal Móviles						
Gestión de cuenta Unal						
Gestión y configuración de infraestructura de servidores	6	1,83	99,95%	600,000	599,694	0,306
Bases de Datos						
Gestión Respaldo Export bases de datos						
Gestión de Servidores	5	1,77	99,95%	720,000	719,647	0,353
Creación de usuario en dominio						
Despliegue de aplicación						
Migración de servidores						
No disponibilidad de servicio informático	4	1,27	99,96%	900,000	899,683	0,317
No disponibilidad de servidores	1	0,50	99,99%	3600,000	3599,500	0,500
Solicitud de Mesa de ayuda Bta (creación cta, borrar cta, modif cta)						
Portales Web	1	0,07	100,00%	3600,000	3599,933	0,067
Falla de extensión	1	0,07	100,00%	3600,000	3599,933	0,067
Publicar información						

Sistemas de Información						
Desarrollos de Software						
Desarrollo simples						
Sistema de Consecutivos						
Crear Usuario						
Suelos						
Modificación de Información						
Total general	1022	1909,52	46,96%	3,523	1,654	1,868

Fuente: Sistema de información 1 (Helpepeople)

- f) Casos radicados por actividad (en servicios de “Atención a Usuario Final”), tiempos totales y disponibilidad. Tiene por objetivo mostrar el número de “Órdenes de Trabajo” (generalmente tienen una relación uno a uno con las “Órdenes de Servicio”) y con los tiempos llevados a cabo en cada una de estas “Órdenes de Trabajo”. Cada “Orden de Trabajo” tiene una “Actividad” relacionada que implica un equipo en su cualquiera de sus dos componentes generales software o hardware (ver tabla B-4 hasta B-7).

Tabla B-4: Casos totales y relación de las diferentes categorías y naturalezas de las solicitudes de servicio.

Cuenta de CAS	Etiquetas de columna			
Etiquetas de fila (Naturaleza)	Conceptos técnicos	Incidente	Requerimiento	Total general
Atención a Usuario Final (Servicio)	191 (4,64%)	1929 (46,92%)	1992 (48,44%)	4112 (100%)
Aprovisionamiento equipos			4	4
11-25_equipos			3	3
3-5_equipos			1	1
IMAC			2	2
Correo Electrónico			1	1
Sistema Operativo			1	1
Soporte Técnico Hardware y Software (categoría)	191	1929	1986	4106
Antivirus (actividad)		1	2	3
C.T. hardware	164			164
C.T. software	24			24
Correo Electrónico		2	12	14
CPU		220	296	516
Impresora		329	216	545
Monitor		25	4	29
Mouse		4		4
Navegadores Web		420	394	814
Ofimática		40	28	68
Portátil		49	25	74
Quipu		42	34	76
Retiro hardware	3			3
Sara		11	7	18
Escáner		21	16	37
Sistema Operativo		416	272	688
Teclado		17	7	24
Teléfono		285	166	451
Video Beam		46	18	64
Videoconferencia		1	489	490
Total general	191	1929	1992	4112

Fuente: Sistema de información 1 (Helpepeople)

Tabla B-5: Porcentaje de actividades en los Incidentes.

Naturaleza	Incidente	
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Porcentaje
Atención a Usuario Final	1929	
Soporte Técnico Hardware y Software	1929	
Antivirus	1	0,05%
Correo Electrónico	2	0,10%
CPU	220	11,40%
Impresora	329	17,06%
Monitor	25	1,30%
Mouse	4	0,21%
Navegadores Web	420	21,77%
Ofimática	40	2,07%
Portátil	49	2,54%
Quipu	42	2,18%
Sara	11	0,57%
Escáner	21	1,09%
Sistema Operativo	416	21,57%
Teclado	17	0,88%
Teléfono	285	14,77%
Video Beam	46	2,38%
Videoconferencia	1	0,05%
Total general	1929	100,00%

Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople) y los porcentajes son calculados

Para el mismo período de marzo a octubre de 2016, el cálculo de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad (ver Tabla 3-7) revelan que el Servicio de “Atención a Usuario Final” tiene una disponibilidad de 43,43% y es igual al de la categoría de “Soporte Técnico a Hardware y Software” ya que es allí donde se presentan los incidentes.

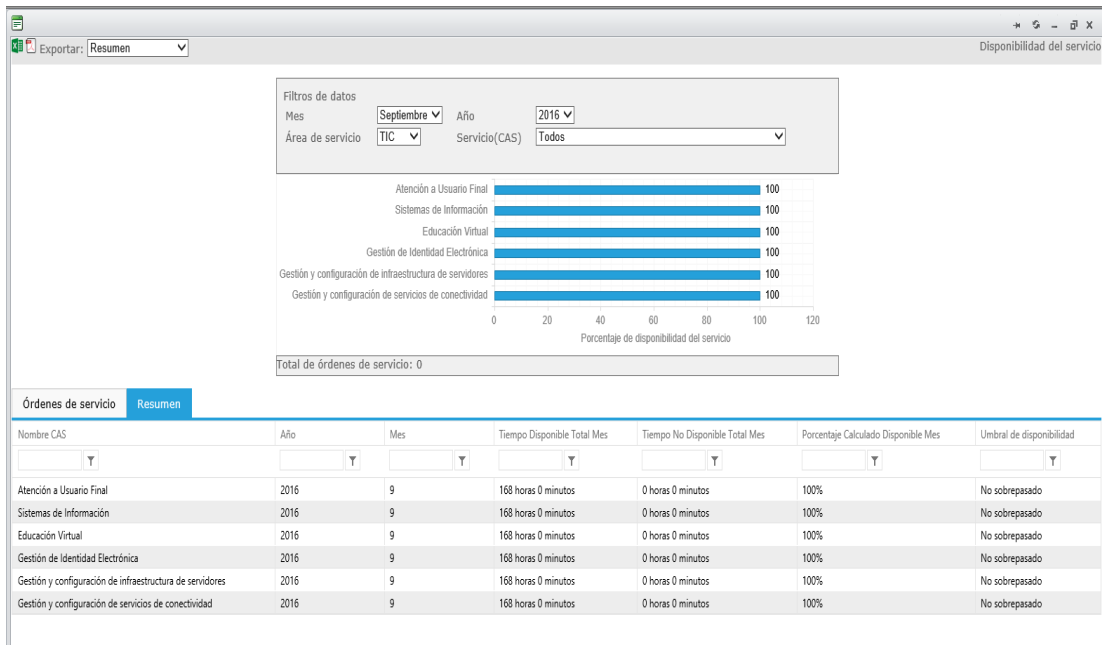
Tabla B-6. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad entre marzo y octubre de 2016 en “Incidentes” en el servicio “Atención a Usuario Final”

