

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD ANÁLISIS
DE CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS CLÍNICO Y DE INMUNOLOGÍA Y
BIOLOGÍA MOLECULAR DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

JHON JAIRO QUIÑONES CORTÉS



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD ANÁLISIS
DE CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS CLÍNICO Y DE INMUNOLOGÍA Y
BIOLOGÍA MOLECULAR DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

JHON JAIRO QUIÑONES CORTÉS

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

DIRECTOR

JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ

Ingeniero Mecánico, Msc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

A Dios, por su grata compañía en todos las etapas de este proyecto y porque bajo ninguna circunstancia permitió que bajara los brazos llenándome de bendiciones y sabiduría para alcanzar este logro

A mi madre Elda Cortes, quien con su apoyo incondicional, fe, constante compañía y amor hacia sus hijos, hizo que estelogro fuera posible...

A mi padre Alberto Quiñones, un hombre que ha luchado por brindarme lo mejor y que siempre ha creído en mis capacidades

A mi hermano Carlos por creer en mí

A todos mis tíos y tías los cuales siempre estuvieron ahí con sus palabras de aliento y confianza, y en especial a mi tío Eduardo que desde el principio de este objetivo me dio todo su apoyo para que esto pudiera ser posible

A mi amiga y compañera Paola Rodríguez Chía quien fue la que me acompañó en la primera etapa de este logro y que sin ella la idea de este proyecto no se hubiese podido concretar

A todos mis amigos y amigas que conocí en la casa de Merchi por que junto a ellos pase momentos agradables y se forjaron muy buenas amistades!

A Cesarin, Lucho, Camilin, Ronald, y todos los que se me pasen en este momento con quienes compartí largas jornadas de estudio, sobrellevé derrotas y celebré triunfos No sé si esto me hubiese sido posible sin el apoyo y la compañía de ustedes.

Jhon Jairo Quiñones Cortés

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme alcanzar este logro.

Al ingeniero mecánico **Jabid Quiroga Méndez** quien fue mi director de proyecto, por sus enseñanzas y significativos aportes durante la elaboración de este trabajo.

También un agradecimiento especial a la Ingeniera **Mayra Silva** de la división de mantenimiento tecnológico por su colaboración, como también a las doctoras **Carmen Cecilia Cabrales y Gina Paola Barajas**, por su ayuda en la gestión de las visitas realizadas a los laboratorios y su colaboración con las encuestas realizadas a sus respectivos laboratorios.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.1. Identificación del problema.....	20
1.2. Presentación del problema.....	21
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo General.	22
1.3.2. Objetivos Específicos.....	22
1.4. Justificación de la solución.....	23
2. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	26
2.1. División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander (DMT).....	26
2.1.1. Reseña histórica	26
2.1.2. Misión.....	28
2.1.3. Visión.	29
2.1.4. Objetivos	29
2.1.5. Funciones.....	30
2.1.6. Portafolio de servicios	31
2.1.7. Estructura organizacional.....	33
2.1.8. Recursos	33
2.1.9. Diagnóstico del área de mantenimiento.	34
3. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS	37
3.1. Laboratorio clínico.....	37

3.1.1.	Antecedentes.....	37
3.1.2.	Misión.....	38
3.1.3.	Visión.....	38
3.1.4.	Organigrama.....	38
3.1.5.	Servicios ofrecidos.....	39
3.1.6.	Infraestructura.....	40
3.2.	Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular.....	40
3.2.1.	Misión.....	41
3.2.2.	Visión.....	41
3.2.3.	Organigrama.....	42
3.2.4.	Servicios ofrecidos.....	42
3.2.5.	Infraestructura.....	43
4.	CONCEPTOS TEORICOS.....	44
4.1.	Mantenimiento.....	44
4.1.1.	Objetivos del mantenimiento.....	45
4.1.2.	Tipos de mantenimiento.....	47
4.1.3.	Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.....	53
4.2.	Indicadores de confiabilidad.....	57
4.2.1.	Confiabilidad.....	57
4.2.2.	Disponibilidad.....	57
4.2.3.	Mantenibilidad.....	57
4.3.	Modelos de confiabilidad.....	58
4.3.1.	Conceptos fundamentales de confiabilidad.....	59
4.3.2.	Probabilidades más usadas en estudios de confiabilidad.....	63
5.	ESTUDIO DE CRITICIDAD.....	71
5.1.	Estudio de criticidad en el laboratorio de inmunología y biología molecular.....	77
5.2.	Estudio de criticidad en el laboratorio clínico.....	83

6.	ESTUDIO DE CONFIABILIDAD	90
6.1.1.	Datos históricos laboratorio clínico.....	92
6.1.2.	Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular.....	93
6.2.	Cálculo de los parámetros con la distribución de Weibull	94
6.2.1.	Cálculo de los parámetros de confiabilidad.....	95
6.2.2.	Cálculo de los parámetros de mantenibilidad.....	107
6.3.	Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio clínico.....	112
6.4.	Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular.	113
6.5.	Análisis de la información de los parámetros calculados.	114
7.	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	116
7.1.	Descripción del método.....	116
7.1.1.	Determinar y definir el sistema.....	117
7.1.2.	Identificar y definir las funciones del sistema..	117
7.1.3.	Modos de falla.....	118
7.1.4.	Efectos de falla.....	118
7.1.5.	Causas del modo de falla.....	119
7.1.6.	Registro de la información.....	120
7.2.	Análisis de modos y efectos de falla para equipos del laboratorio clínico.	121
7.2.1.	Centrifuga refrigerada No.3.....	122
7.2.2.	Analizador de química semiautomatizado.....	125
7.2.3.	UPS.....	129
7.2.4.	Autoclave No.1.....	130
7.3.	Análisis de modos y efectos de falla para equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular	133
7.3.1.	Microscopio de fluorescencia.....	133
7.3.2.	Microscopio invertido.....	135

7.4.	Recolección de la información y registro del AMEF	136
8.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	137
8.1.	Ficha técnica de equipos.....	137
8.2.	Ficha de mantenimiento autónomo	138
8.3.	Cronograma anual de actividades de mantenimiento preventivo	138
9.	CONCLUSIONES.....	140
10.	RECOMENDACIONES	142
	BIBLIOGRAFÍA.....	142
	ANEXOS.....	146

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Talleres División de Mantenimiento Tecnológico.....	26
Figura 2. Ubicación de la DTM.....	28
Figura 3. Estructura organizacional de la DTM.....	33
Figura 4. Instalaciones de la DTM.....	34
Figura 5. Organigrama laboratorio clínico.....	39
Figura 6. Distribución de planta laboratorio clínico.....	40
Figura 7. Organigrama laboratorio de inmunología y biología molecular.....	42
Figura 8. Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento.....	45
Figura 9. Tiempo para fallar y tiempo para reparar.....	58
Figura 10. Relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla.....	61
Figura 11. Curva de la bañera.....	61
Figura 12. Distribución exponencial estándar.....	64
Figura 13. Grafica de la función confiabilidad de la ley normal de falla.....	67
Figura 14. Tipos de pdf para diferentes valores del parámetro de forma.....	69
Figura 15. Tabla de factores ponderados.....	72
Figura 16. Modelo de matriz de criticidad.....	74
Figura 17. Formato de encuesta análisis de criticidad.....	76
Figura 18. Módulo de cumplimiento software SIMAT.....	91
Figura 19. Entorno MATLAB R2008a.....	95
Figura 20. Papel de Weibull.....	98
Figura 21. Tabla de fiabilidad.....	99
Figura 22. Tabla de Kolmogorov-Smirnov sobre bondad de ajuste.....	101

Figura 23. Curvas de Weibull para análisis de confiabilidad de la centrifuga refrigerada No.1	107
Figura 24. Curvas de Weibull para mantenibilidad de la centrifuga refrigerada No.1	111
Figura 25. Hoja de trabajo AMEF.....	121
Figura 26. Centrifuga refrigerada No.3	122
Figura 27. Diagrama de flujo centrifuga refrigerada No.3	123
Figura 28. Analizador de química semiautomatizado.	126
Figura 29. Subsistemas Analizador de química semiautomatizado.....	127
Figura 30. UPS	129
Figura 31. Autoclave No.1	131
Figura 32. Partes autoclave No.1.....	132
Figura 33. Microscopio de fluorescencia.....	134
Figura 34. Subsistemas microscopio de fluorescencia	134
Figura 35. Microscopio invertido	135
Figura 36. Subsistemas microscopio invertido.....	136
Figura 37. Ficha de mantenimiento autónomo.....	139
Figura 38. Analizador de química semiautomatizado - Confiabilidad.....	149
Figura 39. Analizador de química semiautomatizado - Mantenibilidad	149
Figura 40. UPS powercom ultimate series II - Confiabilidad	150
Figura 41. UPS powercom ultimate series II - Mantenibilidad.....	150
Figura 42. Microcentrifuga No.7 - Confiabilidad	151
Figura 43. Microcentrifuga No.7 - Mantenibilidad.....	151
Figura 44. Centrifuga No.3 - Confiabilidad.....	152
Figura 45. Centrifuga No.3 - Mantenibilidad	152
Figura 46. Agitador vortex No.1 - Confiabilidad	153
Figura 47. Agitador vortex No.1 - Mantenibilidad	153
Figura 48. Horno Memmerth No.1 - Confiabilidad.....	154
Figura 49. Horno Memmerth No.1 - Mantenibilidad	154
Figura 50. Autoclave No.1 - Confiabilidad.....	155

Figura 51. Autoclave No.1 - Mantenibilidad	155
Figura 52. Nevera No.2 - Confiabilidad.....	156
Figura 53. Nevera No.2 - Mantenibilidad	156
Figura 54. Microscopio de fluorescencia - Confiabilidad.....	157
Figura 55. Microscopio de fluorescencia - Mantenibilidad	157
Figura 56. Microscopio invertido - Confiabilidad	158
Figura 57. Microscopio invertido - Mantenibilidad.....	158
Figura 58. Pipeta automática extracción de DNA 200 – 1000 - Confiabilidad....	159
Figura 59. Pipeta automática extracción de DNA 200 – 1000 - Mantenibilidad .	159
Figura 60. Congelador (taq)- Confiabilidad	160
Figura 61. Congelador (taq)- Mantenibilidad.....	160
Figura 62. Centrifuga refrigerada - Confiabilidad	161
Figura 63. Centrifuga refrigerada - Mantenibilidad.....	161
Figura 64. Centrifuga de piso - Confiabilidad.....	162
Figura 65. Centrifuga de piso - Mantenibilidad	162

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Listado de equipos laboratorio de inmunología y biología molecular	77
Tabla 2. Cálculo de criticidad laboratorio de inmunología y biología molecular	79
Tabla 3. Clasificación de los equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular	83
Tabla 4. Listado de equipos laboratorio clínico	84
Tabla 5. Calculo de criticidad laboratorio clínico	86
Tabla 6. Clasificación de los equipos del laboratorio clínico	89
Tabla 7. Datos históricos Analizador de química semiautomatizado	92
Tabla 8. Datos históricos centrifuga No.1 refrigerada	92
Tabla 9. Datos históricos UPS POWERCOM ULTIMATE SERIES II.....	93
Tabla 10. Datos históricos Microscopio de fluorescencia	93
Tabla 11. Datos históricos Microscopio invertido	94
Tabla 12. Resultados parámetros de vida	112
Tabla 13. Resultados disponibilidad inherente	113
Tabla 14. Resultados parámetros de vida	114
Tabla 15. Resultados disponibilidad inherente	114
Tabla 16. Ficha técnica centrifuga refrigerada No.3	125
Tabla 17. Ficha técnica analizador de química	128
Tabla 18. Ficha técnica UPS.....	130
Tabla 19. Ficha técnica Autoclave No.1	133
Tabla 20. Datos históricos laboratorio clínico Microcentrifuga No.7.....	146
Tabla 21. Datos históricos laboratorio clínico Centrifuga No.3	146
Tabla 22. Datos históricos laboratorio clínico Agitador vortex No.1	146
Tabla 23. Datos históricos laboratorio clínico Horno No.1 Memmerth	146
Tabla 24. Datos históricos laboratorio clínico Baño serológico No.1	147

Tabla 25. Datos históricos laboratorio clínico Autoclave No.2	147
Tabla 26. Datos históricos laboratorio clínico Autoclave No.1	147
Tabla 27. Datos históricos laboratorio clínico Nevera No.2	147
Tabla 28. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Pipeta automática extracción de DNA 200 - 1000	147
Tabla 29. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Congelador (Taq).....	148
Tabla 30. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Centrifuga refrigerada	148
Tabla 31. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Centrifuga de piso.....	148
Tabla 32. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla) ...	163
Tabla 33. Fichas Microcentrifuga No 7	186
Tabla 34. Fichas Baño serológico No.17	187
Tabla 35. Fichas Baño centrífuga refrigerada	188
Tabla 36. Fichas Centrífuga de piso	189
Tabla 37. Fichas Congelador de almacenamiento de sueros históricos	190
Tabla 38. Fichas Pipeta automática extracción de DNA 200-1000	191
Tabla 39. Fichas Termociclador multigene	192
Tabla 40. Fichas mantenimiento Centrífuga N1 refrigerada y UPS	193
Tabla 41. Fichas mantenimiento Analizador de química semiatomizada.....	195
Tabla 42. Fichas mantenimiento Autoclave No 1 y Baño serológico No.1	196
Tabla 43. Fichas mantenimiento Microscopio de fluorescencia	198
Tabla 44. Fichas mantenimiento Congelador de sueros históricos.....	199
Tabla 45. Fichas mantenimiento Pipeta automática extracción de DNA 200- 1000.....	200
Tabla 46. Fichas mantenimiento Termociclador Multigene	201
Tabla 47. Plan anual de mantenimiento preventivo – Laboratorio clínico	202
Tabla 48. Plan anual de mantenimiento preventivo – Laboratorio de inmunología y biología molecular.....	207

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Datos históricos de los equipos medianamente críticos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular.	146
Anexo B. Gráficas de confiabilidad y mantenibilidad para los equipos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular	149
Anexo C. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla)	163
Anexo D. Fichas técnicas de equipos	186
Anexo E. Fichas de mantenimiento autónomo para equipos críticos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular	193
Anexo F. Plan anual de mantenimiento preventivo	202

RESUMEN

TÍTULO:

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LOS LABORATORIOS CLÍNICO Y DE INMUNOLOGÍA Y BIOLOGÍA MOLECULAR DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*.

AUTOR:

Jhon Jairo Quiñones Cortés**

PALABRAS CLAVES:

Análisis de Criticidad, Distribución Weibull, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, mantenimiento preventivo, Plan de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado realizado en los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular de la Universidad Industrial de Santander tiene como objetivo identificar cuáles son los equipos críticos de estos, y mejorar las prácticas de mantenimiento actuales llevadas a cabo por la división de mantenimiento tecnológico lo que le permitirá estar al tanto de las nuevas tendencias del mantenimiento apoyándose en herramientas de confiabilidad, estas herramientas son importantes para la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos no solo en los laboratorios anteriormente nombrados si no en todos los departamentos de la universidad industrial de Santander donde actúa la división de mantenimiento tecnológico.

El desarrollo de este proyecto consta en su primera parte de una identificación y descripción de los laboratorios. Posteriormente se hace un reconocimiento, diagnóstico, inventario de los equipos pertenecientes a cada uno de los laboratorios y la realización de entrevistas a cada uno de los encargados del laboratorio, operadores y personal de mantenimiento, esto con el fin de realizar el análisis de criticidad. Lo siguiente consiste en recopilar los datos de tiempos entre fallas y tiempos de reparación de los equipos críticos, entregados por la división de mantenimiento tecnológico con estos se calculan los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a través del método i-kaésimo, la distribución Weibull y el tipo de disponibilidad deseada. Los indicadores calculados permiten describir cómo se comporta cada equipo crítico teniendo en cuenta su ubicación en la curva de Davies. Más adelante se realizó un análisis de modo y efectos de falla que es otra de las herramientas de confiabilidad que junto con las herramientas anteriormente mencionadas permiten mejorar las estrategias de mantenimiento.

Finalmente, el proyecto presenta la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, a cada uno de los equipos críticos que se determinaron en el análisis de criticidad, que se basó en los resultados del estudio de confiabilidad y el análisis de modos y efectos de fallas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ

SUMMARY

TITLE:

IMPLEMENTATION OF THE METHODOLOGY FOR REALIBILITY CRITICALITY ANALYSIS IN THECLINICAL ANDIMMUNOLOGYANDMOLECULARBIOLOGY LABORATORIES AT THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER*

AUTHOR:

Jhon Jairo Quiñones Cortés**

KEYWORDS:Criticality Analysis, WeibullDistribution,Reliability, Maintainability, AvailabilityPreventive Maintenance, Maintenance Program.

DESCRIPTION:

The following work done in the laboratories clinical and immunology and molecular biology from the Industrial University of Santander aims to identify the critical equipment from these and improve current maintenance practices carried out by the maintenance division technology what will keep abreast of new trends in the maintenance building on reliability tools, these tools are important for the understanding of the phenomena of equipment failure not only in laboratories listed above if not also in all departments of the Industrial University of Santanderwhere it acts technological maintenance division.

The development of this project consists in the first part of an identification and description of the laboratories. Later a recognition, diagnosis, inventory of equipment belonging to each of the laboratories and interviewing each of the laboratory managers, operators and maintenance personnel, this in order to realize the criticality analysis. The next thing is to collect data on time between failures and repair times for critical equipment, delivered by the technological maintenance division are calculated with these indicators of reliability, maintainability and availability through i-kaésimo method, the Weibull distribution Availability and type desired. The calculated indicators help describe how each team performs critical given its location on the Daviesbathcurve. Further analysis was conducted and failure effects mode is another tool of reliability with the above tools can improve maintenance strategies.

Finally, the project presents a proposal for a preventive maintenance plan, each critical equipment identified in the criticality analysis, which was based on the results of the reliability study and analysis of failure modes and effects.

*Degree Work.

**Faculty of Physics Mechanical Engeerings.School of Mechanical Engineering.Director: JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de que los procesos actuales estén inmersos dentro del concepto de la alta calidad, hace más importante que existan buenas políticas de mantenimiento dentro de las entidades que prestan servicios, por esta razón es necesario implementar herramientas y estudios que permitan optimizar los procesos siempre pensando en la satisfacción del usuario y los objetivos misionales de la empresa.

La división de mantenimiento tecnológico debe hacer parte de estas nuevas políticas de mantenimiento y apoyarse en la confiabilidad que es una metodología de análisis que se soporta en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas no solo en el presente si no a futuro basado en la estudio de las fallas de los equipos. Son múltiples las herramientas con las que cuenta la confiabilidad con el fin de proponer planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades de mantenimiento.

El presente trabajo busca mediante la implementación de un análisis de criticidad, un análisis de modos y efectos de falla, y la comprensión de los fenómenos de falla de los equipos con modelos probabilísticos, controlar y mejorar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos que pertenecen a los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular de la facultad de salud de la universidad industrial de Santander permitiendo a la división de mantenimiento tecnológico una adecuada planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento en dichos laboratorios, ya que estos prestan un servicio a la comunidad y en los que detener el servicio es grave porque no solo afecta los procesos internos sino que también afecta la salud de miembros externos a estos.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO es una dependencia de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, adscrita a la Vicerrectoría Administrativa, fue creada en el año de 1972, con el propósito de dotar a la Institución de una Dependencia encargada de gestionar la reconstrucción, reparación y conservación adecuada de los equipos y maquinaria de los laboratorios y demás dependencias de servicio y apoyo de la Universidad ; igualmente recibir, instalar y controlar el uso de los equipos y conceptuar técnicamente sobre nuevas adquisiciones.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS se enfrenta a la realidad del manejo de activos de alto valor, donde cada fracaso es perturbador y costoso, no solo por las implicaciones económicas sino también porque los laboratorios a su cargo prestan un servicio que de ser suspendido afecta directamente a la comunidad que se beneficia de los mismos. Por esta razón la necesidad de tener herramientas que permitan ayudar en la realización un estudio que soporte de la mejor manera la toma de decisiones referentes al mantenimiento de los LABORATORIOS CLÍNICO Y DE INMUNOLOGÍA Y BIOLOGÍA MOLECULAR DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UIS.

La División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS es cada vez más consciente de la necesidad de desarrollar de manera efectiva las mejores prácticas de la industria existentes en el área mantenimiento, desmantelamiento y sustitución equipos e instalaciones que tiene a su cargo.

Por lo anterior, es de interés para la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS el realizar análisis existentes en las áreas de mantenimiento y confiabilidad que le permitan fortalecer su proceso de toma de decisiones e iniciar planes de mantenimiento de los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la facultad de salud de la UIS para los equipos más críticos de dichos laboratorios. Meta que se propone la presente tesis.

1.2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

La División de Mantenimiento Tecnológico requiere métodos formales para asegurar y soportar la toma de decisiones respecto de sus inversiones y sus programas de operación y mantenimiento.

A través de los últimos años se ha venido almacenando información de las reparaciones realizadas a los equipos de los laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular, sin un análisis detallado de la misma y de cuanto están costando dichas reparaciones no solo por los materiales utilizados, sino también el costo que implica el tener estos equipos sin funcionar, cuando las reparaciones requieren tiempos largos.

Por otra parte en este momento no se tiene un plan de mantenimiento preventivo, y se debe iniciar uno para los equipos más críticos, es decir los que más afectan el correcto funcionamiento de los laboratorios mencionados.

Por ello existe la necesidad analizar esta información de manera detallada y obtener conclusiones que contribuyan en los propósitos de la División de Mantenimiento Tecnológico entre los que están:

- Mantener el mejoramiento continuo en la calidad y confiabilidad de servicios.
- Mantener un control sobre las actividades propias de la gestión de mantenimiento y obtener resultados orientados hacia una gestión óptima

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General. Contribuir con el fortalecimiento de la relación entre la escuela de ingeniería mecánica y la división de mantenimiento tecnológico de la UIS en pro de la formación de profesionales de alta calidad.

1.3.2. Objetivos Específicos. Para el cumplimiento del Objetivo general del proyecto se requiere lo siguiente:

- Realizar una matriz de criticidad para cada laboratorio que permita jerarquizar por su importancia los equipos sobre los cuales vale la pena dirigir recursos humanos, económicos y tecnológicos.
- Realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los equipos críticos con los que cuentan el laboratorio clínico y el de inmunología y biología molecular de la facultad de salud de la universidad industrial de Santander.
- Con base a la estadística de fallas identificar de forma gráfica en qué fase del ciclo de vida (juventud, madurez y envejecimiento) se encuentran los equipos analizados, por medio de las distribuciones exponencial, normal y Weibull.

- Basado en los resultados de las anteriores herramientas proponer un programa de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos críticos que se determinen en el análisis de criticidad.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Este trabajo de grado desea contribuir con la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS en su búsqueda de herramientas que contribuyan en la utilización de las mejores prácticas para incrementar el desempeño de sus procesos.

La realización de un análisis de criticidad en los activos que conforman los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la Facultad de Salud de la UIS permitirá la planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento por parte de la División de Mantenimiento Tecnológico de los mismos, facilitando la asignación de recursos como: fuerza laboral, materiales, repuestos y prioridad en la programación de las actividades de mantenimiento.

El proceso de análisis de criticidad es llevado a cabo a través de una serie de preguntas que representan los distintos intereses alrededor de los activos, para poder entender los objetivos de un análisis de criticidad es importante tener clara la diferencia entre Importancia y Criticidad.

- a) Importancia, denota solo la definición del término. Aquellos equipos cuyas fallas se dicen que afectan severamente o frecuentemente el estado deseado del sistema se dicen que son los más importantes.
- b) La criticidad por otro lado combina la importancia con la frecuencia de fallas de los equipos. Este desarrolla un escenario en donde un equipo o

maquinaria puede que tenga un bajo grado de “importancia” pero debido a una elevada frecuencia de fallas podría contar con un alto grado de criticidad.

Los estudios de criticidad no son solo un ejercicio académico, es parte fundamental para la gerencia de los activos. El Análisis de Criticidad direcciona la locación de recursos de la mejor manera posible en nuestro caso en pro de la capacidad de ejecución de los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la Facultad de Salud de la UIS.

Ejemplos donde un análisis de criticidad puede ser utilizado incluye: desarrollo de planes de mantenimiento, programación de actividades de mantenimiento, equipos seleccionados para ser incluidos dentro de programa de mantenimiento preventivo y/o predictivo, por esta razón fue la metodología seleccionada a implementar en esta tesis.

Un análisis de criticidad comienza con la discusión de cuales equipos serán incluidos en el estudio, en la presente tesis se analizaran los equipos con los que cuenta actualmente los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la Facultad de Salud de la UIS, dichos estudios puede efectuarse a tres niveles: sistemas, equipos, y modos de falla. En esta tesis se realizara por equipos.

Un análisis de criticidad a este nivel ayuda a mejorar la claridad del panorama y reduce las tensiones que pudieran producirse por medio del consenso que conlleva este estudio. Durante el análisis los equipos se evaluaran de acuerdo a su mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad.

Para conseguir un verdadero entendimiento de la manera como fallan los equipos con los que cuentan los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología

Molecular de la Facultad de Salud de la UIS es necesario determinar sus parámetros de falla mediante el análisis de tiempos de vida de componentes soportado por el análisis Weibull.

2. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.1. División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander (DMT)

Figura 1. Talleres División de Mantenimiento Tecnológico



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

División adscrita a la Vicerrectoría Administrativa encargada de gestionar la reconstrucción, reparación y conservación adecuada de los equipos y maquinaria de las unidades académico administrativas, laboratorios y demás dependencias de la Universidad. Igualmente es la encargada de recibir, instalar y controlar el uso de los equipos y conceptuar técnicamente sobre nuevas adquisiciones.¹

2.1.1. Reseña histórica. La División de Mantenimiento Tecnológico comienza sus labores en Septiembre de 1972 como Sección de Materiales y Equipos adscrita al Departamento de Servicios Generales aprobado por acuerdo No 161 del Consejo Directivo de la Universidad; con el fin de reparar y reconstruir los equipos y maquinaria de las dependencias de la Universidad. Entre los años de

¹ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

1973 y 1974 mediante un programa del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES, ingresa una gran cantidad de equipos a la Universidad procedentes de la República Democrática de Alemania, coordinado la Sección de Materiales y Equipos, pero se presenta la necesidad de ampliar el campo de sus funciones y servicios y con la llegada del Plan de Desarrollo UIS-BID se hace tales requerimientos aún más complejas por lo que se debe reestructurar la Sección, además se comienza a conceptuar técnicamente la adquisición de nuevos equipos; y posteriormente cambia su nombre por el de Centro de Laboratorios y Equipos dependiendo de la División de Servicios Universitarios en el año de 1975.

En 1980 para dar cumplimiento a la Ley 80 de 1980, sobre reestructuración de Universidades y por acuerdo No. 53 de 1982 emanada del Consejo Superior, cambia de nombre nuevamente por el de Sección de Mantenimiento y Montaje de Equipos con las mismas funciones adscrita a la División de Servicios Universitarios.

En 1990, dentro del marco de modificación de la estructura académica y administrativa de la Universidad y por acuerdo No. 46 de 1990 del Consejo Superior, la Sección de Mantenimiento y Montajes de Equipos quedó como dependencia de la División de Servicios Generales realizando las mismas actividades técnicas y administrativas.

Después y por resolución 794 de la Rectoría de la Universidad y el acuerdo No. 0517 de 1994 del Consejo Superior, la Sección cambia de nuevo el nombre quedando como División de Mantenimiento Tecnológico, dependiendo de la Vicerrectoría Administrativa con nuevas funciones en cuanto a la responsabilidad sobre la Planta telefónica digital y su nuevo personal de soporte hasta el momento.

Actualmente la División de Mantenimiento Tecnológico cumple con las funciones de mantenimiento y conservación de la mayoría de equipos y máquinas de los laboratorios y la asesoría técnica de compra de equipos. Actualmente se encuentra ubicada:

Edificio de Ingeniería Mecánica Of. 101

Teléfono directo: 6346139

Extensiones: 2440-2444-2410-2835

Fax: 6344000 - 6346139 Ext. 2418

E-mail: divmnt@uis.edu.co

Figura 2. Ubicación de la DTM



Fuente: Información General Universidad Industrial de Santander.