Naturaleza	Incidente		Tiempo de prestación del servicio:	5760 horas		
Etiquetas de fila	Cuenta de CAS	Tiempo en horas	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
Atención a Usuario Final	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689
Soporte Técnico Hardware y Software	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689
Antivirus	1	1,666666667	99,97%	3456	5758,333	1,667
Correo Electrónico	2	2,5	99,96%	2304	2878,750	1,250
CPU	220	369,1166667	93,59%	15,6048	24,504	1,678
Impresora	329	482,6833333	91,62%	11,9333	16,040	1,467
Monitor	25	25,41666667	99,56%	226,623	229,383	1,017
Mouse	4	3,033333333	99,95%	1898,9	1439,242	0,758

Navegadores Web	420	972,8166667	83,11%	5,92095	11,398	2,316
Ofimática	40	45,2	99,22%	127,434	142,870	1,130
Portátil	49	131,25	97,72%	43,8857	114,872	2,679
Quipu	42	24,46666667	99,58%	235,422	136,560	0,583
Sara	11	6,233333333	99,89%	924,064	523,070	0,567
Escáner	21	20,15	99,65%	285,856	273,326	0,960
Sistema Operativo	416	726,1666667	87,39%	7,93206	12,101	1,746
Teclado	17	20,08333333	99,65%	286,805	337,642	1,181
Teléfono	285	339,1166667	94,11%	16,9853	19,021	1,190
Video Beam	46	86,78333333	98,49%	66,3722	123,331	1,887
Videoconferencia	1	2	99,97%	2880	5758,000	2,000
Total general	1929	3258,683333	43,43%	1,76759	1,297	1,689

Fuente: Datos de sistema de información 1 (Helppeople) y cálculos CDM propios.

Figura B-11. Disponibilidad del servicio. Este indicador nunca funcionó en dicho sistema de información. Siempre estuvo al 100%. Se toma como ejemplo el mes de septiembre de 2016.



Fuente: Sistema de información 1 (Helppeople).

C. Anexo: Datos del sistema de información ARANDA

Las estadísticas e indicadores de este sistema de información están dados por “casos” y a diferencia del sistema de información anterior, es plano en este sentido, es decir, un solo nivel de interpretación y no tres (el anterior utiliza tres niveles: solicitud de servicio, orden de servicio, y orden de trabajo). El rango de fecha de datos es desde octubre de 2016 a febrero de 2017.

- a) Resumen General de Casos (/Service Desk/ASDK sql- Casos – Resumen General de Casos).

Tabla C-1: Casos totales y grupo de especialistas relacionados.

Tipo de caso	(Todas)	
Cuenta de Grupo especialista		
Grupo especialista	Total	Porcentaje de cada Grupo de especialistas respecto al total
MED.INFRAESTRUCTURA	115	5,16%
MED.MESA DE SERVICIOS	28	1,26%
MED.PROCESO	10	0,45%
MED.REDES	4	0,18%
MED.SEGURIDAD	1	0,04%
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	66	2,96%
MED.SOPORTE WEB	68	3,05%
MED.TELEFONÍA	1	0,04%
MED.USUARIO FINAL	1935	86,85%
Total general	2228	10

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLIN. (Consultado marzo de 2017)

Tabla C-2: Desagregación de los casos en Incidentes y Llamadas de Servicio (o Requerimientos).

Cuenta de Grupo especialista	Tipo de caso		
Grupo especialista	INCIDENTE	LLAMADA DE SERVICIO (Requerimiento)	Total general
MED.INFRAESTRUCTURA	9	106	115
MED.MESA DE SERVICIOS	2	26	28
MED.PROCESO	5	5	10
MED.REDES	2	2	4
MED.SEGURIDAD		1	1
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	5	61	66
MED.SOPORTE WEB	1	67	68
MED.TELEFONÍA		1	1
MED.USUARIO FINAL	721	1214	1935
Total general	745	1483	2228
Porcentaje en relación al Total general	33%	67%	100%

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLIN. (Consultado marzo de 2017)

Tabla C-3: Casos según el grupo de especialistas, tipo de servicio y categoría del caso.

Cuenta de Grupo especialista		Tipo de caso		
Grupo especialista	Servicio	INCIDENTE	LLAMADA DE SERVICIO (requerimiento)	Total general
MED.INFRAESTRUCTURA	2.1.01 Equipos de usuario final	6		6
	2.1.09 Sistemas de información	1		1
	2.1.16 Almacenamiento	2		2
	2.2.01 Equipos de usuario final		17	17
	2.2.04 Internet		1	1
	2.2.06 Conceptos Técnicos		1	1
	2.2.07 Correo electrónico		26	26
	2.2.08 Plataforma como servicio		8	8
	2.2.09 Sistemas de información		7	7
	2.2.12 Soporte a la operación del sistema financiero QUIPU		1	1
	2.2.14 Soporte a la operación del sistema integrado de talento humano		1	1
	2.2.16 Almacenamiento		31	31
	2.2.17 Administración de páginas y sitios web		2	2
	2.2.18 Servicio control de acceso		6	6
	2.2.19 Servicio de administración de software cliente final (Directorio)		4	4
	2.2.22 Gestión de Procesos		1	1
Total MED.INFRAESTRUCTURA		9	106	115
MED.MESA DE SERVICIOS	2.1.07 Correo electrónico	1		1
	2.1.10 Telefonía	1		1
	2.2.01 Equipos de usuario final		13	13
	2.2.17 Administración de páginas y sitios web		1	1
	2.2.18 Servicio control de acceso		12	12
Total MED.MESA DE SERVICIOS		2	26	28
MED.PROCESO	2.1.22 Gestión de Procesos	5		5
	2.2.22 Gestión de Procesos		5	5
Total MED.PROCESO		5	5	10
MED.REDES	2.1.03 Conectividad a red de datos	1		1
	2.1.20 Servicio de direccionamiento de red	1		1
	2.2.03 Conectividad a red de datos		2	2
Total MED.REDES		2	2	4
MED.SEGURIDAD	2.2.07 Correo electrónico		1	1
Total MED.SEGURIDAD			1	1
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	2.1.22 Gestión de Procesos	5		5
	2.2.01 Equipos de usuario final		1	1
	2.2.06 Conceptos Técnicos		2	2
	2.2.08 Plataforma como servicio		1	1
	2.2.09 Sistemas de información		7	7
	2.2.12 Soporte a la operación del sistema financiero QUIPU		1	1
	2.2.14 Soporte a la operación del sistema integrado de talento humano		14	14
	2.2.18 Servicio control de acceso		8	8
	2.2.22 Gestión de Procesos		27	27
Total MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN		5	61	66

Cuenta de Grupo especialista		Tipo de caso		
Grupo especialista	Servicio	INCIDENTE	LLAMADA DE SERVICIO (requerimiento)	Total general
MED.SOPORTE WEB	2.1.17 Administración de páginas y sitios web	1		1
	2.2.07 Correo electrónico		16	16
	2.2.09 Sistemas de información		14	14
	2.2.16 Almacenamiento		1	1
	2.2.17 Administración de páginas y sitios web		31	31
	2.2.18 Servicio control de acceso		2	2
	2.2.22 Gestión de Procesos		3	3
Total MED.SOPORTE WEB		1	67	68
MED.TELEFONÍA	2.2.10 Telefonía		1	1
Total MED.TELEFONÍA			1	1
MED.USUARIO FINAL	2.1.01 Equipos de usuario final	489		489
	2.1.03 Conectividad a red de datos	81		81
	2.1.04 Internet	1		1
	2.1.06 Conceptos Técnicos	3		3
	2.1.07 Correo electrónico	2		2
	2.1.09 Sistemas de información	1		1
	2.1.10 Telefonía	131		131
	2.1.11 Videoconferencia	6		6
	2.1.17 Administración de páginas y sitios web	7		7
	2.2.01 Equipos de usuario final		613	613
	2.2.03 Conectividad a red de datos		87	87
	2.2.04 Internet		2	2
	2.2.06 Conceptos Técnicos		119	119
	2.2.07 Correo electrónico		4	4
	2.2.09 Sistemas de información		14	14
	2.2.10 Telefonía		105	105
	2.2.11 Videoconferencia		252	252
	2.2.12 Soporte a la operación del sistema financiero QUIPU		1	1
	2.2.13 Soporte a la operación del sistema de información académica		1	1
	2.2.16 Almacenamiento		4	4
	2.2.17 Administración de páginas y sitios web		12	12
Total MED.USUARIO FINAL		721	1214	1935
Total general		745	1483	2228

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLÍN. (Consultado marzo de 2017)

- b) Suma del tiempo de los casos según tipo de servicio y grupo de especialistas. El objetivo tiene que ver con los casos con el grupo de especialistas de Usuario Final en relación al tipo de servicio y en donde los equipos como computadores, impresoras y redes de datos sean los afectados.

Tabla C-4: Tiempo de los casos según la categoría y el grupo de especialistas que los soporta

Categoría	(Todas)						
Suma de Tiempo del caso (minutos)	Grupo especialista						
Servicio	MED.INFRAESTRUCTURA	MED.MESA DE SERVICIOS	MED.PROCESO	MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	MED.SOPORTE WEB	MED.USUARIO FINAL	Total general
2.1.01 Equipos de usuario final	2645					74827	77472
2.1.03 Conectividad a red de datos						21601	21601
2.1.06 Conceptos Técnicos						1037	1037
2.1.07 Correo electrónico		100					100
2.1.10 Telefonía		141				8606	8747
2.1.11 Videoconferencia						281	281
2.1.16 Almacenamiento	709						709
2.1.17 Administración de páginas y sitios web						12	12
2.1.22 Gestión de Procesos			12779				12779
2.2.01 Equipos de usuario final	3465					77738	81203
2.2.03 Conectividad a red de datos						37633	37633
2.2.04 Internet	1334						1334
2.2.06 Conceptos Técnicos						19615	19615
2.2.07 Correo electrónico	12434				2098	528	15060
2.2.08 Plataforma como servicio	1371						1371
2.2.09 Sistemas de información	569			73	19320	5717	25679
2.2.10 Telefonía						25176	25176
2.2.11 Videoconferencia						55190	55190
2.2.13 Soporte a la operación del sistema de información académica						755	755
2.2.14 Soporte a la operación del sistema integrado de talento humano	139			1001			1140
2.2.16 Almacenamiento	8519					642	9161
2.2.17 Administración de páginas y sitios web	386				19609	1231	21226
2.2.18 Servicio control de acceso	914	663					1577
2.2.22 Gestión de Procesos	253		2353	547			3153
Total general	32738	904	15132	1621	41027	330589	422011

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). (Consultado marzo de 2017)

- c) Casos dentro y fuera del ANS (SLA) por grupo de especialistas (/Service Desk/ASDK Sql –Casos-Casos dentro y fuera del SLA por Grupo, Especialista actual, tipo de caso, estado actual y cumplimiento).