2.1.2. Misión. La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander tiene como propósito servir de apoyo a las Unidades Académicas y Administrativas de la Universidad en los procesos de adquisición de equipos, su instalación, operación y mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de garantizar la continuidad en la prestación de los servicios, con la mayor calidad y eficiencia a toda la comunidad, y el cumplimiento de sus objetivos.

Para el logro de su Misión, la División de Mantenimiento Tecnológico pone a disposición de la comunidad universitaria todos sus recursos disponibles,

humanos, técnicos y equipos, para que en concordancia con las políticas institucionales, y contando con el concurso de todas las dependencias, pueda desarrollar todos sus programas.

En la búsqueda permanente de la excelencia en la prestación de los servicios y por una apertura constante hacia la plena utilización de los recursos con que cuenta la Universidad, dispone para estudiantes, profesores y empleados, la información técnica relacionada con equipos y proveedores de servicios, manteniéndola cada día debidamente catalogada y clasificada.²

2.1.3. Visión. Nuestra Visión es ser una Unidad Administrativa participativa y líder en la calidad y excelencia en la gestión de servicios técnicos, con “Talento Humano con Espíritu de Servicio”, comprometido a alcanzar una posición de vanguardia en el logro de los objetivos institucionales. Pero, más que una visión de futuro, queremos convertir nuestro sueño en realidad: La imagen de la División de Mantenimiento Tecnológico, va a resurgir con el concurso de gente con un amplio sentido de pertenencia y con una explicación clara a nuestros clientes de que nuestros propósitos se identifican plenamente con los suyos.³

2.1.4. Objetivos

- Asegurar la disponibilidad y óptimo funcionamiento de los equipos pertenecientes a las UNIDADES ACADÉMICO ADMINISTRATIVAS por medio del mantenimiento correctivo y preventivo de los mismos.

² UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp]

³ Ibíd. En: [https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp]

- Apoyar a la universidad en el aseguramiento de la validez de los resultados de los equipos de seguimiento y medición, mediante la prestación de servicios propios o por medio de laboratorios externos de calibración.
- Apoyar el proceso de adquisición de equipos, mediante la emisión de conceptos técnicos de compra y el acompañamiento en la instalación.
- Mantener en condiciones óptimas de funcionamiento la Central Telefónica de la institución.
- Asesorar e intervenir en obras y proyectos que involucren equipos de soporte y apoyo a la docencia y administración de la universidad.

2.1.5. Funciones

- Mantener el mejoramiento continuo en la calidad y confiabilidad de los servicios.
- Gestionar con calidad los procesos y procedimientos técnicos y administrativos.
- Desarrollar y fortalecer competencias específicas en la gestión del talento humano del personal de la división.
- Velar por el cumplimiento de las normas de salud ocupacional, seguridad industrial y manejo ambiental.
- Facilitar el cumplimiento de los objetivos de la División de Mantenimiento.
- Mantener un control sobre las actividades propias del mantenimiento.
- Promover una participación de todo el personal de la División de Mantenimiento en la planeación, la organización y el control de la gestión del mantenimiento.⁴

⁴Ibíd. En: [\[https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/funciones.html\]](https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/funciones.html)

2.1.6. Portafolio de servicios

- **Electrónica**

Mantenimiento preventivo y correctivo de instrumental electrónico, equipo de cómputo, instrumental analítico, equipo audiovisual, equipo electromédico, e instrumentos para control de procesos.

- **Electricidad**

Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas centrales de aire acondicionado mini-split, aires acondicionados de ventana, extractores de aire, equipos de calefacción, equipos de refrigeración, motores y ventiladores, centrífugas y ultra-centrífugas, y equipo eléctrico en general.

- **Óptica y Mecánica Fina**

Mantenimiento Preventivo y Correctivo de microscopios de Investigación, microscopios de docencia, equipos de artes gráficas, equipos de proyección, balanzas analíticas, electrónicas y de plato y maquinado de piezas pequeñas.

- **Mecánica Industrial**

Mantenimiento preventivo y correctivo de compresores de aire. Calderas, equipos de cocina a gas, equipos de cocina a vapor, reconstrucción de mecanismos, maquinado de piezas para equipo electromecánico, autoclaves, elaboración de probetas para ensayos y equipo mecánico en general.

- **Telecomunicaciones**

Mantenimiento de la Central Telefónica Digital y subcentrales, mantenimiento de la red telefónica, Programación y asignación de extensiones internas, instalación de líneas directas y extensiones, servicio de correo de voz, programaciones especiales en extensiones internas y líneas externas.

- **Montaje e Instalación de Equipos**

Puestas a tierra, montaje de controles eléctricos y electrónicos, adecuación de servicios eléctricos y generales para montaje de equipos, diseño de controles eléctricos, préstamo de herramienta pesada, recibo y entrega de equipos en reparación, almacenaje de equipos para baja.

- **Metrología - Temperatura**

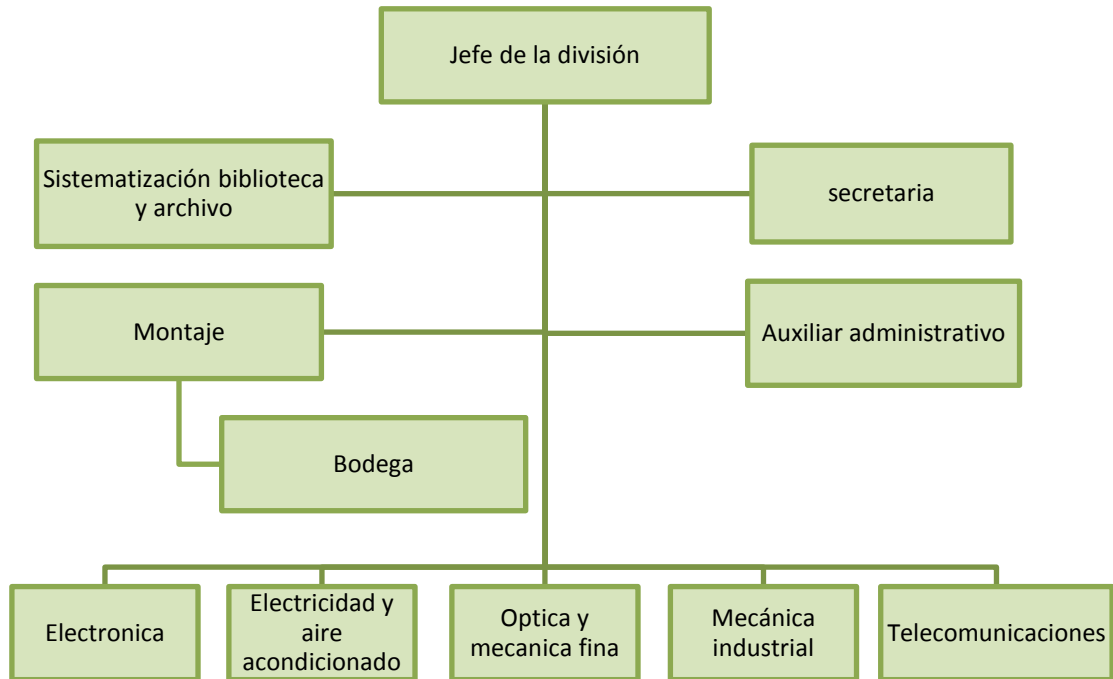
Servicio de verificación y calibración de equipos para medición de Temperatura, se cuenta con Medidores Digitales de Temperatura y Termocuplas con certificado de calibración y personal Técnico Certificado para la realización de actividades en la variable Temperatura.

- **Metrología – Medición de Peso y Balanzas**

Servicio de Verificación y Calibración de Balanzas y Medidores de Peso. Se cuenta con juego de Pesas Certificado categoría E2 y Personal Técnico con pasantía certificada en el área de Masas y Balanzas.

2.1.7. Estructura organizacional

Figura 3. Estructura organizacional de la DTM



Fuente: Autor del proyecto

2.1.8. Recursos

- **Talento Humano**

El personal de la División de Mantenimiento Tecnológico es el recurso más valioso que se tiene, se cuenta con profesionales altamente calificados en las áreas de Mecánica, Óptica, Electricidad, Electrónica, Refrigeración, Telecomunicaciones, y en el área de Metrología para atender los servicios de verificación, y calibración de equipos en los laboratorios Tecnológicos especializados, además se cuenta con el apoyo del personal Administrativo, quien acompaña y asiste el normal funcionamiento de la división. Todo el equipo siempre está dispuesto a ofrecer un

servicio con calidad, acorde a las necesidades de los usuarios y con la mejor disposición y trato a cada uno de ellos.

- **Instalaciones**

El área de Mantenimiento Tecnológico cuenta con instalaciones para el área técnica correspondiente a los talleres de cada una de las especialidades, atendidas y un área administrativa confortable para el personal y los visitantes de nuestra división.

Figura 4. Instalaciones de la DTM



Fuente: División de mantenimiento Tecnológico.

2.1.9. Diagnóstico del área de mantenimiento. Nuestra universidad, siempre se ha caracterizado por su incesante espíritu de progreso, y debido a esto sus instalaciones son y seguirán siendo un orgullo ante la sociedad educativa nacional.

Sin embargo para continuar con esta línea, tenemos que construir una cultura de conservación al interior nuestro centro educativo, eliminando esa costumbre de reemplazo que ha intentado infiltrarse en los últimos años, y precisamente para

ello surge la idea de diseñar planes de mantenimiento preventivo dirigido a cada una de las dependencias.

Y el primer paso es claro, planear un acompañamiento a las actividades desarrolladas por el personal de cada una de las unidades adscritas a la DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO.

No obstante, cabe señalar que este tipo de prácticas es casi nulo en cada una de las dependencias, debido a que no existen quienes lideren o por lo menos planteen políticas básicas de revisión en su interior.

Por lo tanto se espera que de aquí en adelante, surja ese interés, en quienes resulten involucrados en la reestructuración del mantenimiento tecnológico en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Para tener una idea global de la situación actual del mantenimiento y del diagnóstico de su gestión dentro de la DTM se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Posición y objetivos de la DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO. La División se encuentra comprometida con un sistema de mejora continua que le permite la optimización de sus procesos administrativos y productivos. Hoy son conscientes de la necesidad de estructurar de manera óptima los procesos de mantenimiento y desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para cada dependencia, que será la herramienta que garantizará el incremento del rendimiento y disponibilidad de sus equipos, haciendo que su actividad sea más productiva.
- Planeación de mantenimiento. No existe un plan de mantenimiento definido, la mayor parte de las acciones son correctivas. Algunas máquinas se

encuentran dentro de un plan de mantenimiento periódico, donde son ejecutadas las tareas de mantenimiento con visión reparadora de acuerdo el funcionamiento y no por condición del equipo.

- Apoyo informático. Se maneja SIMAT, Sistema de Información proporcionado por la Universidad, para llevar a cabo la programación del mantenimiento preventivo de los equipos de infraestructura de la Universidad Industrial de Santander, y la distribución de los mantenimientos correctivos para los equipos que cuentan con un número de inventario, pero en este sistema de información no es posible abarcar toda la información que se debe tener en cuenta en una gestión de mantenimiento, cabe mencionar como ejemplo las fichas técnicas y los catálogos de equipos.
- Documentación técnica. La información técnica tanto de los equipos como del mantenimiento se encuentra dispersa y muchas veces se carece de ella, Se evidencia la poca información técnica de los equipos así como también de los manuales de mantenimiento, historia e inventario de equipos y catálogos de fabricantes. Trayendo como consecuencia escasez de información para la resolución de problemas y poco control de las labores de mantenimiento.
- Servicios de mantenimiento por terceros. El mantenimiento especializado como la calibración de equipos de medición (termómetros), mantenimiento de aires acondicionados, espectrofotómetros, citómetros y otros es dejado a disposición de algunas empresas en la modalidad de outsourcing.
- Personal de mantenimiento. El área cuenta con personal de mantenimiento preparado técnicamente para el ejercicio de sus labores, en la especialidad definida, ya sea mecánica, eléctrica o electrónica, el Jefe de Mantenimiento es Ingeniero Mecánico. Cada una de estas personas siente una fuerte pertenencia y compromiso con la división.

3. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LABORATORIOS

Antes de iniciar cualquier tipo de estudio de mantenimiento es importante conocer generalidades de la empresa que nos ayuden a ubicarnos en qué sector de la economía se encuentra y que rol juega dentro de la sociedad para que así nuestros procesos de estudios sean más confiables y sustentables, para ello este capítulo se enfoca en describir y conocer detalles importantes de los laboratorios a los cuales les vamos a hacer el estudio de criticidad.

3.1. LABORATORIO CLÍNICO

3.1.1. Antecedentes. El Laboratorio clínico es una organización que hace parte de la escuela de Bacteriología, unidad académica-administrativa de la Universidad Industrial de Santander. La Escuela de Bacteriología, es una de las cinco escuelas que integran la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, en tal sentido el modelo administrativo y de autoridad se enmarca en el de la Institución.

El Laboratorio Clínico de la UIS adquiere un carácter Institucional y patrimonial, por ser una entidad integral de la Universidad Industrial de Santander, y en cuanto que posee autonomía presupuestal y financiera y con una prestación de servicios al público en general o a la institución que lo solicite, se puede considerar como un laboratorio independiente.

El Laboratorio Clínico de la UIS presta servicios de diagnóstico clínico de alta calidad científica y tecnológica, confiable y oportuna, ofrecidos por un grupo ético y

científico de personas comprometidas con el cumplimiento de un sistema de garantía de calidad⁵.

3.1.2. Misión. El Laboratorio Clínico de la Universidad Industrial de Santander tiene como misión la prestación de servicios de apoyo diagnóstico en las áreas de laboratorio clínico general y especializado. Contribuye con su misión al desarrollo social en el ámbito regional y nacional, mediante la comprensión e interacción con las problemáticas de salud de las comunidades en la perspectiva de bienestar y desarrollo humano. Para ello promueve la investigación básica, clínica y social de grupos o centros de investigación de la comunidad universitaria y de otras comunidades científicas y académicas (nacionales o internacionales) y participa como núcleo académico en la formación integral de profesionales de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Industrial de Santander.

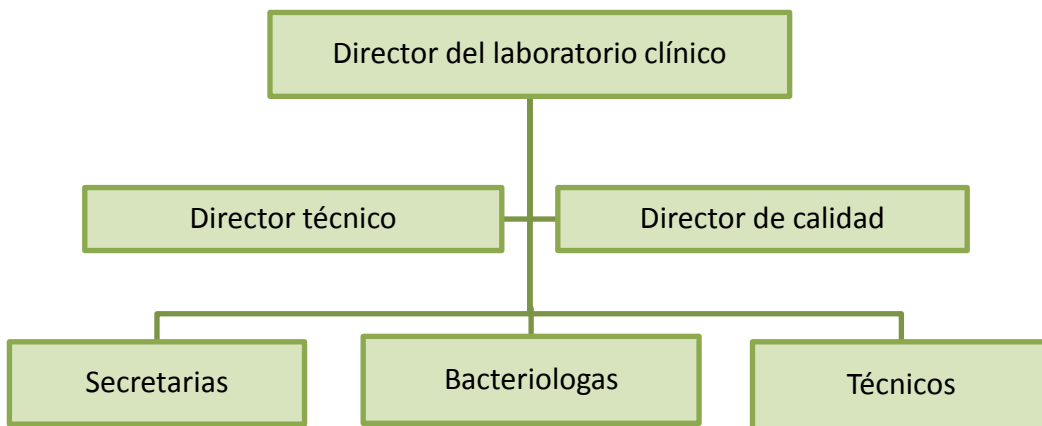
3.1.3. Visión. Para el año 2013, el Laboratorio Clínico de la Universidad Industrial de Santander se proyecta como centro líder de referencia en la región nororiental, apoyándose para ello en su competencia técnica, la validez de sus ensayos, la innovación tecnológica y científica de sus servicios y su eficiencia administrativa y financiera⁶.

3.1.4. Organigrama. En la figura 5 se observa la estructura organizacional del Laboratorio Clínico de la UIS.

⁵SARMIENTO, Mónica. Documentación e implementación del sistema de gestión de la calidad para el laboratorio clínico de la Universidad Industrial de Santander, basado en los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025. Tesis de grado Ingeniera Industrial. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Industrial, 2005. 194 p

⁶ Ibíd. Pág. 194.

Figura 5. Organigrama laboratorio clínico



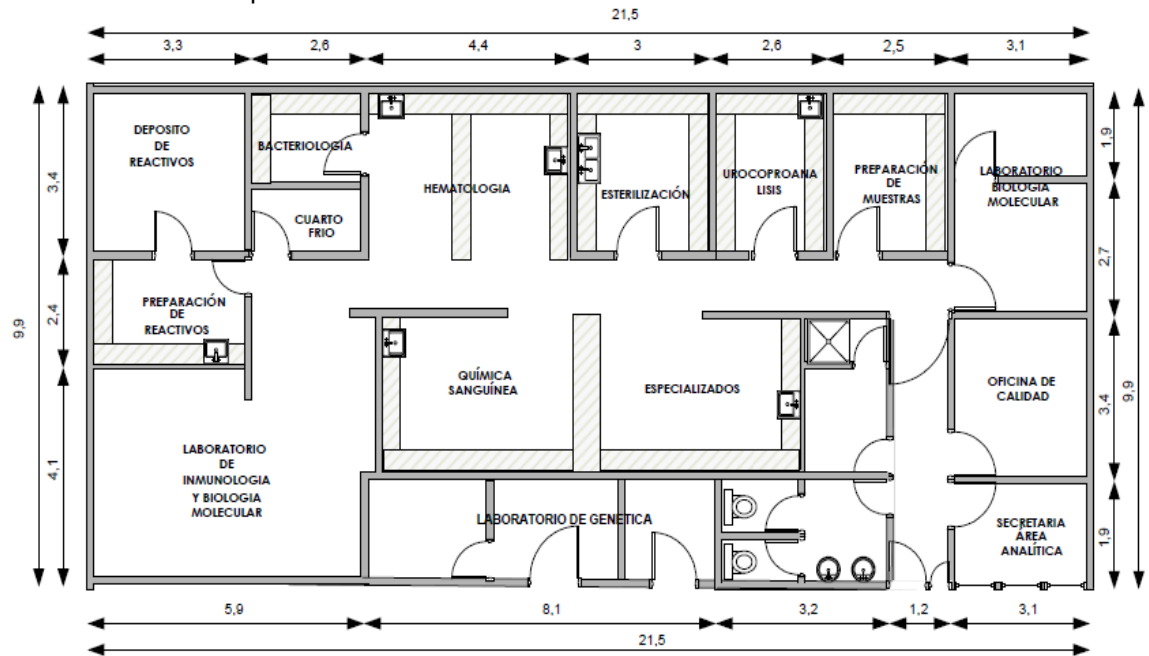
Fuente: Autor del proyecto

3.1.5. Servicios ofrecidos. En la actualidad el Laboratorio Clínico UIS presta sus servicios a la sociedad para realizar exámenes básicos y de alta complejidad en las áreas de:

- Química Clínica
- Hormonas
- Inmunología
- Hematología
- Microbiología
- Parasitología y uroanálisis
- Micología
- Marcadores tumorales
- Toxicología
- Infecciosas
- Coagulación

3.1.6. Infraestructura. El Laboratorio clínico mostrado en la figura 6, tiene una área física de 190 m² que comparte junto con el Laboratorio de inmunología y biología molecular, la distribución de planta se estableció en base a las recomendaciones de dadas por la secretaria de salud para el cumplimiento del decreto 2309 de 2002.

Figura 6. Distribución de planta laboratorio clínico



Fuente: SARMIENTO, Mónica (2005).

3.2. Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular

El laboratorio de Inmunología y Biología Molecular, adscrito a la Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, inició sus actividades en 1980. Comenzó prestando servicios especializados en el campo de la Inmunología, especialmente dirigidos al diagnóstico de enfermedades autoinmunes, alérgicas y pruebas de histocompatibilidad para la realización de trasplantes de órganos

sólidos. Posteriormente se implementaron técnicas de biología molecular, en las pruebas de histocompatibilidad y en diagnóstico de enfermedades infecciosas.

El Laboratorio está localizado en la Facultad de Salud de la Universidad y depende de la Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Además del servicio a la comunidad y a las entidades médico-quirúrgicas, este laboratorio sirve de apoyo a la labor académica, pues los estudiantes de las diversas especialidades pueden realizar allí sus prácticas profesionales, con la supervisión del personal especializado⁷.

3.2.1. Misión. Ser líder en el desarrollo y aplicación de métodos inmunológicos y moleculares para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes, infecciosas y la selección de donantes en trasplante de órganos. El laboratorio de inmunología y biología molecular presta sus servicios para mejorar la calidad de vida del ser humano basados en las buenas prácticas de laboratorio⁸.

3.2.2. Visión. El laboratorio de inmunología y biología molecular de la Universidad Industrial de Santander, en el año 2.010 será reconocido en el ámbito nacional como un laboratorio técnicamente competente, capaz y confiable en la realización de pruebas de Histocompatibilidad, Inmunología y Biología Molecular⁹.

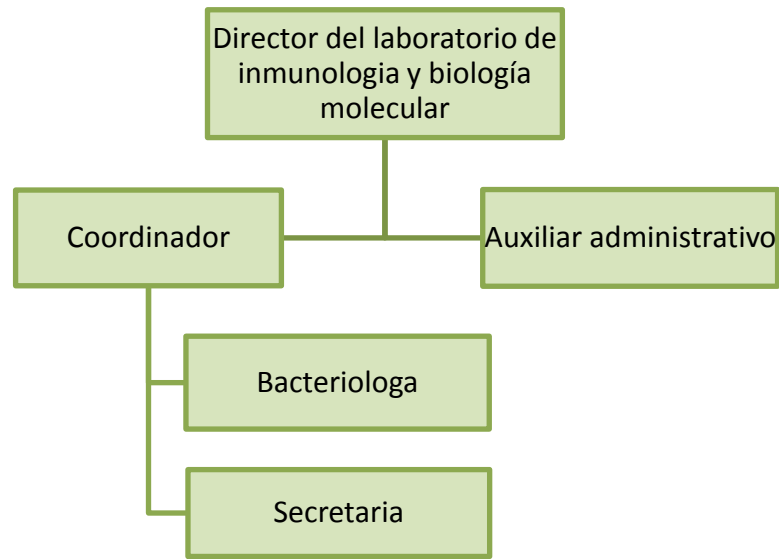
⁷ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. División de Medios de Comunicación. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [http://www.uis.edu.co/webUIS/es/mediosComunicacion/catedraLibre/julio2010/Articulo5.html]

⁸ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. Vicerrectoría de investigación y extensión. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/acreditacionLaboratorios/laboratorioInmunologia/index.html]

⁹Ibíd. En: [http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/acreditacionLaboratorios/laboratorioInmunologia/index.html]

3.2.3. Organigrama. En la figura (7) se observa la estructura organizacional del Laboratorio inmunología y biología molecular de la UIS.

Figura 7. Organigrama laboratorio de inmunología y biología molecular



Fuente: Autor del proyecto

3.2.4. Servicios ofrecidos. Los principales servicios que ofrece el laboratorio son:

En relación con trasplantes:

- Clasificación de HLA
- Prueba cruzada de anticuerpos citotóxicos

En relación con enfermedades autoinmunes:

- Determinación de anticuerpos antinucleares.
- Determinación de anticuerpos anticitoplasma de neutrófilo.

En relación con diagnóstico de enfermedades infecciosas:

- ELISA para la determinación de anticuerpos anti-Trypanosomacruzi (para detectar la enfermedad de Chagas).
- PCR para la amplificación de ADN de T. cruzi (enfermedad de Chagas).
- ELISA para la determinación de anticuerpos anti-cisticerco.

3.2.5. Infraestructura. Las áreas de trabajo correspondientes al Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular son las siguientes:

- Área de fluorescencia Inmunología
- Zona preparación de reactivos
- Área Biología Molecular

El área física del laboratorio es de 190 m², sin embargo este es compartido con el laboratorio clínico siendo así que el área que realmente le corresponde al laboratorio de inmunología y biología molecular es de 46.34 m² que es aproximadamente el 24.38% del área total.

4. CONCEPTOS TEORICOS

4.1. Mantenimiento

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción. En la figura 8¹⁰ se muestra un diagrama de relaciones entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento. Producción generalmente se ocupan de convertir entradas o insumo, como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes.

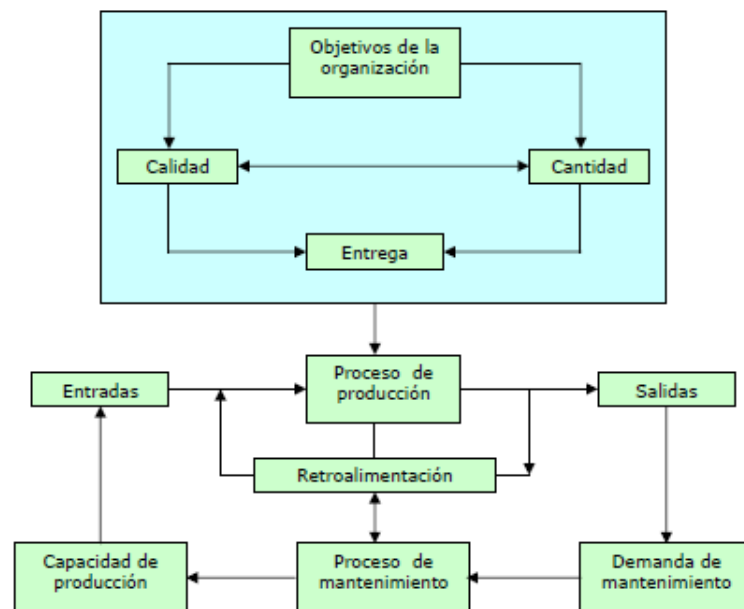
La principal salida de producción son los productos terminados; una salida secundaria es la falla de un equipo. Esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento, la cual es tomada por el sistema de mantenimiento como una

¹⁰ SIERRA, Gabriel. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A. Tesis de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2009. 182 p.

entrada y le agrega conocimiento experto, mano de obra y refacciones, y produce un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción.

La principal meta general de producción es elevar al máximo las utilidades a partir de las oportunidades disponibles en el mercado, y la meta secundaria tiene que ver con los aspectos económicos y técnicos del proceso de conversión. Mantenimiento también contribuyen al logro de estas metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Éstas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

Figura 8. Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento



Fuente: SIERRA, Gabriel (2009).

4.1.1. Objetivos del mantenimiento. La responsabilidad fundamental del Mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos de la empresa o

entidad la cual forma parte. Para ello, los objetivos del Mantenimiento deben establecerse dentro de la estructura de los objetivos generales de la empresa.

Los objetivos del Mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipo necesario para la actividad productiva.
- Preservar o conservar el “valor” de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y el deterioro.
- Cumplir estas metas, tan económicamente como sea posible.

La acción del Mantenimiento para cumplir estos objetivos, se genera a través, del desempeño de un cierto número de actividades o funciones que se pueden dividir en dos grupos:

FUNCIONES PRIMARIAS:

- Mantenimiento del equipo. Incluye: Reparaciones, revisiones mantenimiento preventivo y reconstrucción.
- Mantenimiento de edificios
- Lubricación.
- Generación y distribución de servicios: Energía eléctrica, vapor, aire, agua potable, etc.
- Cambios de equipos y edificios.
- Nuevas instalaciones.
- Desarrollar una efectiva planeación y programación de los trabajos de mantenimiento.
- Seleccionar y entrenar personal calificado para llevar a cabo las responsabilidades y deberes del Mantenimiento.

FUNCIONES SECUNDARIAS:

- Asesores en la compra de nuevos equipos y procesos, con el propósito de asegurar que ellos cumplan los requerimientos de Mantenimiento.
- Iniciar las requisiciones de herramientas, materiales de mantenimiento, repuestos y equipo necesario para la actividad de mantenimiento.
- Preparar y realizar estudios de reposición de repuestos para la maquinaria y equipo de producción. Revisar los puntos de reposición, inventarios mínimos etc.
- Manejar los almacenes de repuestos.
- Supervisor y/o ejecutar las labores en limpieza y recolección de basuras y desperdicios.
- Administración y/o colaboración en la administración de la seguridad industrial.
- Contabilidad e inventario de los activos.
- Control de la contaminación: ruido, polvos, desechos.

4.1.2. Tipos de mantenimiento. En la actualidad hay diferentes sistemas para afrontar el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc¹¹.