Tabla C-5: Cumplimiento de los ANS (SLA) según el grupo de especialistas y tiempo total de dichos casos.

Grupo especialista	Cumplimiento SLA	Cuenta de Grupo especialista	Suma de tiempo del caso (minutos)
MED.INFRAESTRUCTURA	DENTRO	50	23148
	FUERA	7	9590
Total MED.INFRAESTRUCTURA		57	32738
MED.MESA DE SERVICIOS	DENTRO	4	154
	FUERA	4	750
Total MED.MESA DE SERVICIOS		8	904
MED.PROCESO	DENTRO	5	176
	FUERA	3	9736
Total MED.PROCESO		8	9912
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	DENTRO	34	1621
Total MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN		34	1621
MED.SOPORTE WEB	DENTRO	27	11001
	FUERA	7	15761
Total MED.SOPORTE WEB		34	26762
MED.USUARIO FINAL	DENTRO	887	233263
	FUERA	78	68488
Total MED.USUARIO FINAL		965	301751
Total general		1106	373688

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLÍN. (Consultado marzo de 2017)

- d) Incidentes por grupo de especialista, número de casos y tiempo totalizado de los casos. Tipifica la falla que puede darse según el servicio y grupo de especialistas que los aborda.

Tabla C-6: Cumplimiento de los ANS (SLA) en Incidentes según el grupo de especialistas y tiempo total de dichos casos

Tipo de caso	INCIDENTE		
Suma de Tiempo del caso (minutos)	Cumplimiento SLA		
Grupo especialista	DENTRO del SLA (minutos)	FUERA del SLA (minutos)	Total general (minutos)
MED.INFRAESTRUCTURA	4986		4986
MED.MESA DE SERVICIOS	100	141	241
MED.PROCESO	158	11601	11759
MED.REDES	107	2719	2826
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	1222		1222
MED.SOPORTE WEB	94		94
MED.USUARIO FINAL	160275	54790	215065
Total general	166942	69251	236193
	70,68%	29,32%	100,00%

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLÍN. (Consultado marzo de 2017)

Tabla C-7: Tipo de falla (o tipo de Incidente), tiempo total por tipo de falla y grupo de especialistas que los soporta.

Tipo de caso	INCIDENTE		
Grupo especialista	Nombre del SLA	Cuenta de Grupo especialista	Suma de Tiempo del caso (minutos)
MED.INFRAESTRUCTURA	Falla equipo usuario final	6	3809
	Solucionar falla de sistemas de información	1	455
	Solucionar falla en servicio de almacenamiento	2	722
Total MED.INFRAESTRUCTURA		9	4986
MED.MESA DE SERVICIOS	Falla aparato telefónico	1	141
	Falla correo electrónico	1	100
Total MED.MESA DE SERVICIOS		2	241
MED.PROCESO	Fallo en la ejecución de la tarea	3	42047
	Fallo en la plataforma	2	11329
Total MED.PROCESO		5	53376
MED.REDES	Falla equipo activo	1	107
	Falla VPN	1	2719
Total MED.REDES		2	2826
MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN	Fallo en la ejecución de la tarea	4	817
	Fallo en la plataforma	1	405
Total MED.SISTEMAS DE INFORMACIÓN		5	1222
MED.SOPORTE WEB	Falla en servicio de páginas web	1	94
Total MED.SOPORTE WEB		1	94
MED.USUARIO FINAL	Falla aparato telefónico	122	12808
	Falla canal de internet	1	157
	Falla correo electrónico	2	160
	Falla en la planta telefónica	9	2137
	Falla en servicio de páginas web	7	754
	Falla equipo activo	62	33717
	Falla equipo usuario final	461	137946
	Falla path cord	2	3792
	Falla punto de cableado	13	9057
	Falla red edificio	2	529
	Falla redes inalámbricas	2	276
	Falla software base	18	4370
	Falla software especializado	10	1416
	Solucionar error en concepto técnico	3	1198
	Solucionar falla de sistemas de información	1	2843
	Solucionar falla en videoconferencia	6	5034
Total MED.USUARIO FINAL		721	216194
Total general		745	278939

Fuente: Sistema de Información 2. (ARANDA). MED: se refiere a la Sede MEDELLÍN. (Consultado marzo de 2017)

e) Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de los servicios dados en ARANDA

Tabla C-8. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes por servicio (casos atendidos por el grupo de especialista a "Usuario Final").

Tipo de caso	INCIDENTE						
Grupo especialista	MED.USUARIO FINAL						
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000						
Servicio	Cuenta de Servicio	Suma de Tiempo del caso (en minutos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final	489	143732	2395,53	20,15%	6,13	1,24	4,90
2.1.03 Conectividad a red de datos	81	47371	789,52	73,68%	37,04	27,29	9,75
2.1.04 Internet	1	157	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
2.1.06 Conceptos Técnicos	3	1198	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
2.1.07 Correo electrónico	2	160	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33
2.1.09 Sistemas de información	1	2843	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
2.1.10 Telefonía	131	14945	249,08	91,70%	22,90	21,00	1,90
2.1.11 Videoconferencia	6	5034	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98
2.1.17 Administración de páginas y sitios web	7	754	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total general	721	216194	3603,23				

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. **ANS:** Acuerdo de nivel de servicio. **MTBSI:** Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". **MTBF:** Tiempo medio entre fallas. **MTRS:** tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla C-9. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad en "Incidentes" por tipo de falla (casos atendidos por el grupo de especialista a "Usuario Final").

Tipo de caso	INCIDENTE							
Grupo especialista	MED.USUARIO FINAL							
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000							
Servicio	Nombre del SLA (ANS)	Cuenta de Servicio	Suma de Tiempo del caso (minutos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final	Falla equipo usuario final	461	137946	2299,10	23,36%	6,51	1,52	4,99
	Falla software base	18	4370	72,83	97,57%	166,67	162,62	4,05
	Falla software especializado	10	1416	23,60	99,21%	300,00	297,64	2,36
Total 2.1.01 Equipos de usuario final		489	143732	2395,53	20,15%	6,13	1,24	4,90

2.1.03 Conectividad a red de datos	Falla equipo activo	62	33717	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06
	Falla path cord	2	3792	63,20	97,89%	1500,00	1468,40	31,60
	Falla punto de cableado	13	9057	150,95	94,97%	230,77	219,16	11,61
	Falla red edificio	2	529	8,82	99,71%	1500,00	1495,59	4,41
	Falla redes inalámbricas	2	276	4,60	99,85%	1500,00	1497,70	2,30
Total 2.1.03 Conectividad a red de datos		81	47371	789,52	73,68%	37,04	27,29	9,75
2.1.04 Internet	Falla canal de internet	1	157	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
Total 2.1.04 Internet		1	157	2,62	99,91%	3000,00	2997,38	2,62
2.1.06 Conceptos Técnicos	Solucionar error en concepto técnico	3	1198	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
Total 2.1.06 Conceptos Técnicos		3	1198	19,97	99,33%	1000,00	993,34	6,66
2.1.07 Correo electrónico	Falla correo electrónico	2	160	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33
Total 2.1.07 Correo electrónico		2	160	2,67	99,91%	1500,00	1498,67	1,33
2.1.09 Sistemas de información	Solucionar falla de sistemas de información	1	2843	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
Total 2.1.09 Sistemas de información		1	2843	47,38	98,42%	3000,00	2952,62	47,38
2.1.10 Telefonía	Falla aparato telefónico	122	12808	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75
	Falla en la planta telefónica	9	2137	35,62	98,81%	333,33	329,38	3,96
Total 2.1.10 Telefonía		131	14945	249,08	91,70%	22,90	21,00	1,90
2.1.11 Videoconferencia	Solucionar falla en videoconferencia	6	5034	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98
Total 2.1.11 Videoconferencia		6	5034	83,90	97,20%	500,00	486,02	13,98
2.1.17 Administración de páginas y sitios web	Falla en servicio de páginas web	7	754	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total 2.1.17 Administración de páginas y sitios web		7	754	12,57	99,58%	428,57	426,78	1,80
Total general		721	216194					

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. **ANS (SLA)**: Acuerdo de nivel de servicio. **MTBSI**: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". **MTBF**: Tiempo medio entre fallas. **MTRS**: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla C-10. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en “Equipos de Usuario Final” (casos atendidos por el grupo de especialista a “Usuario Final”).

Tipo de caso	INCIDENTE						
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000						
Etiquetas de fila	Cuenta de Categoría	Suma de Tiempo del caso (minutos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
2.1.01 Equipos de usuario final							
Falla equipo usuario final	467	141755	2362,58	21,25%	6,42	1,36	5,06
EQUIPOS.COMPUTADOR.ESCRITORIO							
ESCRITORIO	251	74853	1247,55	58,42%	11,95	6,98	4,97
EQUIPOS.COMPUTADOR.PORTATIL							
PORTATIL	25	7518	125,30	95,82%	120,00	114,99	5,01
EQUIPOS.COMPUTADOR.TODO EN UNO							
TODO EN UNO	9	2233	37,22	98,76%	333,33	329,20	4,14
EQUIPOS.DIGITALIZACION.ESCANER							
ESCANER	8	2088	34,80	98,84%	375,00	370,65	4,35
EQUIPOS.IMPRESORA.INYECCIÓN							
INYECCIÓN	1	95	1,58	99,95%	3000,00	2998,42	1,58
EQUIPOS.IMPRESORA.LASER							
LASER	39	12897	214,95	92,84%	76,92	71,41	5,51
EQUIPOS.IMPRESORA.MATRIZ DE PUNTO							
MATRIZ DE PUNTO	1	34	0,57	99,98%	3000,00	2999,43	0,57
EQUIPOS.IMPRESORA.MULTIFUNCIONAL							
MULTIFUNCIONAL	69	22524	375,40	87,49%	43,48	38,04	5,44
SEGURIDAD.SOFTWARE.SISTEMA EXTERNOS							
SISTEMA EXTERNOS	1	119	1,98	99,93%	3000,00	2998,02	1,98
SEGURIDAD.SOFTWARE.WEB							
WEB	1	64	1,07	99,96%	3000,00	2998,93	1,07
SOFTWARE.OFIMATICO.MICROSOFT OFFICE							
MICROSOFT OFFICE	23	8393	139,88	95,34%	130,43	124,35	6,08
SOFTWARE.SISTEMA OPERATIVO.WINDOWS							
WINDOWS	10	2847	47,45	98,42%	300,00	295,26	4,75
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.QUIPU							
QUIPU	12	3141	52,35	98,26%	250,00	245,64	4,36
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.SARA							
SARA	1	159	2,65	99,91%	3000,00	2997,35	2,65
SOFTWARE.SISTEMAS DE INFORMACIÓN.UNIVERSITARIAS XXI							
UNIVERSITARIAS XXI	16	4790	79,83	97,34%	187,50	182,51	4,99
Total general	467	141755	2362,58	21,25%	6,42	1,36	5,06

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios dados en ITIL. **ANS (SLA)**: Acuerdo de nivel de servicio. **MTBSI**: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo “Incidentes”. **MTBF**: Tiempo medio entre fallas. **MTRS**: tiempo medio de reparación para servicios tipo “Incidentes”.