Entre los tipos de mantenimiento que se van a definir y a mencionar su fin dentro de un sistema están:

¹¹MUÑOZ, Maria. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. Área de ingeniería mecánica. [En línea]. Madrid. 5 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>>

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total
- Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectadas a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto.

Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el

impacto de los fallos de un sistema. Las desventajas que presenta este sistema son:

- **Cambios innecesarios:** al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una *anticipación del reemplazo o cambio prematuro*.
- **Problemas iniciales de operación:** cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.
- **Coste en inventarios:** el coste en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- **Mano de obra:** se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible.
- **Mantenimiento no efectuado:** si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una *degeneración* del servicio.

Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento

- Establecer la vida útil de los mismos
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

Mantenimiento autónomo

El Mantenimiento Autónomo es, básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo. Esta será participación del "apartado" producción o del operador dentro del TPM, en la cual mantienen las condiciones básicas de funcionamiento de sus equipos¹².

Este Mantenimiento Autónomo incluye:

- Limpieza diaria, que se tomará como un Proceso de Inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- Pequeños ajustes
- Formación - Capacitación técnica.
- Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse.

Mantenimiento predictivo.

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.

¹² Mantenimiento Industrial. Indumento. [En línea]. 2008. 5 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://www.automiento.blogspot.com/>>

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM).

Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

- *Mantenimiento:* Para mantener siempre las instalaciones en buen estado
- *Productivo:* Está enfocado a aumentar la productividad
- *Total:* Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento)

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora.

*Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)*¹³.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología M.C.C es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente (de diseño) o a su confiabilidad inherente (de diseño).

- La capacidad inherente (de diseño) y la confiabilidad inherente (de diseño) limita las funciones de cada activo.
- El mantenimiento, la confiabilidad operacional y la capacidad del activo no pueden aumentar más allá de su nivel inherente (de diseño).
- El mantenimiento sólo puede lograr mejorar el funcionamiento de un activo cuando el estándar de ejecución esperado de una determinada función del activo está dentro de los límites de la capacidad de diseño o de la confiabilidad de diseño del mismo.

¹³ AMÉNDOLA, Luis José. Modelos Mixtos de Confiabilidad. DATASTREAM. [En línea]. España, Valencia 2002. 4 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <http://www.pmmlearning.com/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=28>

Desde este punto de vista, el MCC, no es más que una herramienta de gestión del mantenimiento, que permitirá maximizar la confiabilidad operacional de los activos en su contexto operacional, a partir de la determinación de los requerimientos reales de mantenimiento.

Anthony Smith, define el MCC como:

“Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema”.

Esta definición toma en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallos de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones”. En otras palabras, un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de maximizar la confiabilidad operacional de un sistema, identificando los requerimientos necesarios de mantenimiento según la importancia y criticidad de los activos, partiendo de la función que cumple cada uno dentro del contexto operacional y finalizando con el análisis del posible efecto o consecuencia derivados de la ocurrencia de los modos de fallo que se asocian a cada una de los fallos funcionales.

4.1.3. Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo¹⁴.

Cualquier buen Ingeniero pueda establecer un programa de mantenimiento preventivo con el fin de conservar la planta y equipo a mínimo costo, pero debe

¹⁴SIERRA. Op. cit., 182p.

aprender desde el principio, a examinar los efectos de todas las fases del programa sobre los costos de manufactura. El programa de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y cortado para satisfacer los requerimientos individuales. La razón es clara: no hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; difieren en organización, políticas de operación; personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento.

Esto no quiere decir que no haya parecido entre dos sistemas de mantenimiento preventivo. Lo hay pero se encuentra en objetivo y principios básicos, no en la Ingeniería y el papeleo. EL papeleo o los sistemas que se apliquen son importantes pero puede costar más de lo que de debiera si es de la clase errada. En general, para iniciar el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo se pueden tener en cuenta los siguientes pasos:

Administración del plan

El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

4.1.3.2. Inventario de las instalaciones. El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el

equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).

4.1.3.3. Identificación del equipo. Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación. El código deberá indicar la ubicación, tipo y número de máquina.

4.1.3.4. Registro de las instalaciones. El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

4.1.3.5. Programa específico de mantenimiento. Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se

necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

4.1.3.6. Especificaciones del trabajo. La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento. La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

4.1.3.7. Programa de mantenimiento. El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde el programa de mantenimiento preventivo entra en ejecución.

4.1.3.8. Control del programa. El programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

4.2. INDICADORES DE CONFIABILIDAD

4.2.1. Confiabilidad. Es la probabilidad de que un equipo o un sistema funcionen correctamente durante un periodo de tiempo establecido bajo unas condiciones específicas de operación. Es necesario conocer en términos de confiabilidad: qué equipos fallan, cómo fallan, Porqué fallan, cuando fallan y cómo se compara su perfil de falla respecto del resto de equipos del laboratorio correspondiente que se esté analizando. Esta probabilidad se determina normalmente como porcentaje del tiempo.

4.2.2. Disponibilidad. Es la probabilidad de que el sistema este funciona satisfactoriamente en una fracción de tiempo durante la cual el sistema está en capacidad de desempeñar una determinada función. Es necesario conocer en términos de disponibilidad:

- Como las fallas de los Equipos afectan la capacidad de servicio de los laboratorios.
- Cuantos usuarios se dejan de atender por falla de los equipos.
- Cuál es el uso actual de la capacidad de servicio instalada.
- Como se compara la capacidad real disponible del sistema con las necesidades de servicio.
- Como es el uso estadístico de capacidad con las demandas futuras de capacidad de servicio.

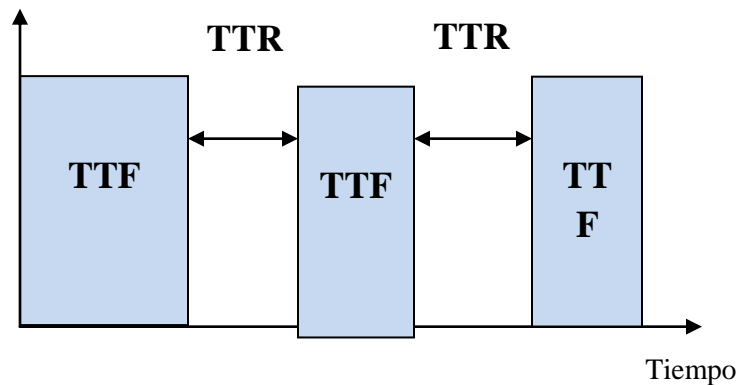
4.2.3. Mantenibilidad. La mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un período de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos preestablecidos. Significa también la probabilidad de que un equipo que ha fallado,

pueda ser *reparado* en un período de tiempo dado, este tiempo no es otro que el TPPR. En términos de mantenibilidad es necesario conocer:

- Donde se concentran los esfuerzos de mantenimiento.
- Donde se concentran los costos de mantenimiento.
- Donde el mantenimiento está teniendo problemas para conservar la capacidad del sistema.
- Cuál es el impacto de la logística actual de mantenimiento en el desempeño del sistema.

Figura 9. Tiempo para fallar y tiempo para reparar

Estado de funcionamiento



Fuente: autor del proyecto

4.3. MODELOS DE CONFIABILIDAD

La teoría de la confiabilidad tiene sus cimientos en análisis meramente estadísticos y en leyes probabilísticas de fallas pues no existe un modelo determinista que prediga el tiempo en el cual un sistema falla. Es posible, sin embargo, aplicar un tratamiento estadístico que modele en forma realista el estudio de la confiabilidad de componentes o dispositivos que en condiciones de montaje y uso adecuado se encuentran en funcionamiento un tiempo determinado,

$t = 0$. El tiempo para que ocurra la falla o duración, T , puede considerarse estadísticamente como la variable aleatoria continua con una función de distribución probabilística (fdp) f^{15} .

4.3.1. Conceptos fundamentales de confiabilidad.

*Función confiabilidad*¹⁶

Se define la confiabilidad de un componente o sistema, $R(T)$, a la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo $[0,t]$ o lo que es lo mismo a la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t . Siendo $R(t) = P(T > t)$ y T la duración del componente. Si $f(t)$ es la función de densidad de probabilidad (pdf), la confiabilidad puede expresarse como:

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(s) ds \quad (1)$$

La confiabilidad también se podría definir en términos de la función de distribución acumulativa (cdf), que es la probabilidad de que un ítem falle en el intervalo $(0, t)$, resultando de esta relación la siguiente expresión:

$$R(t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t) \quad (2)$$

La relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla se muestra en la figura 10.

¹⁵LUNA, Ana Eugenia. Teoría de la confiabilidad. [En línea]. Buenos Aires.: Universidad de Buenos Aires. Departamento de física, 2005. 24p.[Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/50927500/Weibull>>

¹⁶Ibíd., 24 p.

Función de riesgo

La tasa de falla o función de riesgo $h(t)$ es también un concepto muy usado en la teoría de la confiabilidad y representa la proporción de artículos que funcionan entre t y $t + \Delta t$ de aquellos que aún funcionaban en el instante t . Su valor se puede calcular a partir de la siguiente expresión¹⁷:

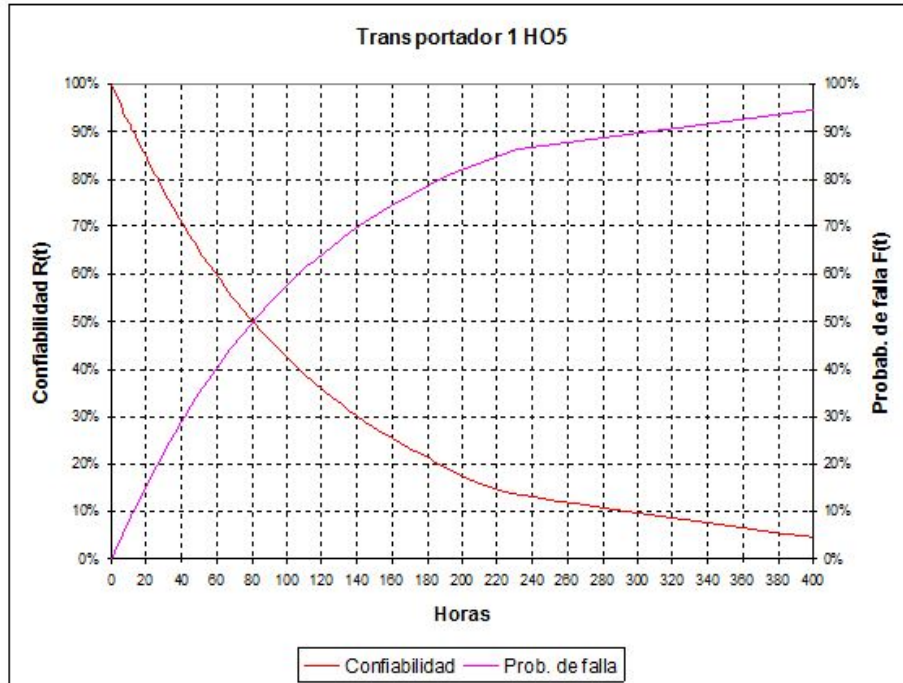
$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

Hay que tener en cuenta que esta función no es una probabilidad, por lo tanto pueden existir valores mayores a 1.

La función de riesgo $h(t)$ para un equipo o unidad varia en el tiempo como se muestra en la figura 11. Lo que para efectos prácticos en confiabilidad se le llama la curva de la bañera, esta es una curva que permite analizar las fallas durante el período de vida útil de un equipo. Tiene forma de bañera debido a que la vida útil de los dispositivos tiene un comportamiento que viene reflejado por tres etapas, la mortalidad infantil, las fallas aleatorias y el envejecimiento.

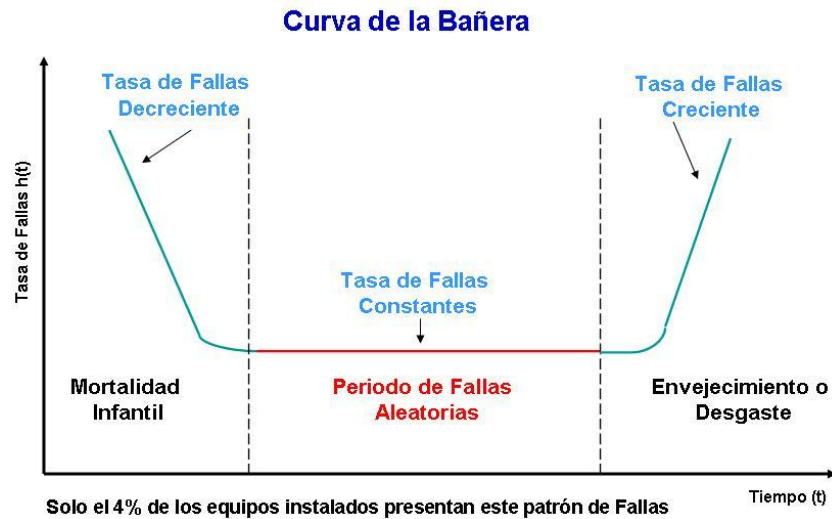
¹⁷Ibíd., 24 p.

Figura 10. Relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull/>

Figura 11. Curva de la bañera



Fuente: <http://mantenancela.blogspot.com/2010/05/desde-la-implementacion-del-primer.html>

La curva de la bañera se puede interpretar para cada una de sus etapas de la siguiente manera:

Tasa de fallas decreciente: El sistema presenta menor número de fallas a medida de que envejece y esto es conocido también como mortalidad infantil o en inglés como burn in, y las fallas se presentan por lo regular a defectos de materiales, malos diseños, montajes inadecuados, mantenimientos incorrectos, etc.

Tasa de fallas constantes: La probabilidad de falla del sistema es independiente de la edad de su edad, esto significa que el sistema podría falla en cualquier instante de tiempo, estas fallas en general se deben a causas inmediatas o básicas causadas por condiciones técnicas de equipos o del recurso humano.

Tasa de fallas creciente: El sistema presenta más fallas a medida que aumenta de edad, esto se conoce también como envejecimiento o wearout. Las fallas en esta etapa se presentan desgaste de los elementos, envejecimiento o la pérdida de funcionalidad. En esta etapa hay que decidir si las reparaciones del equipo pueden llegar a ser más costosas que adquirir un equipo nuevo.

Para los componentes y equipos electrónicos la zona de velocidad de falla creciente no es muy pronunciada ya que en la mayoría de ellos el fenómeno de wearout o envejecimiento no es tan frecuente.

Tiempo medio entre fallas(MTBF)

El tiempo medio entre fallas (MTBF, es un término muy utilizado en confiabilidad para equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos para saber cuál es el tiempo promedio en que el equipo no falla. En términos matemáticos es la esperanza de t (t siendo el tiempo entre 2 fallas), dada la función de distribución $f(t)$:

$$MTBF = E(t) = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (4)$$

Y al integrar por partes se obtiene:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (5)$$

4.3.2. Probabilidades más usadas en estudios de confiabilidad. Las distribuciones que más se utilizan en el cálculo de los índices de confiabilidad y la mantenibilidad, son la exponencial, la normal y la de Weibull. cada una de ellas se va a explicar teniendo en cuenta en qué casos es más factibles utilizarlas y en cuáles no, se va a tener un tratamiento especial con la distribución de Weibull, ya que según muchos autores es la más adecuada para realizar los cálculos porque tiene son casos especiales de la distribución de Weibull.

Distribución exponencial

Esta distribución se utiliza para componentes eléctricos y electrónicos principalmente y no para elementos mecánicos en los que el desgaste se va acumulando desde su puesta en marcha (Navarro, 1997,18). El índice de fallo resulta constante, por lo que se adapta bien a la zona de vida útil del equipo.

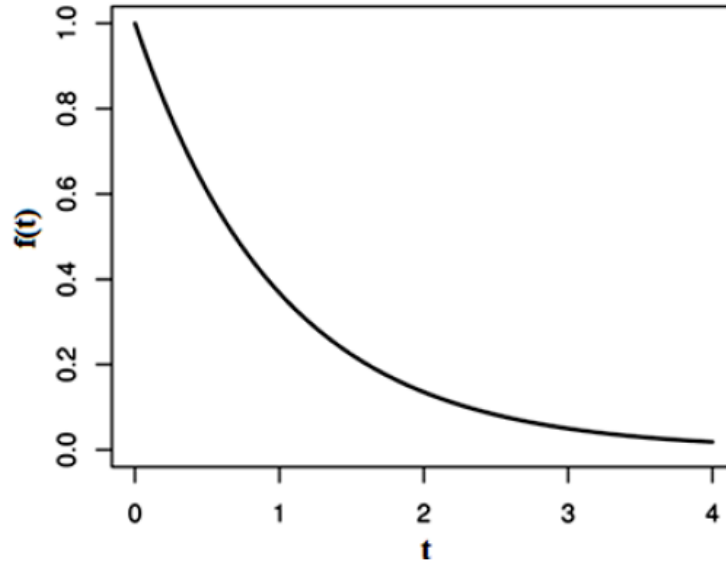
Las funciones asociadas a esta distribución son las mostradas a continuación:

La densidad de probabilidad de falla (pdf) de la función exponencial ver figura 12, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad \text{para } t > 0 \quad (6)$$

Donde λ , es la tasa de fallas

Figura 12. Distribución exponencial estándar



Fuente: <www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../bautista_espinosa_rosa_maria_2011.pdf>

Función de distribución acumulativa de falla:

$$F(t) = P(T < t) = \int_0^t f(t)dt = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt$$
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (7)$$

Función de confiabilidad o supervivencia:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda t}]$$
$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (8)$$

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}$$

$$h(t) = \lambda, \text{ constante} \quad (9)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (10)$$

Función de mantenibilidad: Indica la probabilidad de que la funcionalidad del sistema sea recuperada en el momento especificado de mantenimiento, o antes (tiempo empleado t):

$$M(t) = P(TTR \leq t) = \int_0^t m(t)dt$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (11)$$

Donde μ es la tasa de reparaciones

Tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (12)$$

Distribución normal

Es una distribución discreta que se presenta con frecuencia cuando la vida útil de los componentes se ve afectada desde un comienzo por el desgaste, sirve para describir muy bien los fenómenos de envejecimiento de equipos, modelos de fatiga y fenómenos naturales. En esta distribución las fallas tienden a distribuirse de una forma simétrica alrededor de la vida media. (Díaz, 1992,20)

Las funciones asociadas a esta distribución son las mostradas a continuación:

La densidad de probabilidad de falla (pdf) para la distribución normal o de Gauss, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (13)$$

Donde, σ = desviación estándar y es el parámetro de escala de la pdf normal, y μ = es la media y el parámetro de localización

Función de confiabilidad o supervivencia ver figura 13:

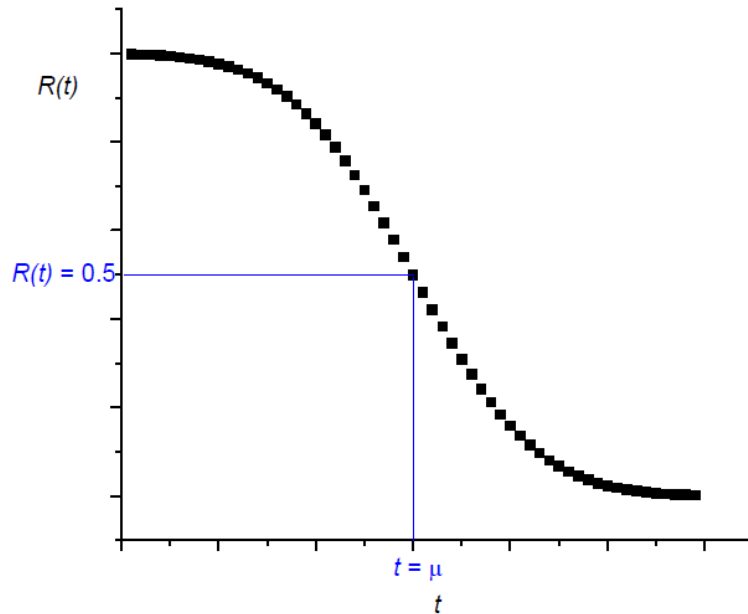
$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (14)$$

Usando la función de distribución normal acumulativa tabulada ϕ se obtiene¹⁸:

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (15)$$

¹⁸LUNA. Op. cit., 6 p.

Figura 13. Grafica de la función confiabilidad de la ley normal de falla



Fuente: Gráfica de una distribución Normal [en línea] Disponible
 <http://focuslab.lfp.uba.ar/public/CursoTErrores2k4/Monografias2005/Ana_E_Luna.pdf>

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt} \quad (16)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \mu \quad (17)$$

Distribución Weibull

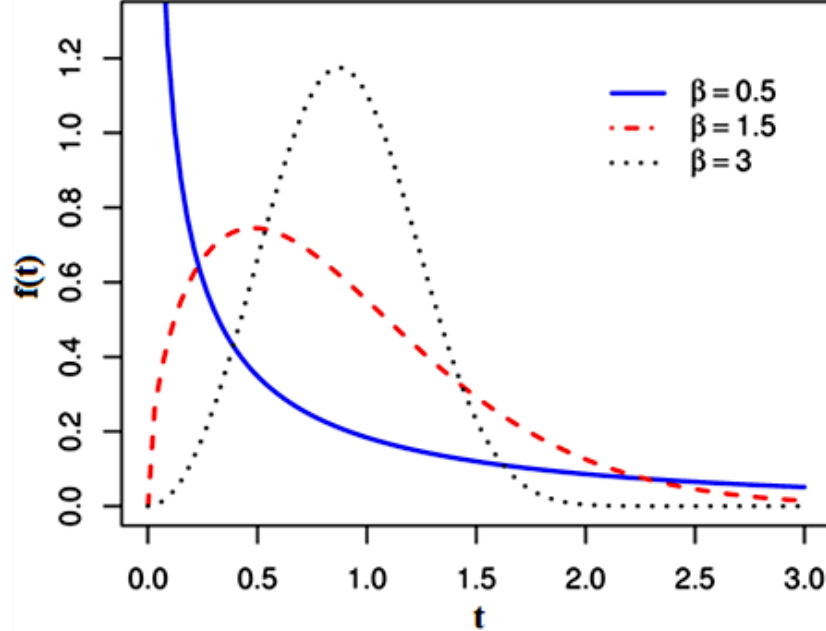
Esta distribución está siendo utilizada con frecuencia para representar la vida de los componentes, ya que posee una serie de ventajas sobre los demás, Ventajas como técnicas graficas sencillas para su aplicación práctica y que es la única

función de probabilidad que puede utilizarse para representar cualquier tipo de tasa de falla (Ebelling, 1977,58)(Kelly y otro,1998,24). También se ha usado para representar la vida de servicio de tubos y otros equipo electrónicos (Céspedes y Toro,2001,54).

Una de las ventajas significativas que posee la distribución Weibull es que es muy manejable y se acomoda a las tres zonas (infancia o rodaje, madurez o vida útil y envejecimiento) de la curva de la bañera o de Davies. La distribución de Weibull posee, en su forma general, tres parámetros, lo que le da una gran flexibilidad; ellos son:

- Parámetro de posición (γ): El más difícil de estimar y por este motivo se supone con frecuencia que vale cero. Indica el lapso en el cual la probabilidad de falla es nula. (Forcadas,1983,42)
- Parámetro de escala o característica de vida (η): Su valor es determinante para fijar la vida útil del producto o del sistema refleja el tamaño de las unidades en las cuales se mide la variable aleatoria t (tiempo para la falla), meses, años etc.
- Parámetro de forma (β): Refleja la dispersión de los datos y determina la forma que toma la distribución. Y es la causa de la variación de forma en la función de densidad de probabilidad de falla ver figura 14. Si se cambia el valor de β se pueden generar muchos grupos de curvas con el fin de modelar distribuciones reales de tiempos de falla.

Figura 14. Tipos de pdf para diferentes valores del parámetro de forma



Fuente: <www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/.../bautista_espinoza_rosa_maria_2011.pdf>

La densidad de probabilidad de falla (pdf) para la distribución de Weibull, está dada por la expresión general:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (18)$$

Función de distribución acumulativa de falla:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (19)$$

Función de confiabilidad o supervivencia:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (20)$$

Función de riesgo:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (21)$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF):

$$MTBF = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (22)$$

Tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (23)$$

Función de mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (24)$$

La función de riesgo que viene dada por la ecuación (21), Esta relación da varias formas de curvas de riesgo, dependiendo del parámetro β , como se muestra a continuación:

- $\beta < 1$ Implica Mortalidad Infantil
- $\beta = 1$ Implica Falla Aleatoria: Es igual a una distribución exponencial
- $1 < \beta < 4$ Implica falla por deterioro temprano
- $\beta > 4.0$ Implica deterioro rápido por edad de uso

5. ESTUDIO DE CRITICIDAD

Para llevar a cabo el estudio de criticidad de los equipos del laboratorio clínico y el de inmunología y biología molecular de la UIS se hizo uso del modelo de factores ponderados basado en el concepto del riesgo. La razón por la cual se eligió este modelo tiene que ver con que involucra diversos criterios que son importantes para tener en cuenta en un estudio de criticidad y mas para una entidad que presta servicios de alta calidad a la comunidad en general, hay que recordar que el concepto de Riesgo combina la probabilidad de ocurrencia de las fallas con sus consecuencias, los factores ponderados de los criterios que se evalúan por el método del riesgo son:

- **Frecuencia de fallas.** Son el número de repeticiones en un periodo de tiempo de una alteración del cumplimiento satisfactorio de un proceso, sistema, máquina o pieza.
- **Impacto operacional.** Porcentaje de producción que se perjudica cuando aparece una falla.
- **Flexibilidad operacional.** Es la facilidad que tiene la producción de adaptarse a los cambios inesperados sin recaer en el aumento de costos o pérdidas.
- **Costos de mantenimiento.** Son los gastos que implica la tarea de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla en la producción.
- **Impacto de seguridad y medio ambiente.** Es un diagnostico en donde se observan los factores del sistema, máquina o pieza que afecten sobre la seguridad de las personas o el ambiente.

Estos factores serán evaluados bajo las condiciones que se encuentran en (ver figura 15)¹⁹.

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente).

Una vez que se evalúan en consenso cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de Criticidad Total (1) y se obtiene el valor global de criticidad.

Figura 15. Tabla de factores ponderados

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mto.} + \text{Impacto SAH})$$

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mto.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2	Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Excelente menos de 0.5 falla/año	1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Impacto Operacional:		Afecta el ambiente /instalaciones	7
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Flexibilidad Operacional:	
Flexibilidad Operacional:		No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Conferencias de ingeniería de mantenimiento

¹⁹ GONZÁLEZ B, Carlos Ramón., Conferencias de ingeniería mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2001.

Una aplicación de este método fue desarrollada por un grupo de consultoría inglesa denominado: TheWoodhousePartnershipLimited [WoodhouseJhon. —CriticalityAnalysisRevisitedII, TheWoodhousePartnershipLimited, Newbury, England 1994]. Este es un método práctico y que presenta de forma detallada las siguientes expresiones utilizadas para calcular la criticidad:

Criticidad = frecuencia o tasa de falla * consecuencia de falla (25)

Frecuencia = rango de fallas en un tiempo determinado $\left(\frac{\text{fallas}}{\text{año}}\right)$ (26)

Consecuencia = (imp. oper * flexibilidad) + costos mtto + impacto SAH (27)

El máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados es de 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad – valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X.

La matriz de criticidad (ver figura 16) permite jerarquizar los niveles en tres áreas como se muestran a continuación:

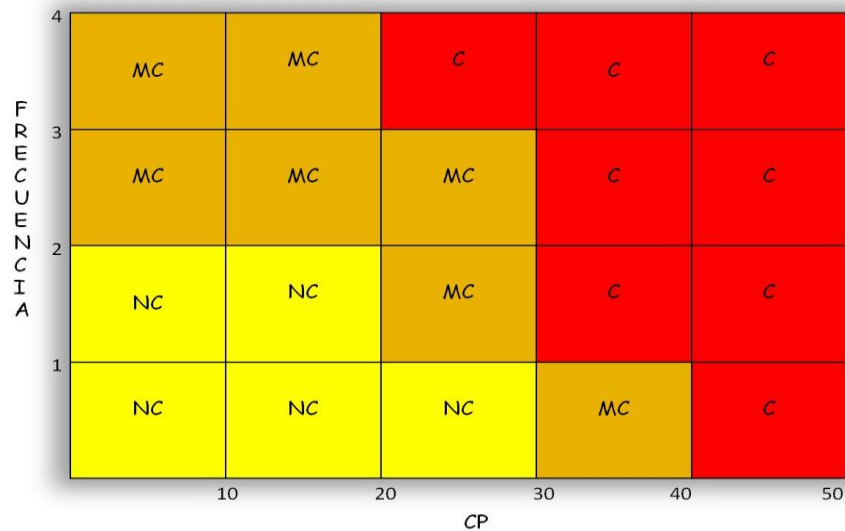
- **Área de sistemas no críticos (NC):** Son los equipos que en el caso de fallar no repercuten de manera importante en el proceso productivo.
- **Área de sistemas de media criticidad (MC):** Son los equipos que en el caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la

calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permite lapsos relativamente largos para reparar la avería.

- **Área de sistemas críticos (C):** Son aquellos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

Los valores que aparecen en el formato para encuesta de análisis de criticidad (ver figura 4) son los criterios evaluados en la ecuación de riesgo, cabe resaltar que el valor que se utiliza en la ecuación corresponde a un estudio de las respuestas dadas por las personas encargadas de cada uno de los laboratorios y algunos del personal de mantenimiento de la división de mantenimiento tecnológico.

Figura 16. Modelo de matriz de criticidad



Fuente: Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas

La matriz mostrada en la figura anterior²⁰ será la base para poder clasificar cada uno de los equipos de cada uno de los laboratorios del estudio. Los equipos que sern tenidos en cuenta para implementarles el plan de mantenimiento preventivos, y el estudio de confiabilidad serán los equipos jerarquizados como críticos y medianamente críticos, y así mismo se le hará un estudio de modos y efectos de fallas a los equipos que resulten critico de este análisis.

²⁰MONCADA, Duvan; RODRIGUEZ, Edder y QUIÑONEZ, Jelder. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Tesis de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009. 113 p.

Figura 17. Formato de encuesta análisis de criticidad

FORMATO PARA ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

PERSONA Gina Paola Barajas

ÁREA O SECCIÓN Laboratorio Clínico

EQUIPO Centrifugas

FECHA 19/09/2011

- Marcar con una x, para cada uno de los parámetros del equipo lo que usted considere que ocurre

1. Frecuencia de fallas	
x	Elevado mayor a 2 fallas/año
	Promedio 1-2 fallas/año
	Buena 0.5-1 fallas/año
	Excelente mínimo de 0.5 falla/año

2. Impacto Operacional	
	Parada total del equipo
	Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema
x	Impacta a niveles de producción o calidad
	Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad
	No genera ningún efecto significativo

3. Flexibilidad Operacional	
x	No existe opción igual o equipo similar de repuesto
	El equipo puede seguir funcionando
	Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)

4. Costo de mantenimiento	
x	Mayor o igual a 20.000 \$ (incluye repuestos)
	Inferior a 20.000 \$ (incluye repuestos)

5. Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización
	Afecta el ambiente e instalaciones
x	Afecta las instalaciones causando daños severos
	Provoca daños menores(ambiente-seguridad)
	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el ambiente

Fuente: autor del proyecto

5.1. ESTUDIO DE CRITICIDAD EN EL LABORATORIO DE INMUNOLOGIA Y BIOLOGIA MOLECULAR.

En la tabla 1. Se presenta el inventario de equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular a los cuales se les va hacer el estudio de criticidad.

Tabla 1. Listado de equipos laboratorio de inmunología y biología molecular

No.	EQUIPO	CODIGO
1	Agitador magnético con calor	LE-051
2	Balanza gramera	LE-030
3	Baño maría	LE-003
4	Bomba de vacío	LE-021
5	Cámara de electroforesis DNA	LE-020
6	Cámara de electroforesis DNA	LE-032
7	Cámara EF subcell	LE-052
8	Centrifuga de Fisher	LE-001
9	Centrifuga de piso	LE-011
10	Centrifuga refrigerada	LE-015
11	Congelador (Taq)	LE-040
12	Congelador almacenamiento sueros histó	LE-012
13	Congelador de almacenamiento de DNA	LE-041
14	Congelador Phillips	LE-016
15	Estufa	LE-002
16	Fuente de poder	LE-005
17	Fuente de poder Biorad	LE-039
18	Horno microondas	LE-010
19	Lector de Elisa	LE-007
20	MicrocentrifugaHettich	LE-009
21	Microscopio de fluorescencia	LE-014
22	Microscopio de luz blanca	LE-006
23	Microscopio invertido	LE-008
24	Nevera de almacenamiento de reactivos	LE-018
25	PHmetroMettler	LE-022
26	Pipeta automática electroforesis 0,2 - 2 μ L	LE-037
27	Pipeta automática extracción de DNA 1 - 5 mL	LE-036
28	Pipeta automática extracción de DNA 200 - 1000	LE-029
29	Pipeta automática extracción de DNA 20 - 200	LE-028
30	Pipeta automática extracción de DNA 2- 20	LE-027
31	Pipeta automática extracción de DNA 50 - 200	LE-035
32	Pipeta automática Pre-PCR 0,2 - 2 μ L	LE-058
33	Pipeta automática Pre-PCR 10- 100 μ L escala 0.2 μ L	LE-059

No.	EQUIPO	CODIGO
34	Pipeta automática Pre-PCR 100 - 1000	LE-025
35	Pipeta automática Pre-PCR10 - 100 μ L escala 1 μ L	LE-026
36	Pipeta automática Pre-PCR 1 - 10	LE-033
37	Pipeta automática Pre-PCR DNA 0.5 - 10	LE-024
38	Pipeta automática Pre-PCR DNA 10 - 100	LE-034
39	Pipeta multicanal de electroforesis	LE-061
40	Pipeta multicanal de Terasaki	LE-060
41	TermocicladorMaxygen	LE-038
42	TermocicladorMultigene	LE-031
43	Termohigrómetro	LE-044
44	Transiluminador	LE-013
45	UPS	LE-055
46	Vortex(Ext DNA)	LE-062
47	Vortex(Pre-PCR)	LE-047
Fuente: Autor del proyecto		

El cálculo de la criticidad se realizó según la tabla (ver tabla 2) en la cual los equipos que están señalados con color rojo son los equipos que corresponden a los más críticos en el laboratorio de inmunología, los que están marcados con color naranja corresponden a los medianamente críticos, y aquellos que están en color amarillo son los que no afectan de manera importante el funcionamiento del laboratorio. Los equipos críticos y algunos de los medianamente críticos que son importantes para el adecuado funcionamiento del laboratorio serán tenidos en cuenta para el estudio de confiabilidad que se desarrollara más adelante.

Tabla 2. Cálculo de criticidad laboratorio de inmunología y biología molecular

No.	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
1	LE-051	Agitador magnético con calor	2	4	1	1	3	8	16
2	LE-030	Balanza gramera	3	4	4	2	1	19	57
3	LE-003	Baño maría	2	4	1	2	3	9	18
4	LE-021	Bomba de vacío	1	1	1	2	3	6	6
5	LE-020	Cámara de electroforesis DNA	2	4	1	2	3	9	18
6	LE-032	Cámara de electroforesis DNA	2	4	1	2	3	9	18
7	LE-052	Cámara EF subcell	2	4	1	2	3	9	18
8	LE-001	Centrifuga de Fisher	3	4	1	2	3	9	27
9	LE-011	Centrifuga de piso	3	4	1	2	3	9	27
10	LE-015	Centrifuga refrigerada	3	4	1	2	3	9	27
11	LE-040	Congelador (Taq)	3	4	1	2	1	7	21
12	LE-012	Congelador almacenamiento sueros histó	3	4	1	2	1	7	21
13	LE-041	Congelador de almacenamiento de DNA	3	4	1	2	1	7	21
14	LE-016	Congelador Phillips	4	4	1	2	1	7	28

No.	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
15	LE-002	Estufa	2	1	4	2	3	9	18
16	LE-005	Fuente de poder	2	4	4	2	3	21	42
17	LE-039	Fuente de poder Biorad	2	4	4	2	3	21	42
18	LE-010	Horno microondas	2	1	1	1	1	3	6
19	LE-007	Lector de Elisa	2	1	4	2	1	7	14
20	LE-009	Microcentrifuga Hettich	2	4	1	2	3	9	18
21	LE-014	Microscopio de fluorescencia	3	10	4	2	3	45	135
22	LE-006	Microscopio de luz blanca	3	4	4	2	1	19	57
23	LE-008	Microscopio invertido	2	10	4	2	1	43	86
24	LE-018	Nevera de almacenamiento de reactivos	2	4	1	2	1	7	14
25	LE-022	PHmetro Mettler	2	1	4	2	3	9	18
26	LE-037	Pipeta automática electroforesis 0,2 - 2mL	2	1	1	2	3	6	12
27	LE-036	Pipeta automática extracción de DNA 1 - 5 mL	2	1	1	2	3	6	12
28	LE-029	Pipeta automática extracción de DNA 200 - 1000	3	1	1	2	3	6	18

No.	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
29	LE-028	Pipeta automática extracción de DNA 20 - 200	2	1	1	2	3	6	12
30	LE-027	Pipeta automática extracción de DNA 2- 20	2	1	1	2	3	6	12
31	LE-035	Pipeta automática extracción de DNA 50 - 200	2	1	1	2	3	6	12
32	LE-058	Pipeta automática Pre-PCR 0,2 - 2mL	2	1	1	2	3	6	12
33	LE-059	Pipeta automática Pre-PCR 10-100mL escala 0.2mL	2	1	1	2	3	6	12
34	LE-025	Pipeta automática Pre-PCR 100 - 1000	2	1	1	2	3	6	12
35	LE-026	Pipeta automática Pre-PCR10 - 100mL escala 1mL	2	1	1	2	3	6	12
36	LE-033	Pipeta automática Pre-PCR 1 - 10	2	1	1	2	3	6	12
37	LE-024	Pipeta automática	2	1	1	2	3	6	12

No.	CODIGO	EQUIPO	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
		Pre-PCR DNA 0.5 - 10							
38	LE-034	Pipeta automática Pre-PCR DNA 10 - 100	2	1	1	2	3	6	12
39	LE-061	Pipeta multicanal de electroforesis	2	1	1	2	3	6	12
40	LE-060	Pipeta multicanal de Terasaki	2	1	1	2	3	6	12
41	LE-038	Termociclador Maxygen	3	10	1	2	1	13	39
42	LE-031	Termociclador Multigene	3	10	1	2	1	13	39
43	LE-044	Termohigrómetro	2	1	4	1	1	6	12
44	LE-013	Transiluminador	2	4	1	2	3	9	18
45	LE-055	UPS	2	1	4	2	1	7	14
46	LE-062	Vortex(Ext DNA)	2	4	1	2	1	7	14
47	LE-047	Vortex(Pre-PCR)	2	4	1	2	1	7	14

Fuente: Autor del proyecto

Para realizar los estudios de confiabilidad y la propuesta del plan de mantenimiento para el laboratorio de inmunología y biología molecular serán tenidos en cuenta los equipos que resultaron críticos y medianamente críticos en el estudio de criticidad(ver tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de los equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular

No.	CODIGO	EQUIPO	CLASIFICACION
21	LE-014	Microscopio de fluorescencia	CRITICO
23	LE-008	Microscopio invertido	CRITICO
8	LE-001	Centrifuga de Fisher	MEDIANAMENTE CRITICO
9	LE-011	Centrifuga de piso	MEDIANAMENTE CRITICO
10	LE-015	Centrifuga refrigerada	MEDIANAMENTE CRITICO
11	LE-040	Congelador (Taq)	MEDIANAMENTE CRITICO
12	LE-012	Congelador almacenamiento sueros histó	MEDIANAMENTE CRITICO
13	LE-041	Congelador de almacenamiento de DNA	MEDIANAMENTE CRITICO
14	LE-016	Congelador Phillips	MEDIANAMENTE CRITICO
16	LE-005	Fuente de poder	MEDIANAMENTE CRITICO
17	LE-039	Fuente de poder Biorad	MEDIANAMENTE CRITICO
22	LE-006	Microscopio de luz blanca	MEDIANAMENTE CRITICO
28	LE-029	Pipeta automática extracción de DNA 200 - 1000	MEDIANAMENTE CRITICO
41	LE-038	TermocicladorMaxygen	MEDIANAMENTE CRITICO
42	LE-031	TermocicladorMultigene	MEDIANAMENTE CRITICO
Fuente: Autor del proyecto			

5.2. ESTUDIO DE CRITICIDAD EN EL LABORATORIO CLINICO

En la tabla 4 se presenta el inventario de equipos del laboratorio clínico.

Tabla 4. Listado de equipos laboratorio clínico

No.	EQUIPO	CÓDIGO	ÁREA
1	Analizador hematología - ADVIA 60cs	EM-01-002	HEMATOLOGÍA
2	Micropipeta N°11 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-016	
3	Termohigrómetro N°2	EM-01-022	
4	Micropipeta N°16 (5 - 50 microlitros)	EM-01-036	
5	Analizador SYSMEX XS-1000	EM-01-037	
6	Microscopio N°1	EA-02-001	
7	Centrifuga N°2 serofuga II	EA-02-006	
8	Microcentrífuga N°7	EA-02-011	
9	Homogenizador hematológico N°2	EA-02-023	
10	Analizador BFT II	EM-01-035	
11	Analizador de química SELECTRA JUNIOR	EM-01-003	QUÍMICA
12	Analizador de química semiautomatizado	EM-01-004	
13	Micropipeta N°1 (10 microlitros)	EM-01-006	
14	Micropipeta N°4 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-009	
15	Micropipeta N°5 (1000 microlitros)	EM-01-010	
16	Micropipeta N°6 (500 - 5000 microlitros)	EM-01-011	
17	Micropipeta N°12 (5 - 50 microlitros)	EM-01-017	
18	Termohigrómetro N°3	EM-01-023	
19	Termómetro N°1	EM-01-024	
20	Baño serológico N°1	EA-02-015	
21	Agitador vortex N°1	EA-02-028	
22	Micropipeta N°2 (50 a 200 microlitros)	EM-01-007	MICROBIOLOGÍA
23	Micropipeta N°10 (1000 microlitros)	EM-01-015	
24	Termómetro N°2	EM-01-025	
25	Incubadora bacteriológica	EA-02-012	
26	Vortex N°2	EA-02-029	
27	Estufa	EA-02-042	
28	Micropipeta N°3 (5 - 50 microlitros)	EM-01-008	
29	Micropipeta N°8 (1000 microlitros)	EM-01-013	PREPARACIÓN DE MUESTRAS
30	Micropipeta N°9 (1000 microlitros)	EM-01-014	
31	Micropipeta N°14 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-019	
32	Centrifuga N°1 refrigerada	EA-02-005	PREPARACIÓN DE MUESTRAS
33	Centrifuga N°6	EA-02-010	
34	Analizador tira reactiva uroanálisis	EM-01-005	UROANÁLISIS Y CUPROANÁLISIS
35	Microscopio N°2	EA-02-002	
36	Microscopio N°3	EA-02-003	
37	Microscopio N°4	EA-02-004	
38	Centrifuga N°5	EA-02-009	
39	Horno N°1	EA-02-017	ESTERILIZACIÓN
40	Horno N°2	EA-02-018	
41	Autoclave N°1	EA-02-013	
42	Autoclave N°2	EA-02-014	LAVADO
43	Agitador mecánico N°2	EA-02-026	INMUNOLOGÍA

No.	EQUIPO	CÓDIGO	ÁREA
44	Analizador inmunoquímica automatizada	EM-01-001	INMUNOQUIMICA
45	Termohigrómetro N°1	EM-01-021	
46	Centrifuga	EA-02-051	TÉCNICA
47	Congelador	EA-02-046	
48	UPS	EA-02-043	
49	Aire acondicionado (toma de muestras)	EA-02-049	
50	Cuarto frío	EA-02-019	
51	Nevera N°1	EA-02-020	
52	Controlador e indicador de temperatura	EM-01-038	
53	Aire acondicionado (Lab. clínico)	EA-02-048	
54	Micropipeta N°15 (20 a 200 microlitros)	EM-01-020	SEDE CAPRUIS
55	Termómetro digital N°4	EM-01-031	
56	Centrifuga N°3	EA-02-007	
57	Centrifuga N°4	EA-02-008	
58	Nevera N°2	EA-02-021	SEDE PRINCIPAL
59	Homogenizador hematológico N°3	EA-02-024	
60	Nevera	EA-02-050	
61	Homogenizador hematológico N°1	EA-02-022	
62	Termómetro digital N°1	EM-01-028	
Fuente: Autor del proyecto			

Tabla 5. Calculo de criticidad laboratorio clínico

No.	EQUIPO	CODIGO	Frecuencia de fallas	Imp. Oper	Flex. Oper	Costo de MTTO	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
1	Analizador hematología - ADVIA 60cs	EM-01-002	2	4	1	2	1	7	14
2	Micropipeta N°11 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-016	2	1	1	2	3	6	12
3	Termohigrómetro N°2	EM-01-022	2	1	4	1	1	6	12
4	Micropipeta N°16 (5 - 50 microlitros)	EM-01-036	2	1	1	2	3	6	12
5	Analizador SYSMEX XS-1000	EM-01-037	2	4	1	2	3	9	18
6	Microscopio N°1	EA-02-001	2	4	1	2	1	7	14
7	Centrifuga N°2 serofuga II	EA-02-006	2	4	2	1	3	12	24
8	Microcentrifuga N°7	EA-02-011	3	4	2	2	3	13	39
9	Homogenizador hematológico N°2	EA-02-023	2	4	1	2	3	9	18
10	Analizador BFT II	EM-01-035	2	4	1	2	1	7	14
11	Analizador de química SELECTRA JUNIOR	EM-01-003	2	4	1	2	3	9	18
12	Analizador de química semiautomatizado	EM-01-004	4	4	1	2	3	9	36
13	Micropipeta N°1 (10 microlitros)	EM-01-006	2	1	1	2	3	6	12
14	Micropipeta N°4 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-009	2	1	1	2	3	6	12
15	Micropipeta N°5 (1000 microlitros)	EM-01-010	2	1	1	2	3	6	12
16	Micropipeta N°6 (500 - 5000 microlitros)	EM-01-011	2	1	1	2	3	6	12
17	Micropipeta N°12 (5 - 50 microlitros)	EM-01-017	2	1	1	2	3	6	12
18	Termohigrómetro N°3	EM-01-023	2	1	4	1	1	6	12

No.	EQUIPO	CODIGO	Frecuencia de fallas	Imp. Oner	Flex. Oner	Costo de	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
19	Termómetro N°1	EM-01-024	2	1	4	1	1	6	12
20	Baño serológico N°1	EA-02-015	3	4	4	2	3	21	63
21	Agitador vortex N°1	EA-02-028	3	4	1	1	1	6	18
22	Micropipeta N°2 (50 a 200 microlitros)	EM-01-007	2	1	1	2	3	6	12
23	Micropipeta N°10 (1000 microlitros)	EM-01-015	2	1	1	2	3	6	12
24	Termómetro N°2	EM-01-025	2	1	4	1	1	6	12
25	Incubadora bacteriológica	EA-02-012	3	4	4	1	3	20	60
26	Vortex N°2	EA-02-029	2	4	1	1	1	6	12
27	Estufa	EA-02-042	2	1	4	2	3	9	18
28	Micropipeta N°3 (5 - 50 microlitros)	EM-01-008	2	1	1	2	3	6	12
29	Micropipeta N°8 (1000 microlitros)	EM-01-013	2	1	1	2	3	6	12
30	Micropipeta N°9 (1000 microlitros)	EM-01-014	2	1	1	2	3	6	12
31	Micropipeta N°14 (200 a 1000 microlitros)	EM-01-019	2	1	1	2	3	6	12
32	Centrifuga N°1 refrigerada	EA-02-005	4	4	4	2	3	21	84
33	Centrifuga N°6	EA-02-010	2	4	2	2	3	13	26
34	Analizador tira reactiva uroanálisis	EM-01-005	2	1	4	2	3	9	18
35	Microscopio N°2	EA-02-002	2	4	1	2	1	7	14
36	Microscopio N°3	EA-02-003	2	4	1	2	1	7	14
37	Microscopio N°4	EA-02-004	2	4	1	2	1	7	14
38	Centrifuga N°5	EA-02-009	2	4	2	2	3	13	26
39	Horno N°1	EA-02-017	3	4	1	2	3	9	27
40	Horno N°2	EA-02-018	2	4	1	2	3	9	18
41	Autoclave N°1	EA-02-013	3	4	2	2	3	13	39
42	Autoclave N°2	EA-02-014	3	4	2	2	3	13	39
43	Agitador mecánico N°2	EA-02-026	2	4	4	2	3	21	42

No.	EQUIPO	CODIGO	Frecuencia de fallas	Imp. Oner	Flex. Oner	Costo de	Impacto SAH	Consecuencia	CRITICIDAD
44	Analizador inmunoquímica automatizada	EM-01-001	2	4	1	2	1	7	14
45	Termohigrómetro N°1	EM-01-021	2	1	4	1	1	6	12
46	Centrifuga	EA-02-051	2	4	2	2	3	13	26
47	Congelador	EA-02-046	2	4	1	2	1	7	14
48	UPS	EA-02-043	2	4	4	2	1	19	38
49	Aire acondicionado (toma de muestras)	EA-02-049	2	4	1	2	3	9	18
50	Cuarto frío	EA-02-019	1	7	4	2	3	33	33
51	Nevera N°1	EA-02-020	2	1	1	2	1	4	8
52	Controlador e indicador de temperatura	EM-01-038	2	1	4	1	1	6	12
53	Aire acondicionado (Lab. clínico)	EA-02-048	2	4	1	2	3	9	18
54	Micropipeta N°15 (20 a 200 microlitros)	EM-01-020	2	1	1	2	3	6	12
55	Termómetro digital N°4	EM-01-031	2	1	4	1	1	6	12
56	Centrifuga N°3	EA-02-007	3	4	2	2	3	13	39
57	Centrifuga N°4	EA-02-008	2	4	2	2	3	13	26
58	Nevera N°2	EA-02-021	2	1	1	2	1	4	8
59	Homogenizador hematológico N°3	EA-02-024	2	4	1	2	3	9	18
60	Nevera	EA-02-050	2	1	1	2	1	4	8
61	Homogenizador hematológico N°1	EA-02-022	2	4	1	2	3	9	18
62	Termómetro digital N°1	EM-01-028	2	1	4	1	1	6	12
Fuente: Autor del proyecto									

Para realizar los estudios de confiabilidad y la propuesta del plan de mantenimiento para el laboratorio clínico serán tenidos en cuenta los equipos que resultaron críticos y medianamente críticos en el estudio de criticidad (tabla 6).

Tabla 6. Clasificación de los equipos del laboratorio clínico

No.	CODIGO	EQUIPO	CLASIFICACION
12	EM-01-004	Analizador de química semiautomatizado	CRITICO
32	EA-02-005	Centrifuga N°1 refrigerada	CRITICO
48	EA-02-043	UPS	CRITICO
50	EA-02-019	Cuarto frio	MEDIANAMENTE CRITICO
8	EA-02-011	Microcentrifuga N°7	MEDIANAMENTE CRITICO
20	EA-02-015	Baño serológico N°1	MEDIANAMENTE CRITICO
21	EA-02-028	Agitador vortex N°1	MEDIANAMENTE CRITICO
25	EA-02-012	Incubadora bacteriológica	MEDIANAMENTE CRITICO
39	EA-02-017	Horno N°1	MEDIANAMENTE CRITICO
41	EA-02-013	Autoclave N°1	MEDIANAMENTE CRITICO
42	EA-02-014	Autoclave N°2	MEDIANAMENTE CRITICO
43	EA-02-026	Agitador mecánico N°2	MEDIANAMENTE CRITICO
56	EA-02-007	Centrifuga N°3	MEDIANAMENTE CRITICO
58	EA-02-021	Nevera N°2	MEDIANAMENTE CRITICO
Fuente: Autor del proyecto			

6. ESTUDIO DE CONFIABILIDAD

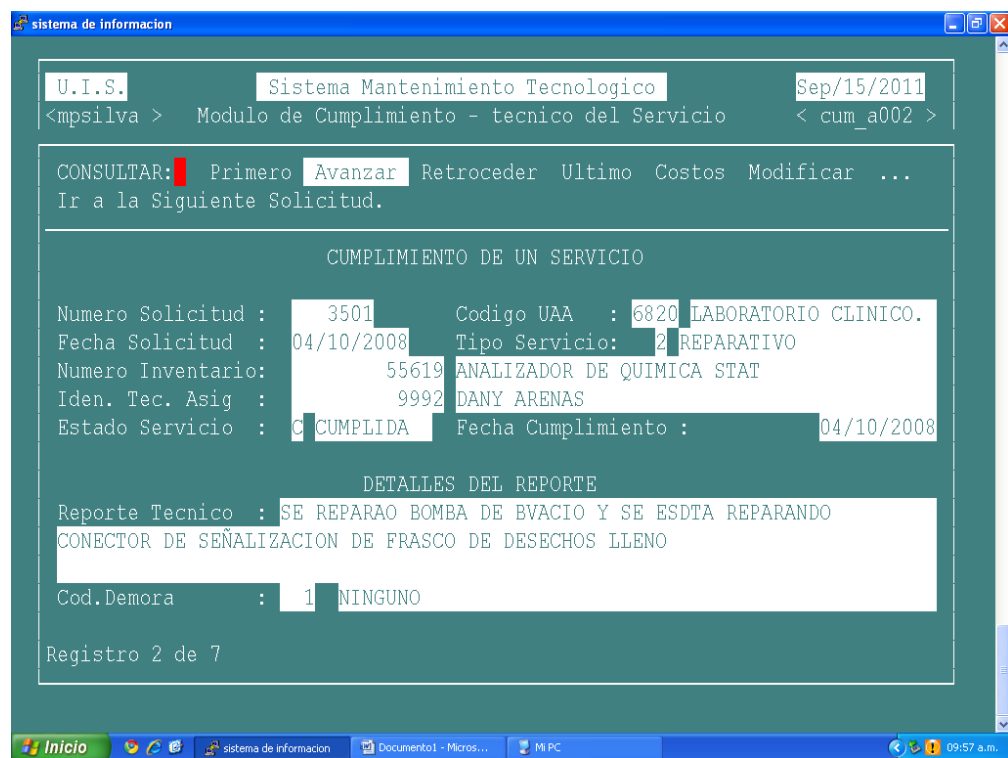
Para la realización del estudio de confiabilidad en los equipos críticos y medianamente críticos del laboratorio clínico y el de inmunología y biología molecular se analizarán los datos históricos de fallas y mantenimientos preventivos, suministrados por el software de mantenimiento SIMAT versión 1.0, mediante el uso de la distribución Weibull mencionado en el capítulo 4 de este libro, ya que es un método muy flexible que contrariamente al modelo exponencial o a la distribución normal, cubre los casos en que la tasa de fallo (λ) es variable y permite por tanto ajustarse a los períodos de infancia y a las diferentes formas de envejecimiento. Es decir que se puede ajustar a las tres zonas (infancia, vida útil y envejecimiento) de la curva de la bañera o de Davies.

6.1 Recolección de datos históricos

Los datos históricos de mantenimiento de los equipos seleccionados como críticos y medianamente críticos de los laboratorios se encuentran registrados en el software de mantenimiento SIMAT versión 1.0, una vez dentro del programa es necesario ingresar al módulo de cumplimiento (ver figura 18) para observar los servicios solicitados a la división de mantenimiento tecnológico y sus respectivos cumplimientos, este módulo nos brinda información del tipo de servicio, codificación y número de inventario del equipo, costos, identificación del técnico asignado, estado del servicio, fechas de solicitud y cumplimiento y los detalles del reporte. Algunos datos de mantenimientos que no son registrados en el SIMAT se encuentran registrados en los formatos de control de reparación de equipos o en los formatos de informes técnicos. Los datos que se van a presentar pertenecen al

comportamiento de los equipos como son los tiempos entre fallas (TBF*) y los tiempos de reparación (TTR**), estos datos se obtienen a partir de la información suministrada por el software SIMAT de la división de mantenimiento tecnológico, que son indispensables para calcular los tiempos medios entre fallas (MTBF***) y los tiempos medios de reparación (MTTR****), como también los otros parámetros de la distribución de Weibull. Hay que recordar la confiabilidad de los parámetros calculados depende de la veracidad y calidad de la información disponible en el software.