Tabla C-11. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos de Telefonía.

Tipo de caso	INCIDENTE						
Tiempo de prestación del servicio (horas)	3000						
Etiquetas de fila	Cuenta de Nombre del SLA	Suma de Tiempo del caso (minutos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
2.1.10 Telefonía							
Falla aparato telefónico	122	12808	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.EQUIPO DE TELEFONIA							
EQUIPO DE TELEFONIA	109	11573	192,88	93,57%	27,52	25,75	1,77
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.PLANTA TELEFONICA							
PLANTA TELEFONICA	13	1235	20,58	99,31%	230,77	229,19	1,58
Total general	122	12808	213,47	92,88%	24,59	22,84	1,75

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. **ANS (SLA)**: Acuerdo de nivel de servicio. **MTBSI**: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". **MTBF**: Tiempo medio entre fallas. **MTRS**: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

Tabla C-12. Disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en Incidentes en equipos por conectividad de red de datos.

Tipo de caso	INCIDENTE						
Tiempo de prestación del servicio (horas):	3000						
Etiquetas de fila	Cuenta de Tipo de caso	Suma de Tiempo del caso (minutos)	Suma de Tiempo del caso (horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (MTBSI – horas-)	Confiabilidad (MTBF – horas-)	Mantenibilidad (MTRS – horas-)
2.1.03 Conectividad a red de datos							
Falla equipo activo	62	33717	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.CABLEADO.CABLEADO ESTRUCTURADO							
CABLEADO ESTRUCTURADO	59	33697	561,62	81,28%	50,85	41,33	9,52
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.EQUIPOS DE RED.ACCESS POINT							
ACCESS POINT	1	7	0,12	100,00%	3000,00	2999,88	0,12
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.TELEFONÍA.EQUIPO DE TELEFONIA							
EQUIPO DE TELEFONIA	2	13	0,22	99,99%	1500,00	1499,89	0,11
Total general	62	33717	561,95	81,27%	48,39	39,32	9,06

Fuente: Sistema de Información 2 (Aranda) y cálculo según las ecuaciones de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad para servicios. **ANS**: Acuerdo de nivel de servicio. **MTBSI**: Tiempo medio entre servicios para servicios tipo "Incidentes". **MTBF**: Tiempo medio entre fallas. **MTRS**: tiempo medio de reparación para servicios tipo "Incidentes".

D. Anexo: Scrip de instrucciones usadas en RStudio para obtener los diferentes resultados a los que se hace referencia.

1	# Metodología de Mantenimiento basada en Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad para equipos TI
2	# Ejecutar todo el script con Ctrl-Alt-R
3	# 1. Definir el directorio activo
4	# Session -> Set Working Directory -> To Source File Location
5	setwd("F:/TFM_2017/archivo ahp")
6	
7	# 2. Cargar paquete AHP
8	library(ahp)
9	library(MCDM)
10	library(dplyr)
11	
12	# 3. Leer el archivo AHP
13	ahpmayo6 <- Load("mayo6.ahp")
14	
15	# 4. Calcular la matriz de decisión
16	Calculate(ahpmayo6)
17	
18	# 5. Visualizar el árbol de decisión
19	Visualize(ahpmayo6)
20	
21	# 6. Crear la tabla de análisis con el orden original
22	(tablaMayo6 <- AnalyzeTable(ahpmayo6, sort = "orig"))
23	
24	# 7. Ponderar las alternativas según el peso de cada criterio
25	# Definir las filas de los criterios de nivel 3
26	criteriosNivel3 <- c(4:7, 9:12, 14:15, 18:21, 23:24)
27	# Crear una nueva tabla con los criterios de nivel 3 y ponderar
28	tablaMayo6_C3 <- tablaMayo6 %>%
29	slice(criteriosNivel3) %>%
30	mutate(PHM = PHM / Weight,
31	Preventivo = Preventivo / Weight,
32	Correctivo = Correctivo / Weight,
33	`Chequeo Operacional` = `Chequeo Operacional` / Weight,
34	`Chequeo Funcional` = `Chequeo Funcional` / Weight,
35	Descarte = Descarte / Weight,
36	Suma = PHM + Preventivo + Correctivo + `Chequeo Operacional` + `Chequeo Funcional` + Descarte) %>%
37	select(-Weight, -Inconsistency)
38	# Visualizar la tabla
39	View(tablaMayo6_C3)
40	
41	# 8. Elaborar la matriz de decisión
42	matrizMayo6 <- t(tablaMayo6_C3[, -c(1, 8)])
43	colnames(matrizMayo6) <- tablaMayo6_C3\$`
44	View(matrizMayo6)
45	write.csv2(matrizMayo6, "matrizMayo6.csv")
46	
47	# 9. Leer la matriz de criterios
48	matrizCriteriosMayo6 <- read.csv2("matrizCriteriosMayo6.csv",
49	row.names = 1,