Figura 18. Módulo de cumplimiento software SIMAT



Fuente: División de mantenimiento tecnológico

*TBF= TIME BETWEEN FAILURES
 **TTR= TIME TO REPAIR
 ***MTBF= MEAN TIME BETWEEN FAILURES
 ****MTTR= MEAN TIME TO REPAIR

6.1.1. Datos históricos laboratorio clínico. Los datos históricos que se van a presentar aquí pertenecen a los equipos clasificados como críticos, el resto de equipos clasificados como medianamente críticos van a ser consignados en el anexo A de este libro. Los datos para este laboratorio se tomaron para un periodo desde cuando apareció la primera falla registrada por el SIMAT hasta el 30 de septiembre de 2011.

Tabla 7. Datos históricos Analizador de química semiautomatizado

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	10/18/2007	01/17/2008	176	91
2	04/10/2008	04/10/2008	68	1
3	06/16/2008	06/16/2008	387	1
4	07/07/2009	07/07/2009	88	1
5	10/02/2009	10/02/2009	56	1
6	11/26/2009	11/29/2009	119	4
7	03/24/2010	03/24/2010	Ahora	1

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 8. Datos históricos centrifuga No.1 refrigerada

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM /DD/AAAA)	TBF	TTR
1	04/23/2007	02/07/2008	303	291
2	02/19/2008	05/19/2008	155	91
3	07/22/2008	07/22/2008	93	1
4	10/22/2008	10/24/2008	147	3
5	03/17/2009	03/19/2009	191	3
6	09/23/2009	10/01/2009	211	9
7	04/21/2010	04/21/2010	139	1
8	09/06/2010	09/14/2010	61	9
9	11/05/2010	11/10/2010	6	6
10	11/10/2010	11/11/2010	101	2
11	02/18/2011	02/24/2011	22	7
12	03/11/2011	03/14/2011	25	4
13	04/04/2011	04/04/2011	78	1
14	06/20/2011	06/20/2011	Ahora	3

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 9. Datos históricos UPS POWERCOM ULTIMATE SERIES II

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	06/05/2009	06/05/2009	419	1
2	07/28/2010	07/28/2010	293	1
3	05/16/2011	05/17/2011	Ahora	2
Fuente: Autor del proyecto				

6.1.2. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular. Los datos históricos que se van a presentar aquí pertenecen a los equipos clasificados como críticos ya que para los clasificados como medianamente críticos serán presentados en los anexo A del presente libro, en este laboratorio los datos de cumplimientos de servicios son muy limitados para la mayoría de equipos, ya sea que para la fecha en donde se iniciaron a registrar fallas en los equipos no había suficiente información o que se hayan pasado por alto el registro de algunas fallas por que se hicieron reparaciones externas a la división de mantenimiento tecnológico, por eso para algunos equipos con los que no se contaba con la cantidad de eventos mínimos se descartaron para de esta manera no generar un estudio poco confiable. Los datos para este laboratorio se tomaron para un periodo desde cuando apareció la primera falla registrada por el SIMAT hasta el 30 de septiembre de 2011.

Tabla 10. Datos históricos Microscopio de fluorescencia

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	06/09/2008	08/06/2008	78	59
2	08/25/2008	08/25/2008	184	1
3	02/24/2009	02/27/2009	8	4
4	03/03/2009	04/13/2009	548	42
5	09/01/2010	09/16/2010	Ahora	16
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 11. Datos históricos Microscopio invertido

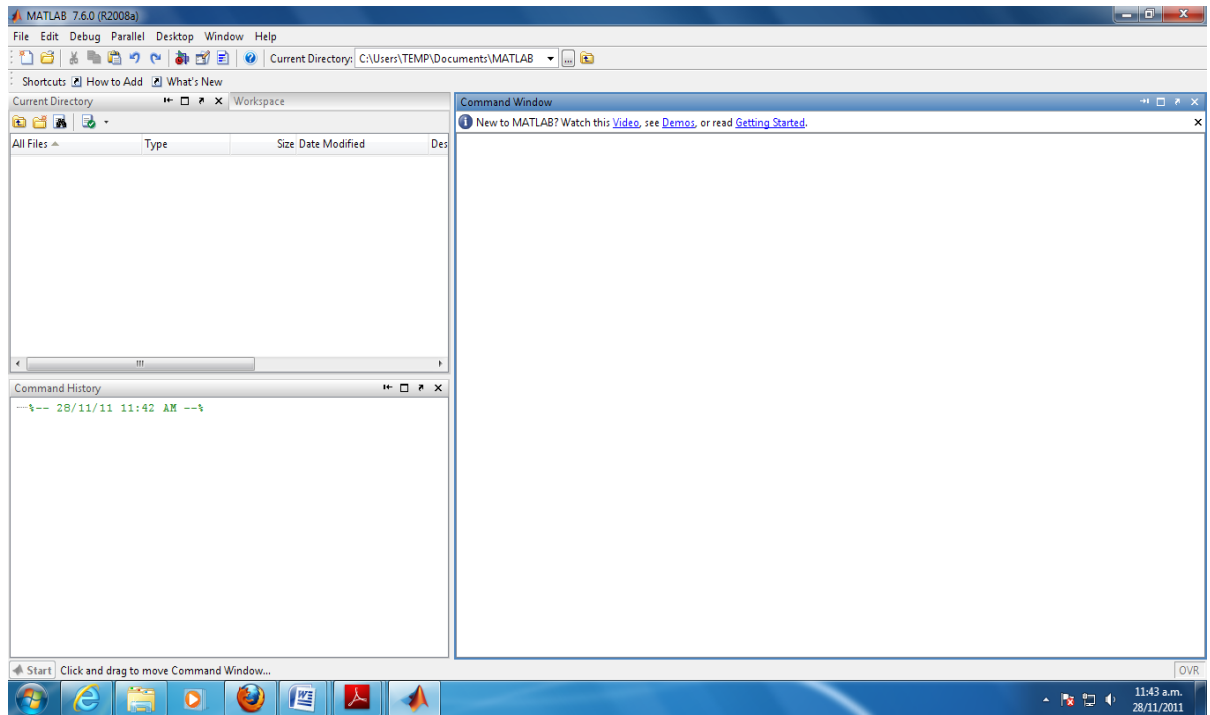
No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	06/29/2007	06/29/2007	1308	1
2	01/26/2011	01/27/2011	76	2
3	04/11/2011	04/11/2011	Ahora	1
Fuente: Autor del proyecto				

6.2. Cálculo de los parámetros con la distribución de Weibull

Teniendo los tiempos entre fallos (TBF) y los tiempos para reparar (TTR), se procedió con el cálculo de los parámetros de Weibull. Para el cálculo de estos se usó el software MATLAB ver figura 19. MATLAB (abreviatura de *MATrixLABoratory*, "laboratorio de matrices") es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows y Apple Mac OS X.

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las *cajas de herramientas (toolboxes)*; y las de Simulink con los *paquetes de bloques (blocksets)*

Figura 19. Entorno MATLAB R2008a



Fuente: Autor del proyecto

Como primer paso para la obtención de los parámetros de Weibull y la creación de la gráfica de Weibull hay que introducir las observaciones correspondientes a los tiempos entre fallas (días), y similarmente se hace el mismo procedimiento para los tiempos para reparar (días). Para poder calcular los parámetros de la función Weibull se necesitan mínimo tres solicitudes de servicio del software SIMAT ya que con estos se tienen dos tiempos entre reparaciones. El procedimiento que se va a mostrar a continuación fue hecho para las observaciones de tiempo entre fallas (TBF) y los tiempos para reparar (TTR) de la centrifuga refrigerada No.1 del laboratorio clínico.

6.2.1. Cálculo de los parámetros de confiabilidad. Con los tiempos entre fallas (TBF) que se pueden ver en la tabla 8, el código realizado en MATLAB primero

organiza estos datos de menor a mayor para luego calcular los porcentajes acumulados para cada tiempo de falla mediante el método de los rangos medianos:

Que viene dada por la ecuación²¹:

$$F(t_i) = \frac{i}{n+1} = 1 - R(t) \quad (28)$$

Donde n es el número total de datos y i el consecutivo del dato que se evalúa. Este método es ideal para muestras pequeñas o que vayan de 2 a 100.

El objetivo de la gráfica de Weibull es proporcionar una representación en 2D de las observaciones. Ahora para aplicar la ley se deben estimar los 3 parámetros. Para ello se utiliza el método gráfico Allen Plait y para este se utiliza una hoja especial llamada papel Weibull (ver figura 20) que usa las siguientes escalas²²:

$$X = \ln t$$
$$Y = \ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] \quad (29)$$

Sabiendo que para el modelo de Weibull la confiabilidad viene dada por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (30)$$

Tenemos la $\gamma = 0$ que es equivalente a que el origen del tiempo para la ley es el mismo que el de las observaciones, y así de esa manera obtenemos la relación

²¹PASCUAL, Rodrigo. Gestión moderna del mantenimiento. Universidad de Chile. Departamento de ingeniería mecánica.[En línea]. Santiago, 2002.281p.[Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://mett-con.com/manual%20del%20ingeniero%20de%20mantenimiento.pdf>>

²²Ibíd., p. 281

entre la confiabilidad y la no confiabilidad esta relación viene dada por la siguiente ecuación²³:

$$1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (31)$$

Y aplicando logaritmos neperianos a ambos lados de la ecuación se tiene que:

$$\ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t)} \right] = \beta \ln t - \beta \ln \eta \quad (32)$$

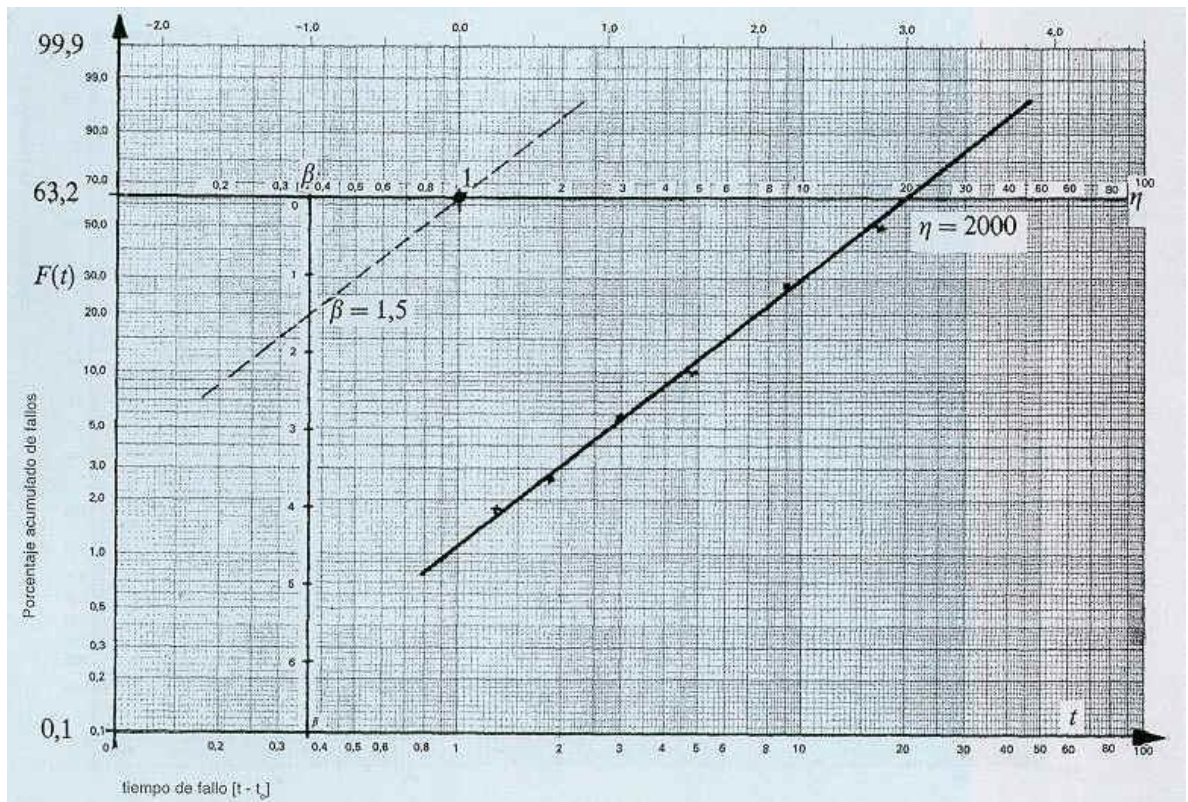
Comparando esta ecuación con la de una línea recta $Y = AX + B$ donde A es la pendiente y B es la intersección con el eje Y . Al comprar esta ecuación con la anterior de doble logaritmo se tiene que:

$$\begin{aligned} A &= \beta \\ B &= \beta \ln \eta \end{aligned} \quad (33)$$

Una distribución de Weibull con $\gamma = 0$ traza una recta en un gráfico de Weibull. Al trazar tal recta se estiman los parámetros faltantes.

²³Ibíd., p. 281

Figura 20. Papel de Weibull



Fuente: http://www.jmcprl.net/ntps/@datos/ntp_331.htm

Por medio del procedimiento anterior y montando estas ecuaciones al código que se realizó en MATLAB el calcula los parámetros de Weibull que son el factor de forma o pendiente β (beta) y la escala η (eta), entre estos hay otro factor que es importante y es el MTBF (tiempo medio entre fallos), el cual es necesario para calcular la disponibilidad del equipo. El cálculo de este parámetro se realizó con la ecuación del MTBF para la distribución de Weibull que viene dada por²⁴:

$$MTBF = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (34)$$

Donde, Γ = gamma

²⁴Ibíd., p. 281

Al introducir la ecuación anterior en MATLAB, el mismo programa genera los valores de la función gamma para la distribución de Weibull y de esta manera se puede hallar el MTBF. Si este proceso se hiciera de forma manual, es decir sin la ayuda de ningún software se tendría que utilizar una tabla de fiabilidad (ver figura 21), en la que aparecen los valores de gamma, con relación al factor de forma que nos haya generado la gráfica de no confiabilidad de Weibull.

Figura 21. Tabla de fiabilidad

LEY DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \qquad \sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η	β	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	σ/η
0	∞	∞	2,0	0,8862	0,463
0,1	101	$\sqrt{20! - (10!)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8850	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,0649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8956	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

Fuente: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_331.pdf

La calidad del procedimiento anterior se debe verificar. Para ello primero aceptamos que al imponer una ley dada se incurre en algún error, pero queremos que el riesgo de que ello ocurra sea menor: definimos como medida el nivel de

confianza α , ósea la probabilidad de que el modelo sea erróneo. Para demostrar este nivel de confianza existen diversos métodos, entre estos está el test X^2 que es utilizado para cuando se dispone al menos de 50 datos u observaciones, el otro test muy utilizado para la verificación de modelos de probabilidad es el de Kolmogorov-Smirnov (KS) que es el que se utilizó en este proyecto, debido a que se puede aplicar para cualquier número de observaciones n . sin embargo, si n es grande es mejor agrupar las observaciones y usar el test X^2 pero para este proyecto ninguno de los equipos del laboratorio tiene reportado en el SIMAT 50 solicitudes de servicio o más.

El test Kolmogorov-Smirnov (KS) se basa en comparar la verdadera función de distribución con la dada por la ley propuesta; acá se usa los valores absolutos de las diferencias entre punto y punto²⁵.

Sea $F'(t)$ la verdadera distribución y $F(t)$ la distribución propuesta. La discrepancia para t_i es:

$$Dn_i = F'(t) - F(t) \quad (35)$$

$F'(t)$ Puede ser estimado por el método de los rangos medios:

$$F(t_i) = \frac{i}{n+1} \quad (36)$$

Puede demostrarse que la distribución de $Dn = \max (Dn_i)$ depende solo de n ; y se puede escribir:

$$P(\max_i |F'(t) - F(t)| < D_{n,\alpha}) \leq 1 - \alpha \quad (37)$$

²⁵Ibíd., p. 281

Esto quiere decir que si el máximo valor de la discrepancia para cada uno de los tiempos evaluados es menor que el de la tabla de la bondad de ajuste de la distribución de Kolmogorov-Smirnov (ver figura 22), la hipótesis se acepta para el nivel de confiabilidad que nosotros necesitemos por ejemplo una confiabilidad del 95% en nuestro ajuste de Weibull debemos verificar con los valores de la tabla de la distribución para un $\alpha = 0.05$ y el numero de datos que tengamos.

Este procedimiento también se estableció en el código de MATLAB, calculando la discrepancia máxima para los TBF que se tengan el mismo hace la comparación y nos encuentra el valor que hay que comparar con la tabla de Kolmogorov-Smirnov y de esa manera verificar el nivel de confianza que tiene la distribución de Weibull.

Figura 22. Tabla de Kolmogorov-Smirnov sobre bondad de ajuste

n	α					n	α				
	0'2	0'1	0'05	0'02	0'01		0'2	0'1	0'05	0'02	0'01
1	0'900	0'950	0'975	0'990	0'995	21	0'226	0'259	0'287	0'321	0'344
2	0'684	0'776	0'842	0'900	0'929	22	0'221	0'253	0'281	0'314	0'337
3	0'565	0'636	0'780	0'785	0'829	23	0'216	0'247	0'275	0'307	0'330
4	0'493	0'565	0'624	0'689	0'734	24	0'212	0'242	0'269	0'301	0'323
5	0'447	0'509	0'563	0'627	0'669	25	0'208	0'238	0'264	0'295	0'317
6	0'410	0'468	0'519	0'577	0'617	26	0'204	0'233	0'259	0'290	0'311
7	0'381	0'436	0'483	0'538	0'576	27	0'200	0'229	0'254	0'284	0'305
8	0'358	0'410	0'454	0'507	0'542	28	0'197	0'225	0'250	0'279	0'300
9	0'339	0'387	0'430	0'480	0'513	29	0'193	0'221	0'246	0'275	0'295
10	0'323	0'369	0'409	0'457	0'489	30	0'190	0'218	0'242	0'270	0'290
11	0'308	0'352	0'391	0'437	0'468	31	0'187	0'214	0'238	0'266	0'285
12	0'296	0'338	0'375	0'419	0'449	32	0'184	0'211	0'234	0'262	0'281
13	0'285	0'325	0'361	0'404	0'432	33	0'182	0'208	0'231	0'258	0'277
14	0'275	0'314	0'349	0'390	0'418	34	0'179	0'205	0'227	0'254	0'273
15	0'266	0'304	0'338	0'377	0'404	35	0'177	0'202	0'224	0'251	0'269
16	0'258	0'295	0'327	0'366	0'392	36	0'174	0'199	0'221	0'247	0'265
17	0'250	0'286	0'318	0'355	0'381	37	0'172	0'196	0'218	0'244	0'262
18	0'244	0'279	0'309	0'346	0'371	38	0'170	0'194	0'215	0'241	0'258
19	0'237	0'271	0'301	0'337	0'361	39	0'168	0'191	0'213	0'238	0'255
20	0'232	0'265	0'294	0'329	0'352	40	0'165	0'189	0'21	0'235	0'252
> 40							$\frac{1'07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'63}{\sqrt{n}}$

Fuente: http://dm.udc.es/profesores/ricardo/Archivos/tablas_estadisticas.pdf

Para poder realizar los cálculos de todos los parámetros de Weibull según los procedimientos vistos anteriormente se implementó un código en MATLAB que facilitara estos, también permitiendo obtener gráficos con las funciones de Confiabilidad, probabilidad de falla y Tasa de Fallas. El código que se implementó para los cálculos de confiabilidad se muestra a continuación:

```

clear
N=input('Ingrese el número de TBF para el equipo= ');
for l=1:N
T(l)=input('Ingrese los TBF del equipo= ');
t=sort(T);
F=[1:length(t)]/(length(t)+1)
X=log(t); Y=log(log(1./(1-F)));
    P=polyfit(X,Y,1);
beta=P(1)
eta=exp(P(2)/(-P(1)))
    Y2=polyval(P,X);
[r, c] = size(t);
for k=1:c
Z(k)=exp(-(t(k)/eta)^beta)
W(k)=1-exp(-(t(k)/eta)^beta);
end
subplot(2,2,1)
plot(X,Y,'!',X,Y2)
title('Gráfica de Weibull para TBF')
xlabel('log t')
ylabel('log(log(1/(1-F)))')
gridon
MTBF=eta*gamma(1+1/beta)
    A=abs(F-W)

```

```

delta_max=max(A)
J=[0:2*MTBF/10:2*MTBF];
for k=1:11
Z2(k)=exp(-(J(k)/eta)^beta);
W2(k)=1-exp(-(J(k)/eta)^beta);
H2(k)=(beta*(J(k)^(beta-1)))/(eta^beta);
end
subplot(2,2,2)
plot(J,Z2,'b')
title('Gráfica de confiabilidad')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('R(t)')
grid on
subplot(2,2,3)
plot(J,W2,'r')
title('Gráfica de probabilidad de falla')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('F(t)')
grid on
subplot(2,2,4)
plot(J,H2,'m')
title('Gráfica de tasa de fallas')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('h(t)')
grid on

```

A continuación se muestra la aplicación de este código para la centrifuga refrigerada No.1 del laboratorio clínico clasificada como un equipo critico dentro del análisis de criticidad, para el cálculo primero se tomaron los valores de los TBF

de los datos históricos de este equipo y se introdujeron en el programa obteniendo los siguientes resultados para cada uno de los parámetros de la distribución de Weibull:

Ingrese el número de observaciones de TBF para el equipo= 13

Ingrese el TBF del equipo= 303

Ingrese el TBF del equipo= 155

Ingrese el TBF del equipo= 93

Ingrese el TBF del equipo= 147

Ingrese el TBF del equipo= 191

Ingrese el TBF del equipo= 211

Ingrese el TBF del equipo= 139

Ingrese el TBF del equipo= 61

Ingrese el TBF del equipo= 6

Ingrese el TBF del equipo= 101

Ingrese el TBF del equipo= 22

Ingrese el TBF del equipo= 25

Ingrese el TBF del equipo= 78

F =

Columns 1 through 10

0.0714	0.1429	0.2143	0.2857	0.3571	0.4286	0.5000	0.5714
0.6429	0.7143						

Columns 11 through 13

0.7857	0.8571	0.9286
--------	--------	--------

Beta =

0.9236

Eta =

138.8952

MTBF =

144.1475

Delta_max =

0.0878

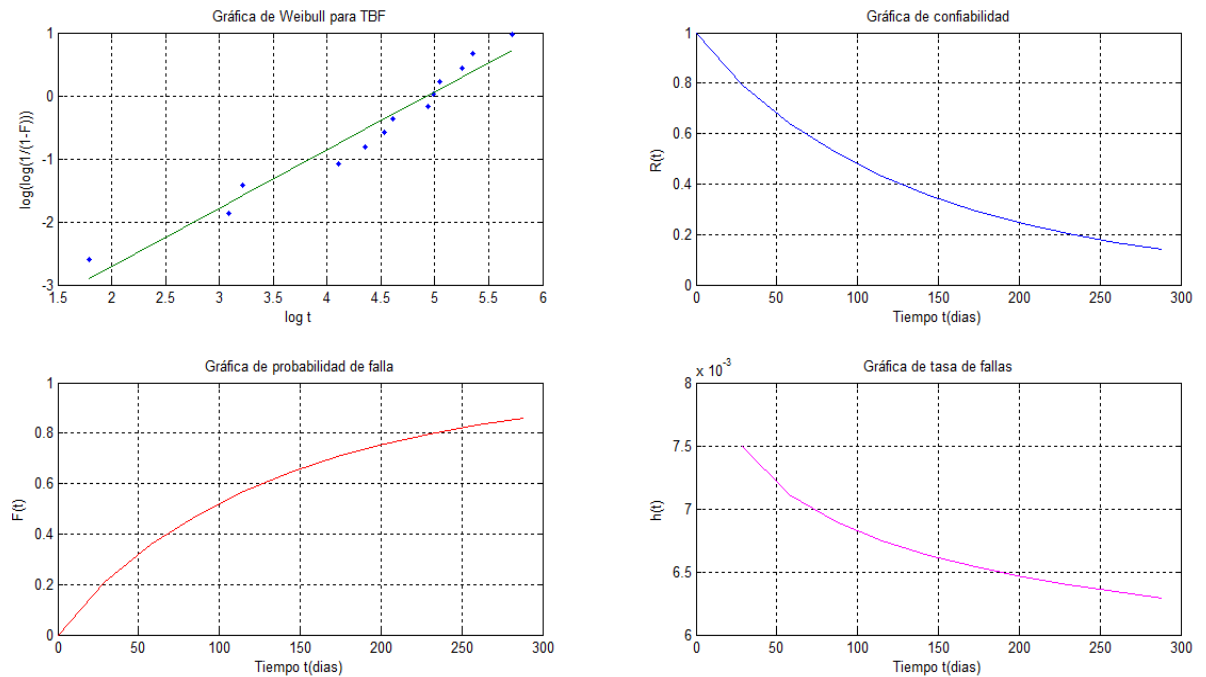
El resultado Delta_max nos sirve para verificar el nivel de confiabilidad de los cálculos comparando este con la tabla de ajuste de bondad de Kolmogorov-Smirnov, encontrando que la hipótesis es válida ya que para un $\alpha = 0.05$, y $n=13$ datos el valor es de 0.361 que es mayor al Delta_max o discrepancia máxima de 0.0878; con esto sabemos que el cálculo con la distribución de Weibull que se realizó cuenta con un 95% de confiabilidad.

Habiendo realizado los cálculos en el programa y con los resultados obtenidos se puede observar que con el beta obtenido en confiabilidad se determina en qué lugar de la curva de la bañera se encuentra la centrifuga refrigerada No.1, al ser el parámetro beta < 1 , quiere decir que la tasa de fallas se debe a problemas de manufactura, diseños deficientes, montajes inadecuados, problemas al momento de hacer mantenimientos correctivos, calidad deficiente en elementos y repuestos, etc. Las acciones de mantenimiento que se deben implementar para disminuir las

fallas que se ocasionan en esta etapa de mortalidad infantil básicamente están constituidas por chequeos periódicos, control de calidad, análisis de modos y efectos de falla (AMEF), acciones correctivas e implementación de acciones que modifiquen su funcionamiento. Principalmente se debe enfatizar en el mantenimiento correctivo para reparar las fallas que se presenten, pero a su vez hacer análisis de estas para evitar que vuelvan a ocurrir, es decir, buscar la causa raíz de cada problema. Por otro lado, es recomendable implementar el programa de mantenimiento preventivo con chequeos e inspecciones rutinarias, que ayuden a detectar fallas inoportunas y permitan solucionarlas sin que se vea afectada la disponibilidad de los equipos, teniendo en cuenta que estos laboratorios deben estar al servicio de la comunidad en cualquier momento.

Al final del análisis se graficaron las funciones de Confiabilidad, probabilidad de falla y Tasa de Fallas de Weibull usando los parámetros calculados de esta distribución para el caso de este equipo, el resto de equipos se consignaron en el anexo B. Estas curvas se trazan en el intervalo desde cero hasta dos veces el MTBF en días y nos muestran el comportamiento esperado del equipo después de la última reparación (Ver Figura 23).