50	colClasses = c("character",
51	rep("numeric", 16)))
52	View(matrizCriteriosMayo6)
53	write.csv2(matrizCriteriosMayo6, "matrizCriteriosMayo6.csv")
54	
55	# 10. Calcular los pesos a partir de la matriz de criterios
56	pesosCriteriosMayo6 <- ahp(matrizCriteriosMayo6)\$weighting
57	View(pesosCriteriosMayo6)
58	write.csv2(pesosCriteriosMayo6, "pesosCriteriosMayo6.csv")
59	
60	# 11. Calcular el MCDM
61	cb <- rep(c("max", "min"), c(10, 6))
62	# 11.1 MMOORA
63	MMOORA_Mayo6 <- MMOORA(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb)
64	MMOORA_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
65	View(MMOORA_Mayo6)
66	write.csv2(MMOORA_Mayo6, "MMOORA_Mayo6.csv")
67	
68	# 11.2 TOPSISVector
69	TOPSISVector_Mayo6 <- TOPSISVector(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb)
70	TOPSISVector_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
71	View(TOPSISVector_Mayo6)
72	write.csv2(TOPSISVector_Mayo6, "TOPSISVector_Mayo6.csv")
73	
74	# 11.3 VIKOR
75	VIKOR_Mayo6 <- VIKOR(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb, 0.5)
76	View(VIKOR_Mayo6)
77	write.csv2(VIKOR_Mayo6, "VIKOR_Mayo6.csv")
78	
79	# 11.4 WASPAS
80	WASPAS_Mayo6 <- WASPAS(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb, 0.5)
81	WASPAS_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
82	View(WASPAS_Mayo6)
83	write.csv2(WASPAS_Mayo6, "WASPAS_Mayo6.csv")
84	
85	# 11.5 TOPSISLinear
86	TOPSISLinear_Mayo6 <- TOPSISLinear(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb)
87	TOPSISLinear_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
88	View(TOPSISLinear_Mayo6)
89	write.csv2(TOPSISLinear_Mayo6, "TOPSISLinear_Mayo6.csv")
90	
91	# 11.6 RIM
92	AB16 <- matrix(c(0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5,0,5),
93	nrow = 2, ncol = 16)
94	CD16 <- matrix(c(4,5,4,5,0,2,0,2,0,2,0,2,4,5,4,5,4,5,0,0,3,5,4,5,3,5,3,5,3,3,1,2), nrow = 2, ncol = 16)
95	
96	RIM_Mayo6 <- RIM(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, AB16, CD16)
97	RIM_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
98	View(RIM_Mayo6)
99	write.csv2(RIM_Mayo6, "RIM_Mayo6.csv")
100	
101	# 11.7 METARANKING
102	
103	Metaranking_Mayo6 <- MetaRanking(matrizMayo6, pesosCriteriosMayo6, cb, 0.5, 0.5, AB16, CD16)
104	Metaranking_Mayo6\$Alternatives <- rownames(matrizMayo6)
105	View(Metaranking_Mayo6)
106	write.csv2(Metaranking_Mayo6, "Metaranking_Mayo6.csv")

E. Anexo. Evolución de la metodología MSG.

Se considera importante por la evolución que presenta en diferentes direcciones: procesos, actividades y lugar de partida de ejecución, es decir, desde el componente (denominado “abajo”) o desde el sistema (denominado “arriba”).

- MSG: Versión comercial de RCM. El RCM es un programa de mantenimiento conservativo.
- MSG-1, 1968: MSG-1. Programa específicamente desarrollado para el Boeing 747-100. El documento que relaciona este programa es el de “Maintenance Evaluation and Program Development”.
- MSG-2, 1970: La industria aeronáutica desarrolla e implementa un documento “Airline/Manufacturer Maintenance Program Planning” , cuya filosofía se dirige a:
 - Componentes móviles (parts-driven)
 - De abajo hacia arriba (botton-up)
 - Orientada a procesos (process-oriented)
- MSG-3, 1979: Por necesidad definida desde la experiencia y los eventos se actualiza el anterior. Como resultado se tiene el documento “Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development”.
 - Orientado a sistemas de navegación aérea.
 - De arriba (sistema) hacia abajo (componente).
 - Orientado a tareas (actividades)
- MSG-3/PBP&L. Trata de ponerse al día en las necesidades de mantenimiento.
 - Está orientado a realizar análisis zonales, de sistemas y estructurales.
 - Sistema de monitoreo y rastreo de la degradación de los sistemas (para mantener la seguridad y la confiabilidad).
 - Pretende corregir la confiabilidad según sea la causa raíz o las fuentes del problema por medio de las tareas (actividades) inherentes al programa.
 - Ajuste permanente de los intervalos de intervención.
 - Mejora continua de los procesos.
 - Entrenamiento

Mejora en los suministros

Visitas de mantenimiento (inspección).

Manejo y confiabilidad de datos.

BIBLIOGRAFIA

- Abreau, J., Ventura, P., Fernandes, S., & Zacarías, M. (2013). Business Processes Improvement on Maintenance Management: A Case Study. (S. Direct, Ed.) *Procedia Technology*, 320-330.
- AENOR-EN 60300-1. (2014). *Gestión de la Confiabilidad. Parte 1: Directrices para su gestión y aplicación. EN-60300-1*. Madrid: Cenelec.
- AENOR-UNE-EN 16646. (2015). *Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos*. Madrid: Aenor.
- AENOR-UNE-ISO 55000. (2015). *Norma Española UNE-ISO 55000. Gestión de Activos. Aspectos Generales, Principios y Terminología*. Madrid: AENOR.
- Ahmadi, A. (2010). *Aircraft Scheduled Maintenance Programme Development. Decision Support Methodologies and Tools*. Lulea: Printed by Universitetstryckeriet.
- Ahmadi, A., Gupta, S., Karim, R., & Kumar, U. (2010). Selection of Maintenance Strategy for Aircraft Systems Using Multi-Criteria Decision Making Methodologies. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 17(3), 223-243.
- Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5-24.
- Cabinet Office. (2011). *ITIL Service Design*. London: The Stationery Office.
- Cables, E., Lamata, M., & Verdegay, J. L. (2016). RIM-reference ideal method in multicriteria decision making. *Information Sciences*, 1-10.
- Campbell, J. D., Jardine, A. K., & McGlynn, J. (2010). *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*. (J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, Edits.)
- Canfora, G., & Cimitile, A. (2000). Software Maintenance. *IEEE*, 1-29.
- Coronel Cruz, J. R., & Tellez Vidal, J. (2007). Mejoramiento de un Programa de Confiabilidad para el Mantenimiento en Equipo AIRBUS A-320. Mexico D. F.
- Deac, V., Cârstea, G., Bâgu, C., & Pârvu, F. (2010). The Modern Approach to Industrial Maintenance Management. *Informatica Economică*, 14(2), 133-144.
- Department of Defense. United States of America. (2005). *DoD Guide for achieving Reliability, Availability, and Maintainability. "Systems Engineering for Mission Success"*.
- Ding, S.-H., & Kamaruddin, S. (2014). Maintenance Policy Pptimization -Literature Review and Directions-. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1263-1283. doi:10.1007/s00170-014-6341-2
- Domínguez G., G. (1998). *Indicadores de Gestión. Las tarjetas de resultado de eficiencia, eficacia y efectividad*. Biblioteca Jurídica Díké. Primera Edición.
- García Monsalve, G., González S, H., & Cortés M, E. (2009). Metodología de Mantenimiento con posible aplicación en el Sector Agroindustrial. *Revista CES / Medicina Veterinaria y Zootecnia / Volumen 4 / Número 2 / Julio – Diciembre de 2009 / ISSN 1900-9607*, 137-150.
- Görener, A., Dinçer, H., & Hacıoğlu, Ü. (2013). Application of Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) Method for Bank Branch Location Selection. *International Journal of Finance & Banking Studies*, 2147-4486.

- Green, R., & Helstrom, B. (2011). Information Technology Asset Management. En J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, *Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions* (págs. 1-473). Taylor and Francis Group.
- Green, R., & Helstrom, B. (2011). Information Technology Service Management Life Cycle. En J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, *Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*. (pág. 473). Boca Ratón (EEUU): Taylor and Francis Droup, CRC.
- IEEE Std. 610.12. (1990). Standard Glossary of Software Engineering Terminology". *Computer Society Press*.
- International Electrotechnica Commission -IEC-. (2015). *Electropedia*. Obtenido de Active Maintenance Time:
<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=192-07-02>
- ITIL -OGC-. (2007). *ITIL Versión 3. Service Strategy*.
- Karray. (2012).
- Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A., & Le Traon, Y. (2016). A state-of-the-art survey & testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. *Expert Systems With Applications*, 398-422.
- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K. M., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 516-571.
- McGlynn, J., & Knowlton, F. (2010). Asset Classes and The world of Life-Cycle Asset Management. En J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, *Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*.
- Milanovic, N. (2010). *Models, Methods and Tools for Availability Assessment of IT-Services and Business Processes*. Berlin.
- Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. Bogotá D.C.: Alfaomega Colombiana S.A.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. London: Harvard University Press.
- Office of Government Commerce -OGC-. (2007). *ITIL Version 3. Service Design*.
- Office of Government Commerce -OGC-. (2007). *ITIL Version 3. Service Operation*.
- Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. (2008). Maintenance: An Evolutionary Perspective. En K. A. Kobbacy, & M. Prabhakar, *Complex Systems Maintenance Handbook*. Londres: Springer.
- Port, T., Ashun, J., & Callaghan, T. J. (2011). A Framework for Asset Management. En J. D. Campbell, Jardine, A. K. S, & J. McGlynn, *Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*. (págs. 23-49).
- Port, T., Ashun, J., & Callaghan, T. J. (2011). A Framework for Asset Management. En J. D. Campbell, A. K. Jardine, & J. McGlynn, *Asset Management Excellence. Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions* (págs. 23-49).
- Qi, L. (2011). Operation Maintenance and Management Model on Informationization System of Small and Medium Enterprises. (IEEE, Ed.) *Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), 2nd International Conference.*, 6700-6703.
- Quint Wellington Redwood. (2012). *ITIL Operation Support and Analysis (OSA). Student Workbook*. Amsterdam: Quint Wellington Redwood.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill. International.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Journal Services Sciences*, 83-98.

- Sherwin, D. (2000). A review of overall models for maintenance management. (M. U. Press, Ed.) *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(3), 138-164.
- Train in Main Project. (2009). *Handbook. Training Material in Maintenance Management*.
- V. S., G. (2011). Application of MOORA method for parametric optimization of milling process. *International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul*, 1-16.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento y sus Principales Herraemientas de Apoyo. *Ingeniare*, 125-138.
- Wireman, T. (2004). Benchmarking Best Practices in Maintenance Management. *Industrial Press*. Recuperado el 1 de Junio de 2014, de www.genesisissolutions.com
- Zavadaskas, E. K., Turkis, Z., & Antucheviciene, J. (2012). Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. *Elektronika iR Elektrotechnika*, 1-4.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Saparauskas, J., & Turskis, Z. (2013). MCDM methods WASPAS and MULTIMOORA: Verification of robustness of methods when assessing alternative solutions. *Economic computation and economic cybernetics studies and research*, 1-17.