Figura 23. Curvas de Weibull para análisis de confiabilidad de la centrifuga refrigerada No.1



Fuente: Autor del proyecto

6.2.2. Cálculo de los parámetros de mantenibilidad. La mantenibilidad también es importante dentro de los indicadores de confiabilidad ya que es necesario para calcular la disponibilidad, en este punto se utilizó el concepto de disponibilidad inherente, debido a que es la disponibilidad que más se acomoda a la información disponible en la base de datos de la división de mantenimiento tecnológico. Hay que recordar que esta disponibilidad es muy útil ya que La disponibilidad inherente está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación (Ebeling, 1997; 255). Hay que tener en cuenta también que esta disponibilidad no incluye las paradas por Mantenimientos Preventivos o predictivos, demoras en suministros, y demoras administrativas. La disponibilidad inherente está definida por la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (38)$$

El MTTR para la distribución de Weibull se calculó de la misma manera que se calculó el MTBF, solo que ahora se tienen en cuenta los TTR de los datos históricos de los equipos, y para ello se implementó el siguiente código en MATLAB:

```

clear
N=input('Ingrese el número de observaciones de TTR para el equipo = ');
for l=1:N
T(l)=input('Ingrese el tiempo para reparar(TTR) = ');
end
t=sort(T);
F=[1:length(t)]/(length(t)+1)
X=log(t); Y=log(log(1./(1-F)));
    P=polyfit(X,Y,1);
beta=P(1)
eta=exp(P(2)/(-P(1)))
    Y2=polyval(P,X);
[r, c] = size(t);
for k=1:c
W(k)=1-exp(-(t(k)/eta)^beta);
end
subplot(2,2,1:2)
plot(X,Y,'!',X,Y2)
title('Gráfica de Weibull para TTR')
xlabel('log t')
ylabel('log(log(1/(1-F)))')
grid on
MTTR=eta*gamma(1+1/beta)
A=abs(F-W);
delta_max=max(A)

```

```

    J=[0:2*MTTR/10:2*MTTR];
for k=1:11
W2(k)=1-exp(-(J(k)/eta)^beta);
end
subplot(2,2,3:4)
plot(J,W2,'r')
title('Gráfica de mantenibilidad')
xlabel('Tiempo t(dias)')
ylabel('M(t)')
grid on

```

Con los TTR de la centrifuga refrigerada No.1 se obtuvieron los siguientes resultados para el factor de forma o pendiente β (beta), la escala η (eta) y el MTTR:

Ingrese el número de observaciones de TTR para el equipo = 14

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 291

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 91

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 1

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 3

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 3

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 9

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 1

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 9

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 6

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 2

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 7

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 4

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 1

Ingrese el tiempo para reparar (TTR) = 3

F =

Columns 1 through 8

0.0667 0.1333 0.2000 0.2667 0.3333 0.4000 0.4667 0.5333

Columns 9 through 14

0.6000 0.6667 0.7333 0.8000 0.8667 0.9333

Beta =

0.5454

Eta =

13.8383

MTTR =

23.8689

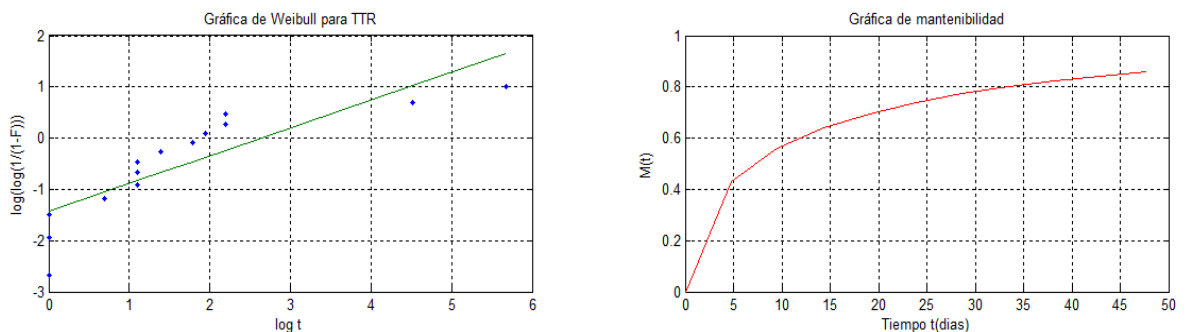
Delta_max =

0.2535

Para un $\alpha = 0.05$, y $n=14$ datos el valor es de 0.349 que es mayor al Delta_max o discrepancia máxima de 0.2535 por lo cual la hipótesis es válida; y con esto sabemos que el cálculo con la distribución de Weibull que se realizó cuenta con un 95% de confiabilidad.

Al final del análisis se obtuvieron el gráfico de Weibull y la función de mantenibilidad usando los parámetros calculados de esta distribución para el caso de la centrifuga refrigerada No.1 (ver figura 24).

Figura 24. Curvas de Weibull para mantenibilidad de la centrifuga refrigerada No.1



Fuente: Autor del proyecto

La gráfica anterior nos muestra la probabilidad de que la funcionabilidad del equipo sea recuperada en un instante de tiempo, en este caso el tiempo es en días. Finalmente, ya habiendo obtenido el MTBF y el MTTR se pudo calcular la disponibilidad inherente del equipo, mediante la ecuación:

$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (39)$$

Entonces la disponibilidad inherente para la centrifuga refrigerada No.1 es:

$$A_i = \frac{144.1475}{144.1475 + 23.8689} * 100 = 86.15\%$$

6.3. Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio clínico.

A continuación en las tabla 12 y 13, se muestran los resultados de los parámetros obtenidos mediante el modelo de Weibull para confiabilidad y mantenibilidad de los equipos críticos y medianamente críticos del laboratorio clínico, algunos equipos se excluyeron de estos resultados porque no contaban con las suficientes observaciones para poder aplicarles el método anteriormente nombrado.

Tabla 12. Resultados parámetros de vida

EQUIPO	CONFIABILIDAD				MANTENIBILIDAD		
	β	η	MTBF	Etapa de vida	β	η	MTTR
Analizador de química semiautomatizado	1,210	173,999	163,298	Desgaste	0,379	8,161	31,514
Centrifuga N°1 refrigerada	0,923	138,895	144,147	Infancia	0,545	13,838	23,868
UPS	2,786	405,090	360,651	Desgaste	1,634	1,637	1,465
Microcentrifuga N°7	3,979	163,099	147,791	Desgaste	0,280	95,668	1227,154
Agitador vortex N°1	0,546	505,984	869,957	Infancia	0,372	31,609	129,241
Horno N°1	0,393	67,875	229,744	Infancia	0,392	26,438	92,457
Autoclave N°1	0,792	286,874	327,211	Infancia	0,511	36,835	70,599
Centrifuga N°3	0,578	261,435	413,124	Infancia	0,833	28,572	38,296
Nevera No.2	0,485	345,728	731,346	Infancia	0,603	8,264	12,328

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 13. Resultados disponibilidad inherente

EQUIPO	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
Analizador de química semiautomatizado	163,298	31,514	83,8233
Centrifuga N°1 refrigerada	144,147	23,868	85,7941
UPS	360,651	1,465	99,5954
Microcentrífuga N°7	147,791	1227,154	10,7488
Agitador vortex N°1	869,957	129,241	87,0655
Horno N°1	229,774	92,457	71,3072
Autoclave N°1	327,211	70,599	82,2530
Centrifuga N°3	413,124	38,296	91,5165
Nevera No.2	731,346	12,328	98,3422
Fuente: Autor del proyecto			

6.4. Resultados de la aplicación del modelo probabilístico de Weibull para análisis de vida de los equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular.

A continuación en la tabla 14, se muestran los resultados de los parámetros obtenidos mediante el modelo de Weibull para confiabilidad y mantenibilidad de los equipos críticos y medianamente críticos del laboratorio de inmunología y biología molecular, algunos equipos se excluyeron de estos resultados porque no contaban con las suficientes observaciones para poder aplicarles el método anteriormente nombrado. Y en la tabla 15 se registraron los resultados de la disponibilidad inherente que esta expresada como un porcentaje que es de gran importancia porque me permite saber que tan frecuente el sistema está bien y listo para operar.

Tabla 14. Resultados parámetros de vida

EQUIPO	CONFIABILIDAD				MANTENIBILIDAD		
	β	η	MTBF	Etapa de vida	β	η	MTTR
Microscopio de fluorescencia	0,466	231,496	530,250	Infancia	0,516	26,656	50,295
Microscopio invertido	0,350	1000,016	5014,616	Infancia	1,634	1,637	1,465
Centrifuga de piso	1,407	573,391	522,140	Desgaste	0,266	122,27	2053,16
Centrifuga refrigerada	0,406	686,967	1646,625	Infancia	0,509	35,744	70,337
Congelador (Taq)	0,360	686,967	3137,709	Infancia	0,314	25,398	193,065
Pipeta automática 200-1000	0,504	837,449	1646,625	Infancia	1,094	22,353	21,604

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 15. Resultados disponibilidad inherente

EQUIPO	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
Microscopio de fluorescencia	530,250	50,295	91,3365
Microscopio invertido	5014,616	1,465	99,9707
Centrifuga de piso	522,140	2053,16	20,2749
Centrifuga refrigerada	1646,625	70,337	95,9034
Congelador (Taq)	3137,709	193,065	94,2035
Pipeta automática 200-1000	1646,625	21,604	98,7049

Fuente: Autor del proyecto

6.5. Análisis de la información de los parámetros calculados.

La confiabilidad de los parámetros calculados depende de la veracidad y calidad de la información disponible en el SIMAT. Por esta razón se hizo necesario, una vez calculados los parámetros de Weibull, entrar a estudiar cada una de las ordenes de trabajo del equipo junto con sus descripciones y comentarios para así determinar si los cálculos eran confiables o no. La certidumbre de los parámetros calculados depende de varios factores tales como:

- Existencia de datos suficientes para realizar el análisis estadístico.

- Reposición de equipos. Para el estudio es necesario tener conocimiento de la fecha exacta en la cual un equipo es cambiado debido a que la información solo debe ser analizada a partir de dicha fecha. El problema radica cuando no es reportado el cambio del equipo, lo que causa obtención de información errónea.

Después de verificada la veracidad de los parámetros calculados se llegó a conclusiones que luego debieron ser confrontadas con la experiencia de cada ingeniero de mantenimiento correspondiente al cargo de la especialidad del equipo, para cuando hubo poca información o no se entendía de donde provenían las observaciones, se pidió también la ayuda de los operadores de los equipos y las encargadas del laboratorio, para de esa manera garantizar que las observaciones que se hicieran en el plan de mantenimiento fueran de confianza.

Para la centrifuga refrigerada del laboratorio clínico se encontraron una buena cantidad de solicitudes de servicio, con sus respectivas observaciones así como su descripciones por demora en la entrega del equipo al laboratorio clínico. El beta obtenido para esta centrifuga nos revela una disminución de la tasa de fallas con el tiempo, esto se debe a que el equipo es menos propenso a fallar a medida que pasa el tiempo o cuando se le hace una reparación a una pieza del equipo y esto es evidente cuando vemos las solicitudes de trabajo ya que usualmente cuando se le hizo una reparación a este, la aparición de fallas en el tiempo era menor.

Estamos en una etapa importante del equipo en la cual hay que emitir planes de mantenimiento para que no se acerque cada vez más rápido a su etapa de vejez, por el tipo de observaciones que hacen los encargados del mantenimiento al equipo se puede deducir que estos problemas se deben a fallas cuando se reacondicionan con partes nuevas, o retrasos en la consecución de repuestos. Por eso también la labor de mantenimiento demanda más tiempo y su disponibilidad no es tan alta.

7. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

En este capítulo se desarrolló un análisis de modos y efectos de falla, a los equipos críticos evaluados en el estudio de criticidad para los laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la UIS, esto con el fin de identificar las fallas que tienen efectos no deseados en la operación de los equipos, mejorar la confiabilidad y la seguridad de los equipos, aumentar la disponibilidad y capacidad de mantenimiento, y garantizar el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo adecuado para reducir la probabilidad de falla. El AMEF como una herramienta de la confiabilidad se adapta bien al estudio de fallas de equipos, y se aplica en diversas categorías tales como eléctrica, hidráulica, mecánica, etc. Antes de iniciar a aplicar la metodología del AMEF es necesario tener claro algunos términos importantes, para que se haga un adecuado análisis desde el principio.

7.1. Descripción del método

En primer lugar habría que definir si el AMEF a realizar es de proyecto o de producto/ proceso. Cuando el AMEF se aplica a un proceso determinado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo si es un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMEF podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, cuando se habla de producto o proceso, el AMEF se centra en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.²⁶

²⁶BESTRATÉN, Manuel y ORRIOLS, Rosa Maria. Análisis modal de fallos y efectos AMFE. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. NTP 679. [En línea]. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf>

7.1.1. Determinar y definir el sistema. En esta etapa es importante identificar el equipo o parte del proceso incluyendo todos los subsistemas y sistemas que hacen parte del equipo/proceso que se va a analizar, también se debe seleccionar el sistema para el cual es beneficioso realizar un análisis de este tipo; es decir para los equipos y/o sistemas de mediana o alta criticidad determinados en el estudio de criticidad, definir el alcance del análisis y la meta de éste. Se recomienda identificar con algún tipo de numeración los sistemas del equipo, ya que si hay gran cantidad se podrían generar confusiones. Para el AMEF de diseño se incluyen las partes del sistema en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para llevar a cabo este paso se hicieron diagramas de cada uno de los equipos críticos, describiendo los sistemas y subsistemas, como también la descripción de su funcionamiento.

7.1.2. Identificar y definir las funciones del sistema. Se debe identificar y describir la función principal del sistema o equipo analizado; es decir, la razón de ser de éste dentro del proceso productivo, y las funciones secundarias o de apoyo logístico, que son las que ayudan al sistema a realizar la función primaria de acuerdo a los estándares de funcionamiento establecidos.

Por lo general la definición de la función primaria consta de un verbo y un sustantivo, por ejemplo: enfriar agua, comprimir aire, retirar calor, etc. Y los estándares de funcionamiento determinan la magnitud de la función requerida; o sea la asocia a un parámetro medible como: velocidad, volumen de producción, tiempo de inicio de un proceso, tiempo de finalización de un proceso, calidad, servicio al cliente, características técnicas, entre otros, que permiten determinar el estado de falla o no del sistema. En la hoja de trabajo, las funciones se denominan con un número entero, para facilitar su identificación.

En este paso es bastante útil construir un diagrama de bloques funcional confiable que represente la operación, la interrelación y la interdependencia entre las entidades funcionales del sistema.²⁷

7.1.3. Modos de falla. El modo de fallo potencial se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente²⁸. En esta etapa se identifican todas las formas en que una falla puede ocurrir en el nivel de jerarquización del equipo. Se postulan todos los modos probable, posible o creíble de una falla, que incluyen los mecanismos de falla que se han observado históricamente y cuyos mecanismos se han descrito, de acuerdo con el razonamiento de ingeniería. La identificación de los modos de falla se basa en el conocimiento de los componentes, las especificaciones funcionales, requisitos del equipo, esquemas o modos de falla de las piezas o partes asociadas al equipo.

7.1.4. Efectos de falla. Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. En esta etapa se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario. Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una

²⁷MONCADA; RODRIGUEZ y QUIÑONEZ. Op. cit., 113p.

²⁸BESTRATÉN y ORRIOLS. Op. cit.,

descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves²⁹.

7.1.5. Causas del modo de falla. La causa o causas potenciales del modo de falla están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas³⁰.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape

Efecto: Ruido no habitual

Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

Modo de fallo 1: Ausencia de agua.

Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.

²⁹Ibíd.,

³⁰Ibíd.,

Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.

Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura.

Descontrol de la reacción

7.1.6. Registro de la información. La consolidación de la información se debe realizar en la hoja de trabajo FMEA (ver figura 25), de fácil manejo, actualizable, accesible para posibles consultas, en papel o en medio electrónico, la cual debe contener; como ya se dijo, mínimo una columna para registrar cada uno de los pasos anteriores³¹.

Para cada elemento del sistema (subsistema, componente) el analista debe considerar todas las funciones de los elementos en todo sus modos operativos y preguntar si una falla del elemento puede resultar en cualquier efecto inaceptable del sistema. Si la respuesta es no, entonces no es necesario otro análisis de ese elemento Si la respuesta es sí, entonces el elemento se debe examinar más a fondo.

³¹MONCADA; RODRIGUEZ y QUIÑONEZ. Op. cit., 113p.

Figura 25. Hoja de trabajo AMEF

Nombre del departamento: Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistemas varios					Hoja: 1 de 3	
Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Tapa	Impide el acceso a las muestras mientras estas estén en movimiento	1.1	La tapa de la centrifuga no abre	No se pueden sacar o introducir las muestras en el rotor	La centrifuga está apagada	Encender la centrifuga. Presionar la manija y abrir la tapa.
		1.2			La centrifuga debe estar trabajando	Esperar a que la centrifuga se detenga
Escobillas	Las escobillas tienen como función hacer un contacto móvil de los terminales de la fuente de Alimentación.	2.1	La velocidad de rotación no llega a la Velocidad seleccionada.	El rotor no alcanza las rpm necesaria para poder hacer el análisis	Escobillas defectuosas.	Apagar la centrifuga. Verificar el estado de las escobillas. Sustituir si es del caso por otras de la misma especificación de las originales.
		2.2	El testigo de estado de escobillas está encendido.	Operación anormal del rotor debido a las bajas rpm	Escobillas en mal estado.	Apagar la centrifuga. Verificar estado. Sustituir escobillas por otras de igual especificación.

Fuente: Autor del proyecto

7.2. Análisis de modos y efectos de falla para equipos del laboratorio clínico.

Los equipos seleccionados para realizar el AMEF de este laboratorio de acuerdo a su jerarquización en el estudio de criticidad y a los parámetros calculados en el estudio de confiabilidad fueron los siguientes:

- Centrifuga refrigerada No.3 del área de preparación de muestras
- Analizador de química semiautomatizado del área química
- UPS
- Autoclave No.1 del área de esterilización

7.2.1. Centrifuga refrigerada No.3. La centrifuga refrigerada marca Jouan CR312 (figura 26) ubicada en el laboratorio clínico en la sección de preparación de mezclas fue seleccionada como crítica ya que su frecuencia de fallas fue muy alta, por lo tanto fue necesario realizarle un AMEF para detectar cuáles son sus fallas y de esta manera permitirle al equipo de mantenimiento un conocimiento más amplio de este equipo esta centrifuga tiene una capacidad hasta de 1 litro, es una centrifuga robusta, con una mesa de trabajo versátil ya que se puede ubicar en cualquier espacio. Esta acepta pruebas de sangre, bioquímica, microbiología, cultivos celulares, tubos de hematología y más, esta versión cuenta con control analógico de fácil manejo.

Figura 26. Centrifuga refrigerada No.3



Fuente: Autor del proyecto

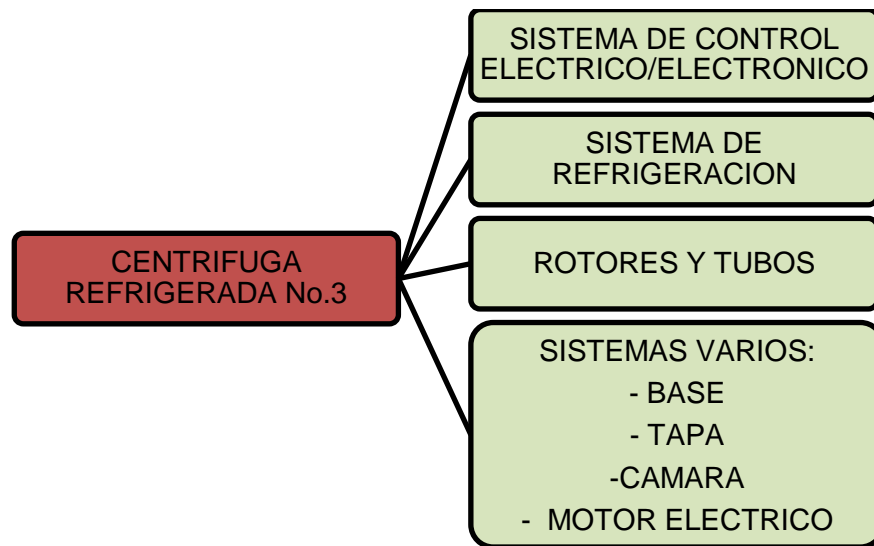
Está dotada con rotores en ángulo de alta capacidad: 8x100 ml, 10x50 ml, 40x50 ml. Para este modelo de centrifuga refrigerada el sistema de control es análogo, con alto rendimiento en refrigeración ya que es capaz de mantener una temperatura de 4 ° C a plena carga, en máxima velocidad y en cualquiera de los rotores. Las cubetas selladas, los cargadores de microplacas y los rotores están certificados con la norma IEC 1010-2-020 para biocontención por C.A.M.R. Porton Down. Tiene un sistema de detección de desequilibrio y apagado (sistema

de péndulo patentado), barrera de protección, doble tapa de bloqueo, y limitación de corriente y temperatura. Es un equipo confiable ya que este tiene un motor robusto termo diseñado y manufacturado, y su carcasa es de acero de recubrimiento epoxi resistente a productos químicos.

Esta centrifuga se usa en el laboratorio para procesos de separación por sedimentación de los componentes sólidos de los líquidos biológicos, y más específicamente la separación de los componentes de la sangre como: glóbulos blancos, glóbulos rojos, plasma y plaquetas, entre otros más para el desarrollo de diferentes pruebas y tratamientos.

Para que el análisis fuera más claro la centrifuga se dividió en 4 sistemas como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Diagrama de flujo centrifuga refrigerada No.3



Fuente: Autor del proyecto

Sistema de control eléctrico/electrónico

En este se encuentra distintos componentes que se encargan de controlar diferentes variables físicas de la centrifuga como por ejemplo: velocidad, temperatura y tiempo, así como condiciones de encendido y apagado del equipo. Esta centrifuga también presenta un control de frenado, el cual permite ya sea hacer más rápido el proceso de paro de la centrífuga, o detenerla en situaciones de emergencia. Su función específica es determinada por el fabricante, en este caso los frenos de esta centrifuga son eléctricos, por tanto debe ser utilizado con precaución según las instrucciones de éste.

Sistemas varios: de este sistema hacen parte elementos como la tapa que es la que impide el acceso a las muestras, mientras estas están en movimiento, en este modelo funciona de forma automática de tal manera que no puede ser abierta mientras la centrifuga esté en funcionamiento. La Cámara es el espacio físico donde se realiza el proceso de centrifugación dentro de esta gira el rotor y también estaría la base que está construida de un acero pesado, cuenta con fijación a la superficie, de modo que brinda estabilidad al equipo.

Sistema de refrigeración: utiliza un circuito de refrigeración interna con condensadores y compresores que se encarga de mantener las muestras a una temperatura adecuada, ya que son muestras que si no se mantienen a una temperatura por debajo de la ambiente pueden presentar degradación.

Rotores: es la parte donde se colocan los tubos donde se colocan las muestras, esta centrifuga cuenta con 5 arreglos de ángulo en el rotor. Son rotores de propósito general. Y Mantienen los tubos en un ángulo fijo, que por diseño está especificado entre los 20 y los 45 grados. Se utilizan para sedimentar partículas subcelulares.

Tubos o portamuestras: su tamaño depende de la aplicación para la que esté diseñado el equipo: Banco de sangre, hematocrito, etc. En la ficha técnica se especificaron los diferentes tamaños en los que se pueden tener.

Las características técnicas de la centrifuga refrigerada No.3 se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Ficha técnica centrifuga refrigerada No.3

DATOS FICHA TÉCNICA CENTRIFUGA REFRIGERADA No.3	
Marca	Jouan
Modelo	CR 3.12
Rcf máxima (g)	6300
Velocidad Máxima (rpm)	5290
Tiempo de Aceleración (seg)	90
Tiempo de frenado(seg)	90
Consumo de energía	900 W
Capacidad	Volumen total(ml)=3000 4@750ml
	Tamaño de los tubos(ml) = 0.5, 1.5, 2.2, 3, 5
Tensión	120 VAC
Dimensiones(cm)	Alto= 40.6
	Ancho= 76.2
	Profundidad= 58.4
Peso (kg)	74.8
Nivel de ruido(db)	60
Fuente: Autor del proyecto	

7.2.2. Analizador de química semiautomatizado. El analizador de química (figura 28) que está ubicado en el área química del laboratorio clínico fue seleccionado como un equipo crítico ya que presentaba una alta frecuencia de falla y además tiene una alta repercusión en las operaciones ya que la calidad o la entrega de resultados a los usuarios se puede ver retrasada si no se cuenta con la maquina en el momento adecuado. Es un Analizador Químico, avanzado y pequeño que fue diseñado para correr pruebas de química clínica y enzimas en

forma simple y muy económica, proporciona resultados rápidos, exactos y confiables.

Figura 28. Analizador de química semiautomatizado.



Fuente: Autor del proyecto

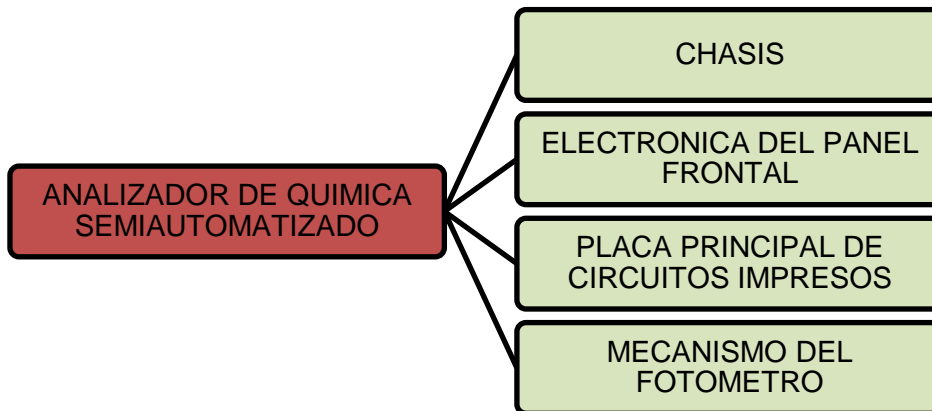
El equipo se ha dividido en 8 subsistemas para un mayor entendimiento en la figura 29 se puede ver como quedo esta división.

Chasis: consiste de dos partes principales, una es la cubierta que es en la que va la pantalla LCD, la placa de circuitos de interfaz, y el teclado. El otro componente que hace parte del chasis es la base, la cual soporta la cubierta electrónica trasera como también es la base para la placa de transporte y los mecanismos del fotómetro.

Electrónica del panel frontal: esta consta de la pantalla LCD, un teclado de membrana de 5 X 4, y el puerto de tarjeta buffer.

Placa principal de circuitos impresos: En circunstancias normales, no hay ajustes que deban introducirse en la placa principal de circuitos impresos. También hay que tener en cuenta que las fallas del circuito son muy poco probables, pero si ocurren es recomendado acudir a los técnicos autorizados por la fábrica.

Figura 29. Subsistemas Analizador de química semiautomatizado.



Fuente: Autor del proyecto

Mecanismo del fotómetro: El mecanismo fotómetro consta de cuatro elementos; el primero es la rueda de filtros y el mecanismo de rotación en este la rueda de filtros rota gracias a un pequeño motor de corriente continua conectado a la rueda por una correa de goma. La velocidad de la rueda está electrónicamente controlada hasta cuatro revoluciones por segundo. A medida que la rueda gira, los filtros montados en esta pasan a través de la fuente de luz y el fotodetector, entonces la lectura se realiza cuando el filtro pasa a través del rayo de luz.

El segundo es el sistema de detección de posición de la rueda del filtro este se utiliza para controlar la velocidad de la rueda de filtros y la toma de lecturas. Normalmente, la luz infrarroja desde el lado de LCD de la puerta está bloqueada, pero cuando los pequeños agujeros en la rueda de filtro pasan a través del haz de luz el microprocesador recibe una señal, continuando con los diferentes componentes que hacen parte de los mecanismos del fotómetro esta la fuente de luz que comprende lámpara con su lente incorporado, el difusor, y el bloque de apertura. La luz, que se originan en la lámpara, pasa a través del difusor, luego a través de la placa de la muestra, el bloque de apertura, y luego en el fotómetro. Esta área bajo el punto de luz es conocida como el sitio de lectura.

Las características técnicas del analizador de química semiautomatizado se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Ficha técnica analizador de química

DATOS FICHA TÉCNICA ANALIZADOR DE QUÍMICA SEMIAUTOMATIZADO	
Marca y modelo	AwarenessTechnologyStatfax 3300
FOTÓMETRO	
Tubo o cubeta	-0.2 a 2.5 unidades de absorbencia.
Con celda de flujo continuo	-0.2 a 3.5 unidades de absorbencia.
Estabilidad desviación	No más de 0.005A en 8 horas /bicromático.
Fuente de luz	Lámpara de Tungsteno halógeno
Longitudes de onda estándares	340,405,450,505,545,600 nmmas 2 opcionales
VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA	
Celda de flujo continuo	250uL
Cubeta	300 L
Tubo (12mm circular)	1mL
ELECTRÓNICA	
Procesador	Z180
Memoria	1 Megabyte
RAM	32 Kbyte
Impresora interna	Térmica de 40/80 columnas
Teclado	20 teclas con membrana en domo
Pantalla	LCD Gráfica de 240 x 128
SALIDAS	
RS232	9600 7 datos, una parada, no paridad
Paralelo	Cualquier impresora compatible con IBM
CELDA DE FLUJO	
Cuerpo de celda	Acero inoxidable 316 de grado quirúrgico
Ventanas	Vidrio Pyrex
Volumen iluminado	33uL
Volumen de aspiración	Programable de 250 a 500uL
MODOS OPERATIVOS	
Diferencia (Factor / Estándar)	Presentación gráfica de reacción en vivo
Ajuste de curva	Lineal, punto a punto o regresión
Misceláneo	Recuerda el Blanco y la curva,
DIMENSIONES	
Ancho x profundidad x alto	23 x 30 x 8 cm.
Peso	5.9 Kg.
FUENTE DE PODER	
Frecuencia	entrada de 50/60Hz
Potencia	50 watts
Tensión	100-240 volts
Fuente: Autor del proyecto	

7.2.3. UPS. Este equipo hace parte del laboratorio clínico, y fue seleccionado como equipo crítico ya que si por algún motivo no está disponible en el laboratorio puede afectar a otros equipos importantes, generando pérdida de datos para el laboratorio o daño de otros equipos importantes para el normal desempeño de las actividades del laboratorio, El UPS (ver figura 30) es un dispositivo que se conecta al enchufe doméstico, este está constituido por una gran cantidad de circuitos que permite alimentar un juego de baterías recargables internas. En caso de que se dé un corte de energía en el suministro de la red del laboratorio, las baterías automáticamente continúan alimentando de energía eléctrica simultáneamente a una gran cantidad de computadoras, y equipos electrónicos, que son de gran utilidad en el laboratorio.

Figura 30. UPS



Fuente: Autor del proyecto

Este equipo no se dividió en subsistemas ya que la mayoría de elementos son circuitos integrados, entonces para el AMEF se tomó todo el equipo en general.

Las características técnicas del UPS se muestran en la tabla 18

Tabla 18. Ficha técnica UPS

FICHA TECNICA UPS	
Marca	UPS Powercom ultimate series II 8000
Capacidad	8 KVA/5600 W
ENTRADA AC	
Voltaje	170 V – 276 V 1/2 cables, 294 V- 478 V 3/4 cables
Corriente	63 A
Frecuencia	50 Hz/60Hz +/- 3 Hz
Factor de potencia	>= 0,97 1/2 cables, 0,95 3/4 cables
SALIDA AC	
Voltaje	208/220/230/240 VAC
Corriente	58 A
Frecuencia	50/60 Hz +/- 0.5%
Factor de potencia	0.7
Respuesta transitoria	100% en variación de la carga +/- 4%
Distorsión armónica	<3%
Detección de sobrecarga	>105% por 10 segundos
Baterías	>130 +/- 10% para 300ms
Interface	Adaptable con UPSMON software de monitoreo en línea
AMBIENTE	
Temperatura	0 – 40 grados Celsius
Humedad	0 – 95 % de humedad
Altura al nivel del mar	Menos de 1500 metros sobre el nivel del mar
Fuente: Autor del proyecto	

7.2.4. Autoclave No.1. La Autoclave Eléctrica ALL AMERICAN modelo 25X (ver figura 31), ubicada en el área de esterilización es un esterilizador de vapor seco con molde en aluminio. Tiene una capacidad líquida de 25 cuartos de galón. Esto es un esterilizador de grado profesional y es perfecto para uso médico. El propósito de este esterilizador es exterminar los microorganismos que están inmersos en los objetos que se usan para diagnósticos, tratamientos e investigación en el laboratorio clínico, en el laboratorio estos objetos tienen el fin de: preparar el equipo a ser usado en los cultivos bacteriológicos como son tubos de ensayo, pipetas, etc. También sirve para esterilizar material contaminado.

Figura 31. Autoclave No.1



Fuente: Autor del proyecto

Las siguientes son las partes con las que cuenta la autoclave del laboratorio clínico:

1. Manómetro.
2. Válvula de seguridad liberadora de exceso de vapor.
3. Tapa con manija en Baquelita
4. Válvula de Control
5. Tubo flexible de gases de combustión de aire.
6. Molde en Aluminio pesado.
7. Control de Calefacción Eléctrico
8. Temporizador de Campana de 60 Minutos
9. Contenedor removible Interior en aluminio.
10. Exclusivos sellos de metal a metal.

Figura 32. Partes autoclave No.1



Fuente: Autor del proyecto

Manómetro: Es el dispositivo que indica cual es la presión de vapor en la autoclave.

Válvula de seguridad: Este dispositivo impide que la presión de vapor aumente de determinado valor

Tapa y manija: La tapa permite aislar la cámara de esterilización del ambiente exterior, esta dispone de empaques que no permiten que el vapor escape mientras esta en operación. Y la manija es la que permite o abrir la puerta.

Válvula de Control: Este elemento es el que controla la presión con al que el vapor ingresa a la autoclave.

Contenedor removible interior: en este se colocan los elementos u objetos que se van a esterilizar.

Camisa: Es el espacio ubicado alrededor del contenedor de esterilización a través del cual circula vapor, con el fin de transferir calor a la cámara, y disminuir la cantidad de condensado.

Las características técnicas de la autoclave No.1 se muestran en la tabla 19

Tabla 19. Ficha técnica Autoclave No.1

FICHA TECNICA AUTOCLAVE No.1	
Marca	All American
Modelo	25x-120
Capacidad total (litros)	24
Altura total (cm)	42.5
Altura de fondo (cm)	31.2
Diámetro interno (cm)	32.1
Peso (kg)	11.8
Potencia (watts)	1050
RECIPIENTE INTERNO	
Altura (cm)	21.6
Diámetro (cm)	28.3
Circunferencia (cm)	91.1
Capacidad (litros)	13.7
Fuente: Autor del proyecto	

7.3. Análisis de modos y efectos de falla para equipos del laboratorio de inmunología y biología molecular

Los equipos seleccionados para realizar el AMEF de este laboratorio de acuerdo a su jerarquización en el estudio de criticidad y a los parámetros calculados en el estudio de confiabilidad fueron los siguientes:

- Microscopio de fluorescencia
- Microscopio invertido

7.3.1. Microscopio de fluorescencia. El microscopio de fluorescencia (figura 33) ubicado en el laboratorio de inmunología y biología molecular, se utiliza con el fin de revelar moléculas fluorescente naturales, como por ejemplo la vitamina A que flourece y emite luz de longitud de onda que se encuentra dentro del espectro visible cuando es expuesta a la luz ultravioleta, o para revelar una fluorescencia agregada, como en la detección de anticuerpos.

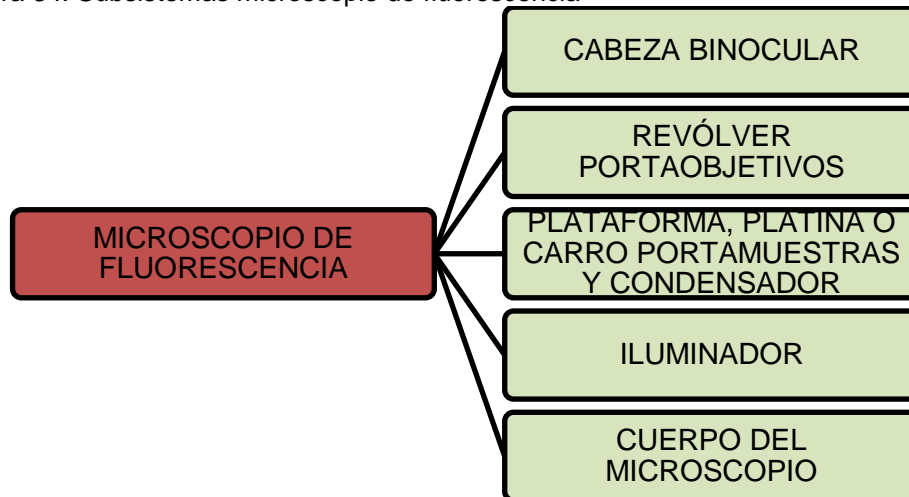
Figura 33. Microscopio de fluorescencia



Fuente: Autor del proyecto

Estos microscopios normalmente se dividen en los siguientes sistemas (ver figura 34).

Figura 34. Subsistemas microscopio de fluorescencia



Fuente: Autor del proyecto

7.3.2. Microscopio invertido. El microscopio invertido (figura 35) ubicado en el laboratorio de inmunología y biología molecular, es una modificación del microscopio convencional, tan solo que este tiene invertida la posición normal de los objetivos, que están, en el revólver portaobjetivos, por debajo de la platina, y la luz de la fuente de iluminación, a través del condensador y del diafragma, llega desde encima de la platina, lo que facilita algunos trabajos como el control del estado de las monocapas celulares cuando se trabaja con botellas o tubos de cultivo.

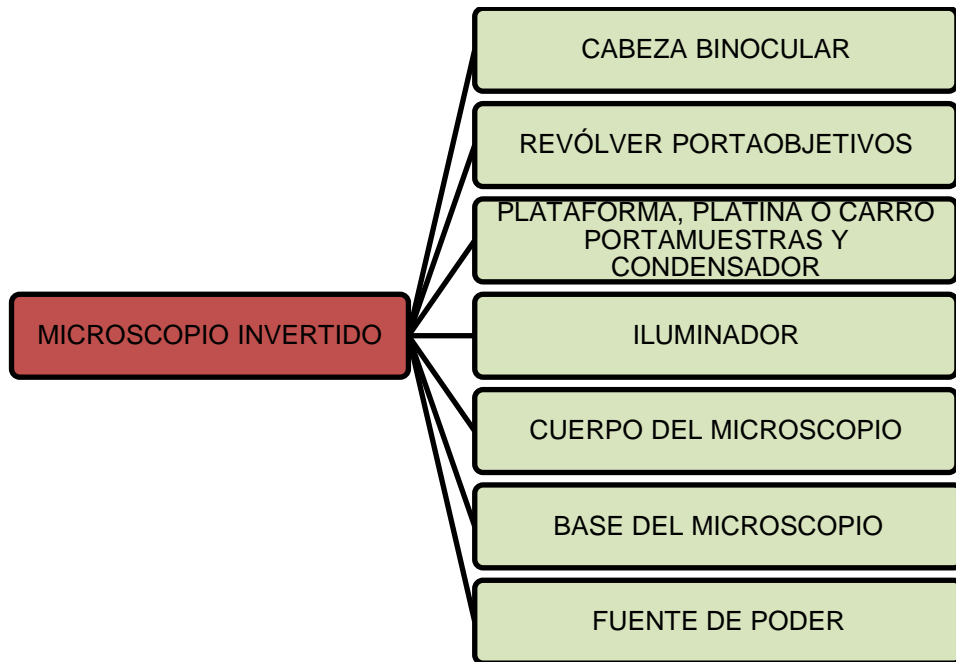
Figura 35. Microscopio invertido



Fuente: Autor del proyecto

Este microscopio se dividió en 7 subsistemas para mejor entendimiento de su funcionamiento, y una mejor identificación de las fallas al momento de realizar la hoja de información del AMEF.

Figura 36. Subsistemas microscopio invertido



Fuente: Autor del proyecto

7.4. Recolección de la información y registro del AMEF

Para obtener la información necesaria al momento de armar el AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla), se recurrió a datos del fabricante o proveedor de los equipos, listas genéricas de modos de falla, las observaciones encontradas en las fallas se software SIMAT, personas que operan y hacen los mantenimientos a los equipos.

El registro del análisis AMEF se encuentra en su totalidad para los 6 equipos en las hojas de trabajo en el anexo C de este libro.

8. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En base a los estudios de criticidad, estudio de confiabilidad, y el análisis de modos y efectos de falla realizados en los capítulos anteriores, en este capítulo se propuso un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular de la Universidad Industrial de Santander, de tal manera que permita una adecuada planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento por parte de la división de mantenimiento tecnológico.

Con las recomendaciones consignadas en los manuales de los fabricantes, la experiencia de los operarios, encargados del mantenimiento y a los estudios de las herramientas de confiabilidad usados en los capítulos anteriores se elaboró el programa de mantenimiento preventivo por equipo.

8.1. Ficha técnica de equipos

La información técnica de los equipos principales se recogió en el formato ficha técnica, que se diseñó de acuerdo a las características de operación y de fabricación de cada uno de los equipos críticos y medianamente críticos que fueron seleccionados por los estudios de confiabilidad, algunas fichas técnicas de los equipos críticos se mostraron en el capítulo del análisis de modos y efectos de falla por lo tanto en el anexo D, se muestra la ficha técnica de los equipos restantes que se incluyeron en el mantenimiento preventivo.

8.2. Ficha de mantenimiento autónomo

El mantenimiento preventivo propuesto se basó en las fichas de mantenimiento autónomo, ya que en este documento se recopila la información acerca de las actividades que el operario debe realizar antes, durante y después de la utilización de cada uno de los equipos. Las fichas están compuestas por revisiones antes, durante y después de la operación así como también recomendaciones y observaciones.

Los encargados de este mantenimiento autónomo deben ser los laboratorios, y deben informar de manera eficaz a la División de Mantenimiento la evolución del mantenimiento para saber si está siendo efectivo o si por el contrario habrá que hacer actualizaciones y modificaciones, que ayuden a alcanzar el éxito en la prevención de fallas de los equipos críticos pertenecientes a cada uno de los laboratorios. En la figura 37, se puede observar la ficha de mantenimiento autónomo, que se utilizó para los equipos críticos de los laboratorios. En el anexo E, se muestran las fichas de mantenimiento autónomo de los equipos críticos de los laboratorios, esta ficha de mantenimiento autónomo se puede también aplicar a equipos que tengan la misma función dentro del laboratorio.

8.3. Cronograma anual de actividades de mantenimiento preventivo

Para establecer el plan anual de mantenimiento de los equipos críticos de los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular se usó un cronograma, en el que se agruparon todas las actividades programadas para el mantenimiento preventivo en cada uno de los laboratorios que incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, herramientas especiales que

se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato. La clasificación de los trabajos se realiza teniendo en cuenta la frecuencia de estos. En el anexo (F) se muestra el plan anual de mantenimiento preventivo para los equipos críticos.

Figura 37. Ficha de mantenimiento autónomo

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo:	
Código:	
No. De inventario:	Ubicación:
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
RECOMENDACIONES DE USO	
Fuente: Autor del proyecto	

9. CONCLUSIONES

- Se logró determinar mediante la herramienta de confiabilidad, análisis de criticidad, que dos equipos de los cuarenta y siete evaluados en el laboratorio de Inmunología y Biología molecular son críticos, y que doce son medianamente críticos. Para el laboratorio clínico se estableció que tres de los sesenta y dos equipos evaluados son críticos y diez son medianamente críticos.
- Para cada uno de los laboratorios los factores que más predominaron al momento de evaluar la criticidad de los equipos estudiados fueron la frecuencia de fallas, la flexibilidad operacional y el impacto operacional de acuerdo a la ponderación obtenida en las encuestas realizadas a los operarios, encargados de los laboratorios y técnicos de mantenimiento de los equipos, así como también a los registros de ocurrencias de fallas por parte del software SIMAT.
- Con el análisis de criticidad implementado en los laboratorios clínicos y de inmunología y biología molecular se lograron identificar los equipos que más atención necesitan por parte de la división de mantenimiento tecnológico para la optimización de sus actividades, y para los cuales es urgente implementar un adecuado plan de mantenimiento preventivo, para evitar en situaciones futuras un inadecuado servicio.
- La mayoría de equipos eléctricos y electrónicos que resultaron críticos y medianamente críticos presentaron un parámetro de forma $\beta < 1$, lo que en la curva de de la bañera corresponde a fallas tempranas, a diferencia de los equipos mecánicos que presentan su mayoría de fallas en la etapa de envejecimiento debido al desgaste de sus piezas.

- Con los parámetros de confiabilidad MTBF y el MTTR se identificaron las frecuencias de inspección más adecuadas en el plan de mantenimiento preventivo propuesto, así como las estrategias más adecuadas para aumentar la disponibilidad de los equipos críticos y medianamente críticos.
- El uso de los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para mejorar la gestión de mantenimiento son valiosos, porque permiten conocer el estado en que se encuentra el área de mantenimiento y si la gestión que se está realizando tiene el efecto deseado de maximizar la disponibilidad de equipos.
- Es importante tener en cuenta la parte económica y controlar los costos de ejecución, porque lograr indicadores altos con costos elevados y sobre el presupuesto de la División de Mantenimiento Tecnológico no valdría la pena.
- Se determinó que el plan de mantenimiento preventivo que se estaba siguiendo en los laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular, no estaba bien orientado, ya que se enfocaba principalmente en acciones de tipo correctivo.
- El Análisis de modos y efectos de falla realizado permitió documentar la experiencia del personal de mantenimiento y los operarios, logrando una mejor comprensión del comportamiento de los equipos y su mantenimiento.
- Tener documentada la información antes descrita permite a la División de mantenimiento tecnológico organizar su información, evitando confusiones a la hora de identificar los modos de falla, sus causas, consecuencias y las acciones que se han seguido para resolver estas fallas a lo largo de la vida del equipo.

10.RECOMENDACIONES

- En los equipos que presentaron un bajo indicador de disponibilidad, es necesario que el personal de mantenimiento tenga en cuenta el análisis de modos y efectos fallas, y el plan de mantenimiento anual para que haya una mejor comprensión de las fallas.
- Realizar estudios posteriores no solo en este laboratorio si no en las otras dependencias que están a cargo de la división de mantenimiento tecnológico, estudios de costo beneficio que permitan complementar los resultados obtenidos mediante los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.
- Se debe continuar con la implementación de las herramientas de mantenimiento que se presentaron en este proyecto, para que sea evidente un mejoramiento continuo, que optimice la gestión, planeación, ejecución y control de los servicios prestados por parte de los laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular.
- Actualizar las tareas del plan de mantenimiento propuesto a los equipos críticos y medianamente críticos en este proyecto, para que se garantice una buena labor de mantenimiento no solo actualmente si no a futuro.
- Garantizar que la información referente a las fallas de los equipos almacenada en la base de datos de la división de mantenimiento tecnológico sea confiable y organizada para que los estudios de confiabilidad realizados más adelante presente un menor grado de incertidumbre en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

AMÉNDOLA, Luis José. Modelos Mixtos de Confiabilidad. DATASTREAM. [En línea]. España, Valencia 2002. 4 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: http://www.pmmlearning.com/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=28

BAUTISTA ESPINOSA, Rosa María. Modelos de mezclas en las funciones de supervivencia. Trabajo de Grado Licenciado en Estadística. Capingo Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Estadística Matemática y Cómputo, 2011. p. 11-24.

BESTRATÉN, Manuel y ORRIOLS, Rosa Maria. Análisis modal de fallos y efectos AMFE. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. NTP 679. [En línea]. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf

CÉSPEDES AMARIZ, Jesús Alonso. Propuesta de estructura organizacional basada en modelo de gestión de mantenimiento de la división de mantenimiento tecnológico de la Universidad Industrial de Santander. Monografía de Grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. 2010,135 p.

GONZÁLEZ B, Carlos Ramón. Conferencias de ingeniería mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2001. Ibíd. Pág. 194.

------. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2007: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

LUNA, Ana Eugenia. Teoría de la confiabilidad. [En línea]. Buenos Aires.: Universidad de Buenos Aires. Departamento de física, 2005. 24 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50927500/Weibull>

Mantenimiento Industrial. Indumento. [En línea]. 2008. 5 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <<http://www.automiento.blogspot.com/>>

MONCADA, Duvan; RODRIGUEZ, Edder y QUIÑONEZ, Jelder. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Tesis de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009.113 p.

MONTAÑA RIVEROS, Leonardo y ROSAS NIÑO, Elkin Gustavo. Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la planta de coque de fabricación primaria en la empresa ACERÍAS PAZ DEL RÍO S.A. Trabajo de grado Ingeniero Electromecánico. Duitama: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. 2006, p.50-136.

MUÑOZ, Maria. Mantenimiento Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. Área de ingeniería mecánica. [En línea]. Madrid. 5 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en:<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio. Área de tecnología y prestación de servicios de salud. Unidad de medicamentos esenciales, vacunas y tecnologías en salud. I título II serie. Washington D.C, 2005. ISBN: 92-75-32590-1

PASCUAL, Rodrigo. Gestión moderna del mantenimiento. Universidad de Chile. Departamento de ingeniería mecánica. [En línea]. Santiago, 2002. 281 p. [Consultado Dic 2011]. Disponible en: <http://mett-con.com/manual%20del%20ingeniero%20de%20mantenimiento.pdf>

RACEDO, Manuel y VELASQUEZ, Jonathan. Plan de mantenimiento basado en un estudio de confiabilidad para las válvulas de seguridad de las plantas de polietileno I y II de la refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2010. 82p.

SARMIENTO, Mónica. Documentación e implementación del sistema de gestión de la calidad para el laboratorio clínico de la Universidad Industrial de Santander, basado en los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025. Tesis de grado Ingeniera Industrial. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Industrial, 2005. 194 p

SIERRA, Gabriel. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A. Tesis de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2009. 182 p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER. División de Mantenimiento Tecnológico. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

-----,-----, Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/mantenimientoTecnologico/presentacion.jsp>]

-----, División de Medios de Comunicación. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/mediosComunicacion/catedraLibre/julio2010/Articulo5.html>]

-----, Vicerrectoría de investigación y extensión. Bucaramanga. [Consultado Dic. 2011] Disponible en: [<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/acreditacionLaboratorios/laboratoriInmologia/index.html>]

ANEXOS

Anexo A. Datos históricos de los equipos medianamente críticos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular.

- Datos históricos laboratorio clínico**

Tabla 20. Datos históricos laboratorio clínico Microcentrifuga No.7

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	03/29/2007	03/30/2007	167	2
2	09/11/2007	09/21/2007	130	11
3	01/18/2008	02/24/2009	Ahora	404
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 21. Datos históricos laboratorio clínico Centrifuga No.3

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	08/28/2007	08/30/2007	18	3
2	09/14/2007	09/18/2007	196	5
3	03/27/2008	06/09/2008	573	75
4	10/20/2009	12/11/2009	106	22
5	02/02/2010	02/25/2010	Ahora	24
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 22. Datos históricos laboratorio clínico Agitador vortex No.1

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	11/23/2007	01/20/2008	97	59
2	10/19/2009	11/04/2009	601	1
3	02/27/2008	02/27/2008	Ahora	17
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 23. Datos históricos laboratorio clínico Horno No.1 Memmerth

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	02/03/2011	02/03/2011	7	1
2	02/09/2011	02/28/2011	86	20
3	05/05/2011	06/08/2011	Ahora	35
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 24. Datos históricos laboratorio clínico Baño serológico No.1

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	10/01/2010	10/06/2010		6
2	04/11/2011	05/09/2011	Ahora	1
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 25. Datos históricos laboratorio clínico Autoclave No.2

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	03/28/2007	03/30/2007	176	3
2	05/19/2008	07/18/2008	Ahora	1
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 26. Datos históricos laboratorio clínico Autoclave No.1

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	03/07/2008	04/11/2008	98	36
2	06/12/2008	07/24/2008	625	43
3	02/26/2010	02/26/2010	201	1
4	09/14/2010	09/29/2010	58	16
5	11/10/2010	12/10/2010	Ahora	31
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 27. Datos históricos laboratorio clínico Nevera No.2

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	02/04/2008	02/27/2008	795	24
2	04/08/2010	04/08/2010	393	1
3	05/05/2011	05/13/2011	43	9
4	06/16/2011	06/16/2011	27	1
5	07/12/2011	07/15/2011	Ahora	4
Fuente: Autor del proyecto				

- **Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular**

Tabla 28. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Pipeta automática extracción de DNA 200 - 1000

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	05/14/2008	05/20/2008	140	7
2	09/30/2008	10/28/2008	1009	29
3	07/05/2011	07/21/2011	Ahora	17
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 29. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Congelador (Taq)

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	11/04/2008	02/02/2009	892	91
2	04/14/2011	04/14/2011	56	1
3	06/08/2011	06/10/2011	Ahora	3
Fuente: Autor del proyecto				

Tabla 30. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Centrifuga refrigerada

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	10/08/2007	11/10/2007	570	34
2	04/29/2009	06/02/2009	49	35
3	06/16/2009	06/18/2009	Ahora	3
Fuente: Autor del proyecto				

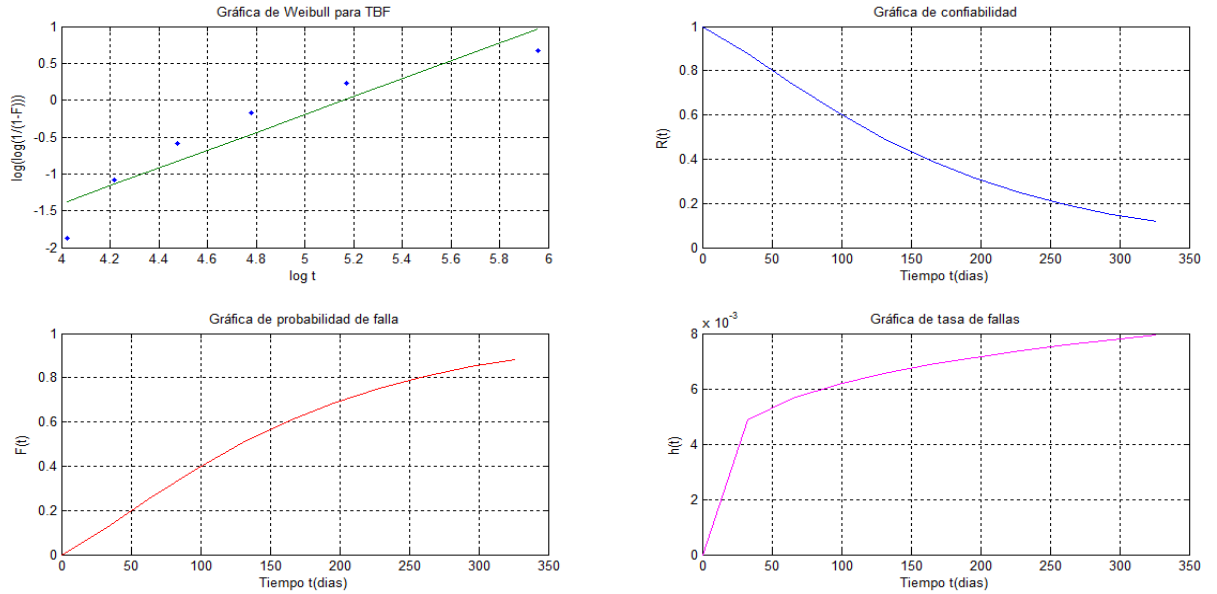
Tabla 31. Datos históricos laboratorio de inmunología y biología molecular Centrifuga de piso

No. Dato	Fecha solicitud (MM/DD/AA)	Fecha cumplimiento (MM/DD/AAAA)	TBF	TTR
1	10/08/2007	11/20/2007	302	44
2	08/04/2008	06/30/2009	613	331
3	04/08/2010	08/04/2010	Ahora	1
Fuente: Autor del proyecto				

Anexo B. Gráficas de confiabilidad y mantenibilidad para los equipos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular

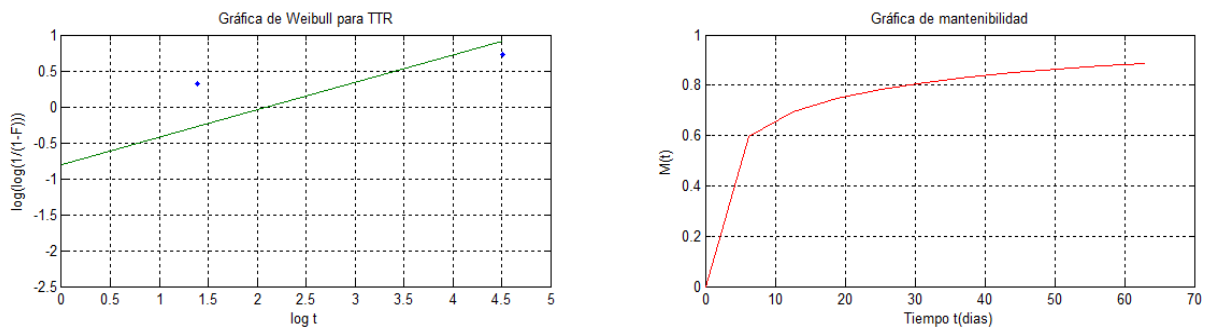
- **Analizador de química semiautomatizado**

Figura 38. Analizador de química semiautomatizado- Confiabilidad



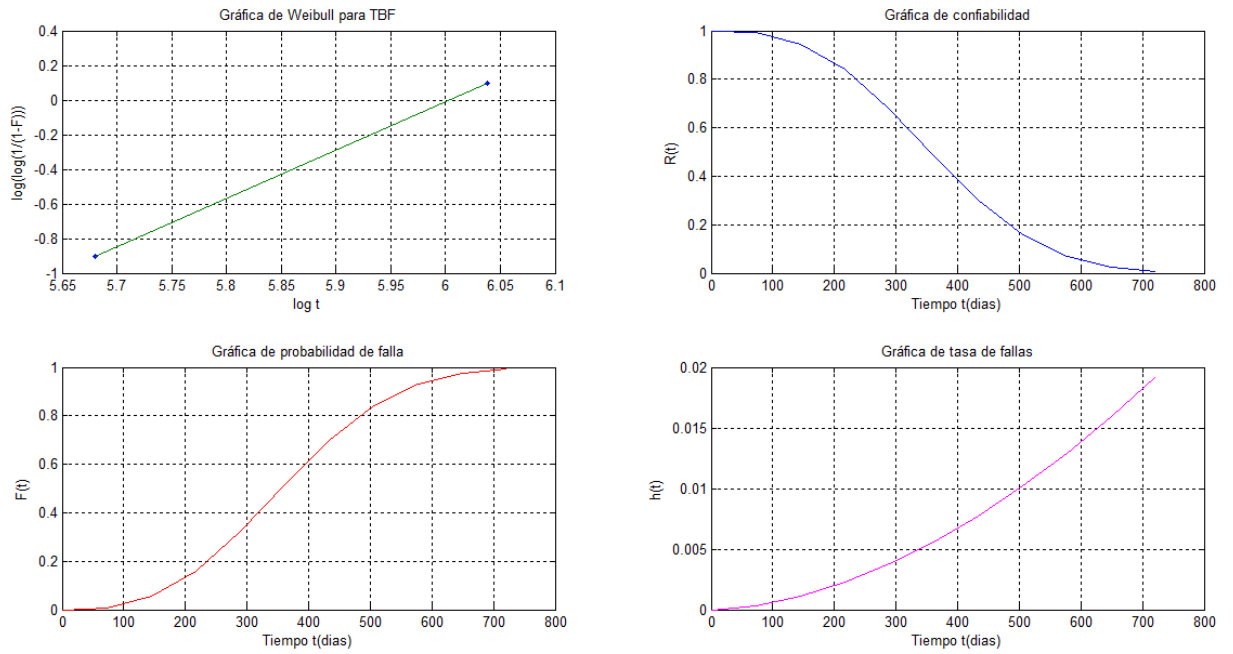
Fuente: Autor del proyecto

Figura 39. Analizador de química semiautomatizado- Mantenibilidad



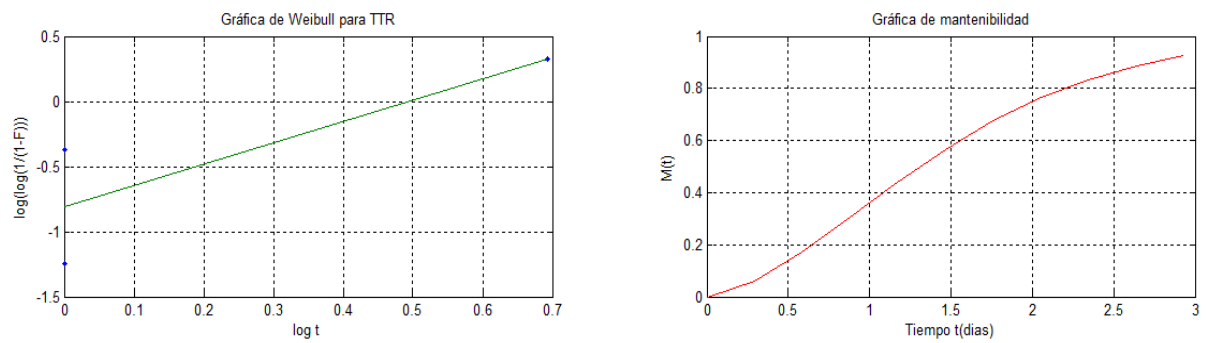
Fuente: Autor del proyecto

Figura 40. UPS powercomultimate series II - Confiabilidad



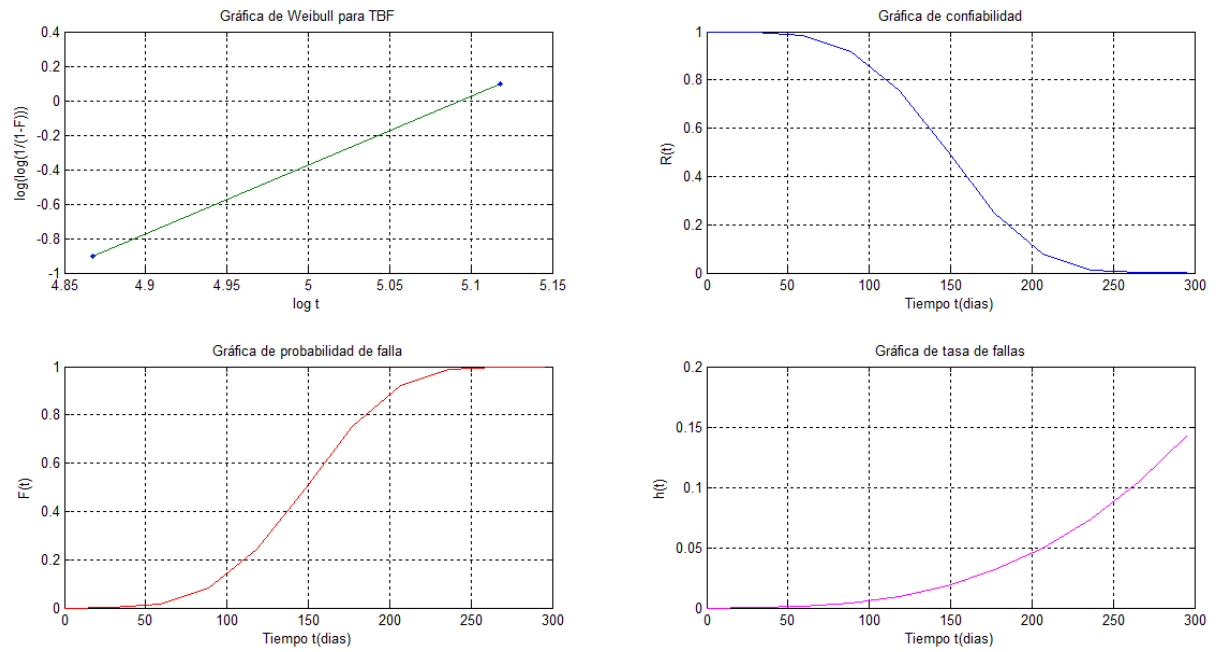
Fuente: Autor del proyecto

Figura 41. UPS powercomultimate series II- Mantenibilidad



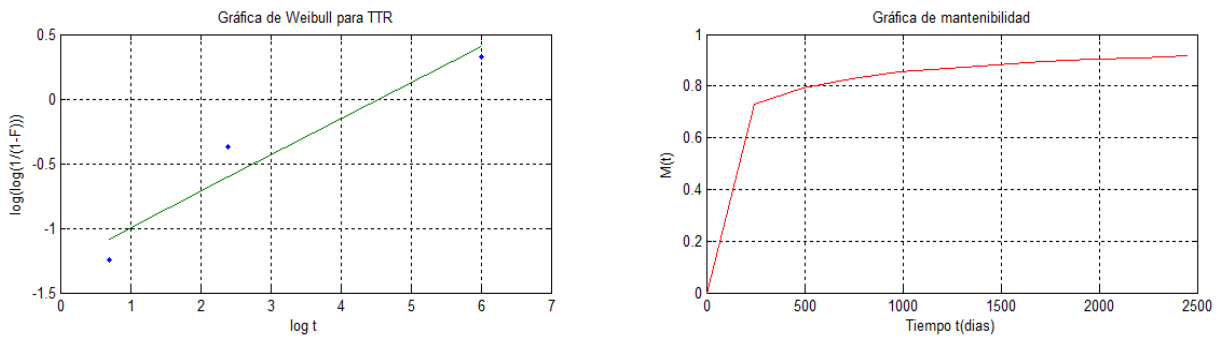
Fuente: Autor del proyecto

Figura 42. Microcentrifuga No.7 - Confiabilidad



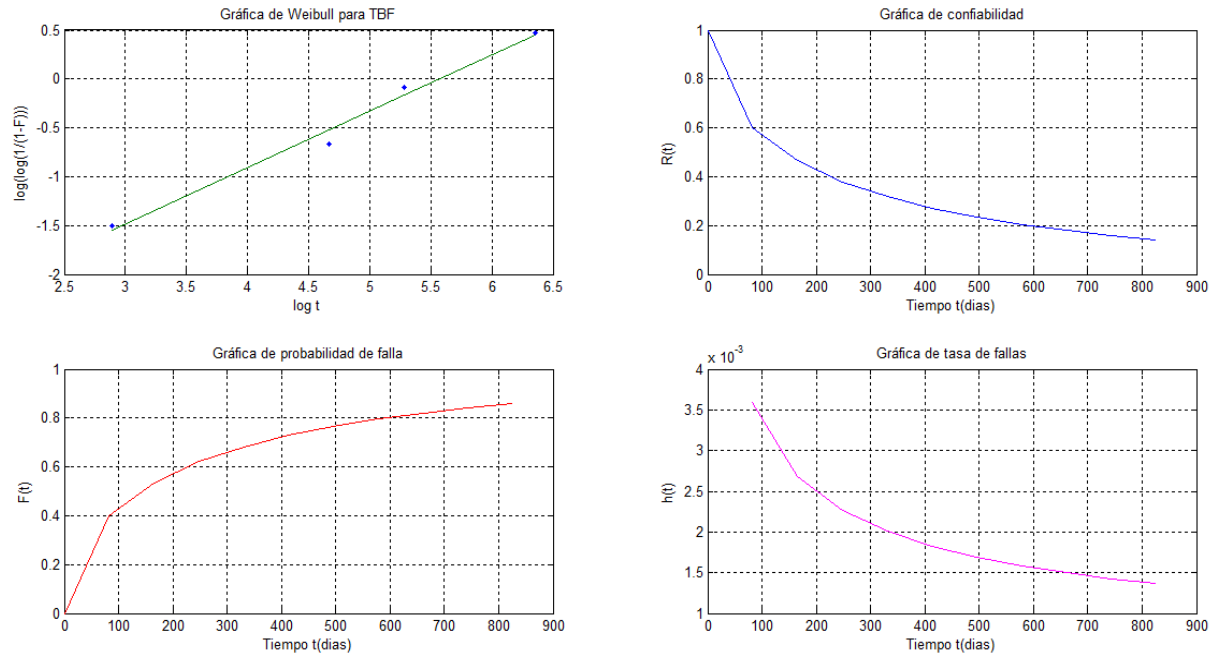
Fuente: Autor del proyecto

Figura 43. Microcentrifuga No.7 - Mantenibilidad



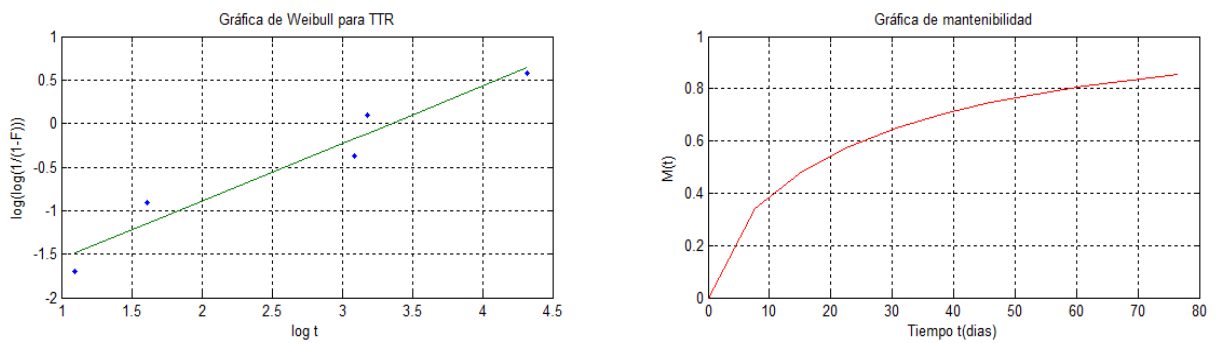
Fuente: Autor del proyecto

Figura 44. Centrifuga No.3 - Confiabilidad



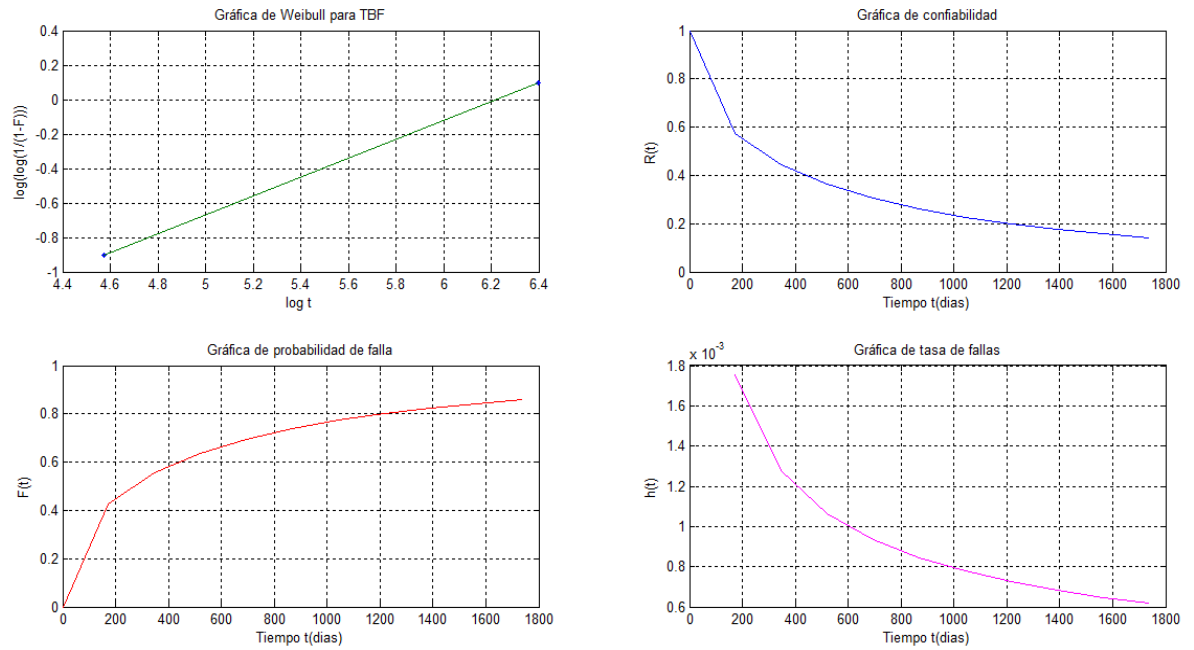
Fuente: Autor del proyecto

Figura 45. Centrifuga No.3 - Mantenibilidad



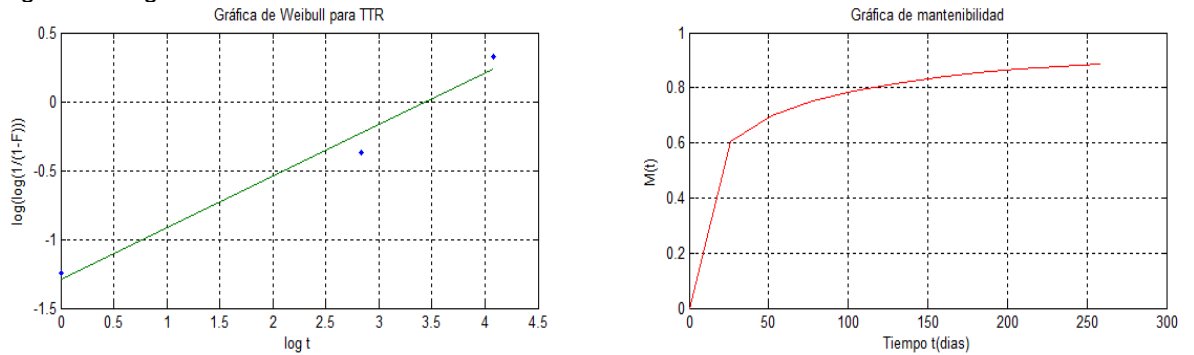
Fuente: Autor del proyecto

Figura 46. Agitador vortex No.1 - Confiabilidad



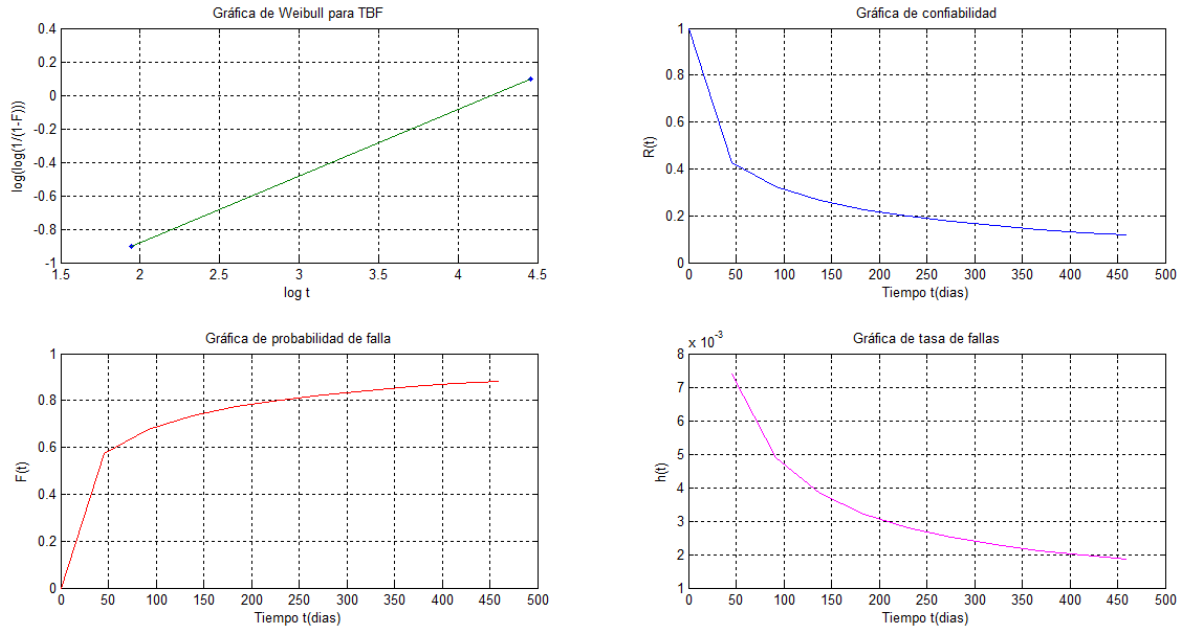
Fuente: Autor del proyecto

Figura 47. Agitador vortex No.1 - Mantenibilidad



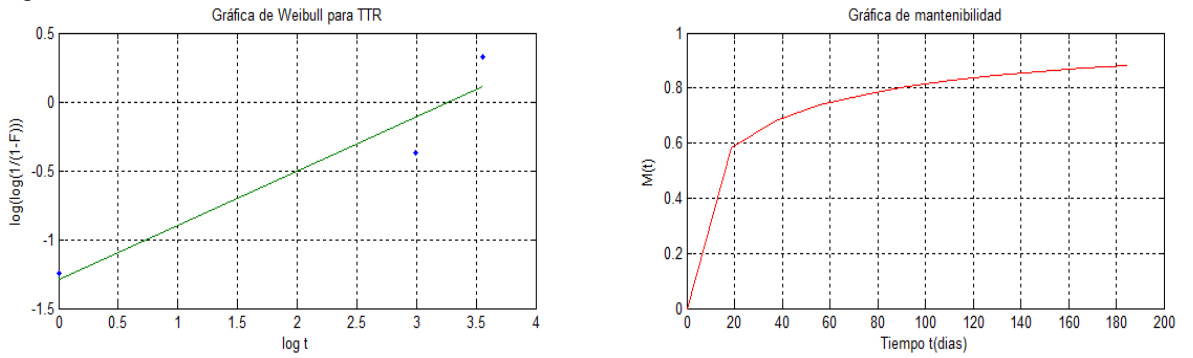
Fuente: Autor del proyecto

Figura 48. Horno Memmerth No.1 - Confiabilidad



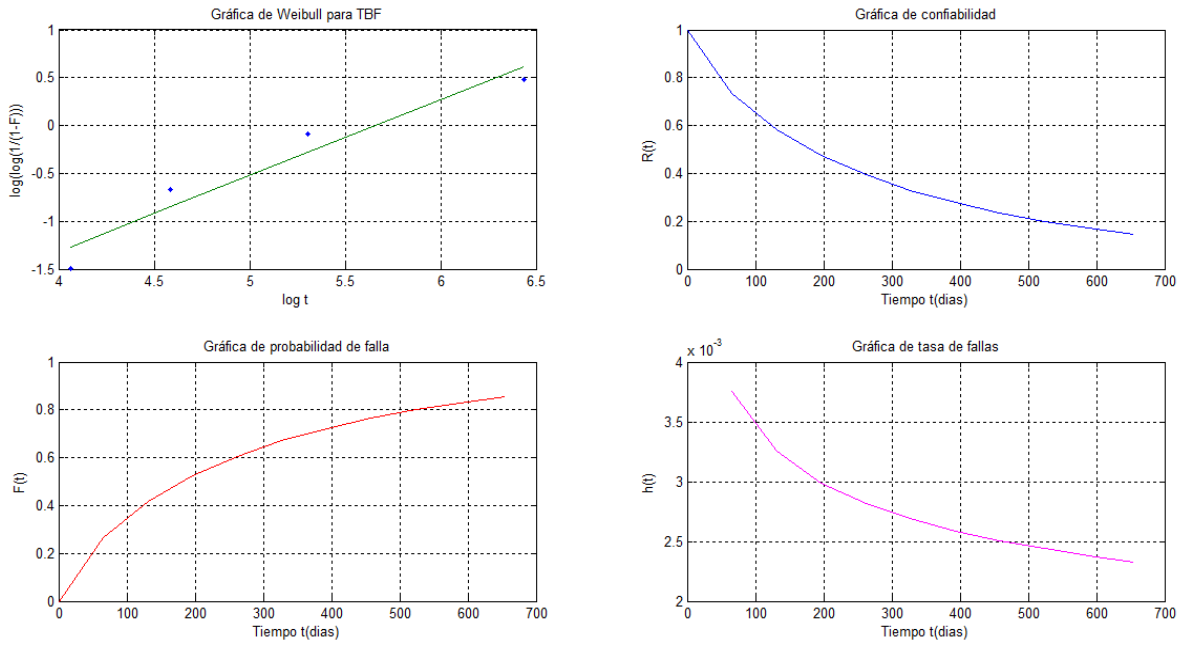
Fuente: Autor del proyecto

Figura 49. Horno Memmerth No.1 - Mantenibilidad



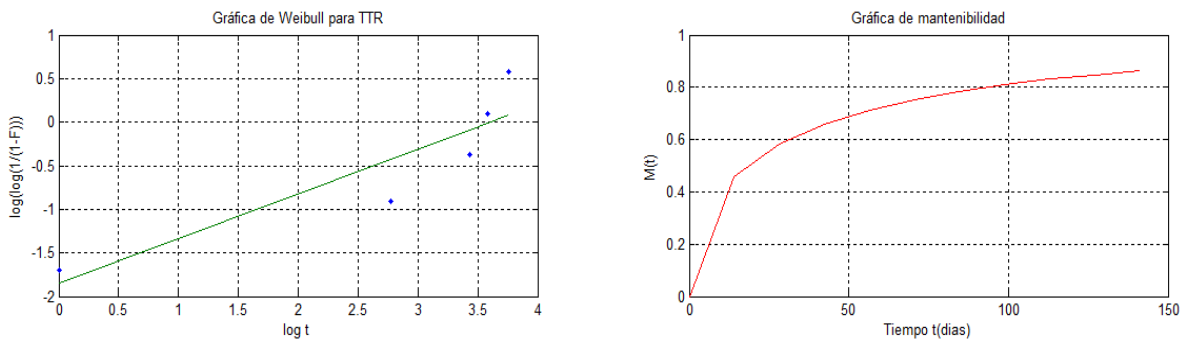
Fuente: Autor del proyecto

Figura 50. Autoclave No.1 - Confiabilidad



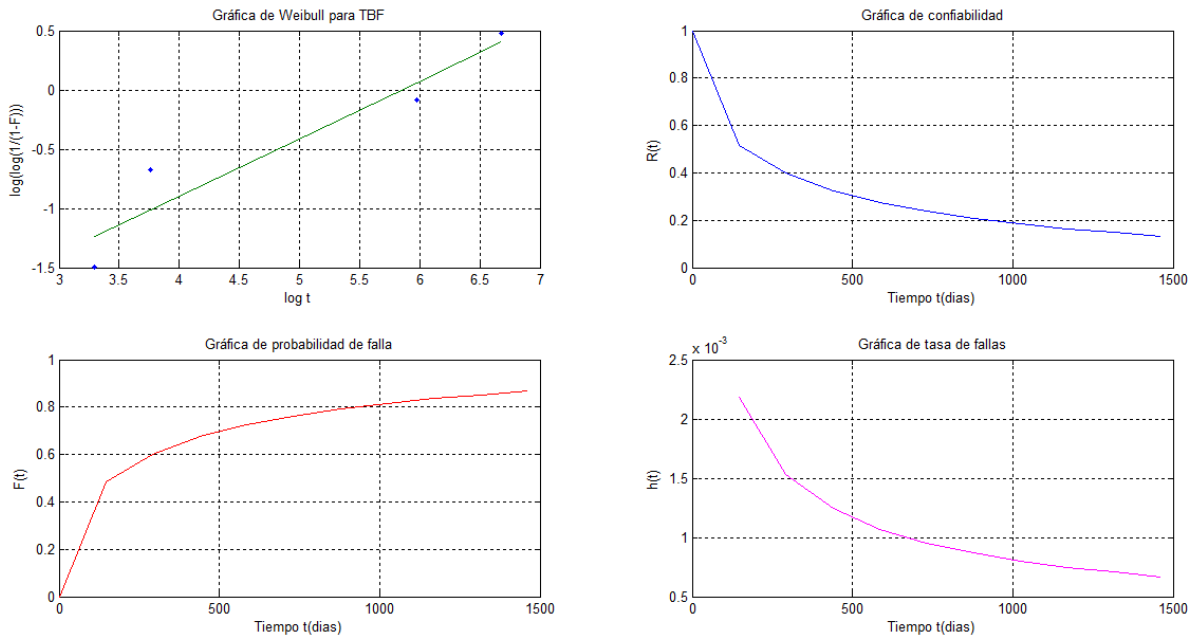
Fuente: Autor del proyecto

Figura 51. Autoclave No.1 - Mantenibilidad



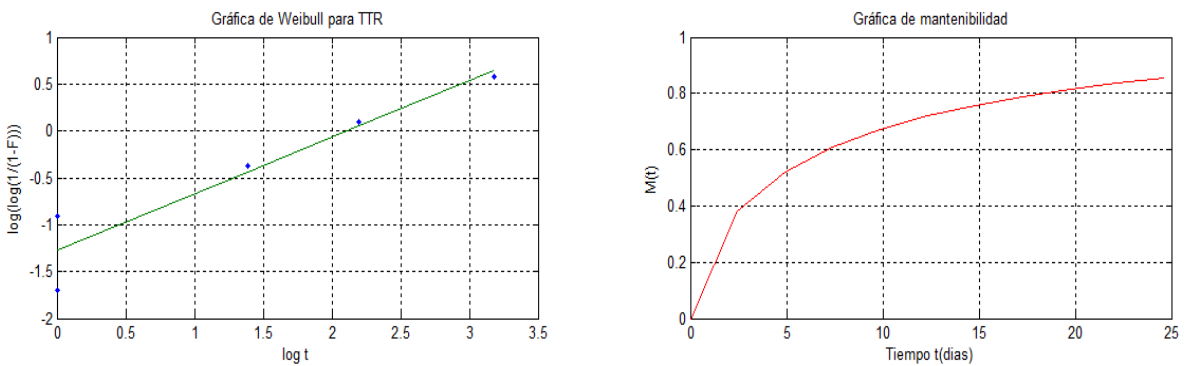
Fuente: Autor del proyecto

Figura 52. Nevera No.2 - Confiabilidad



Fuente: Autor del proyecto

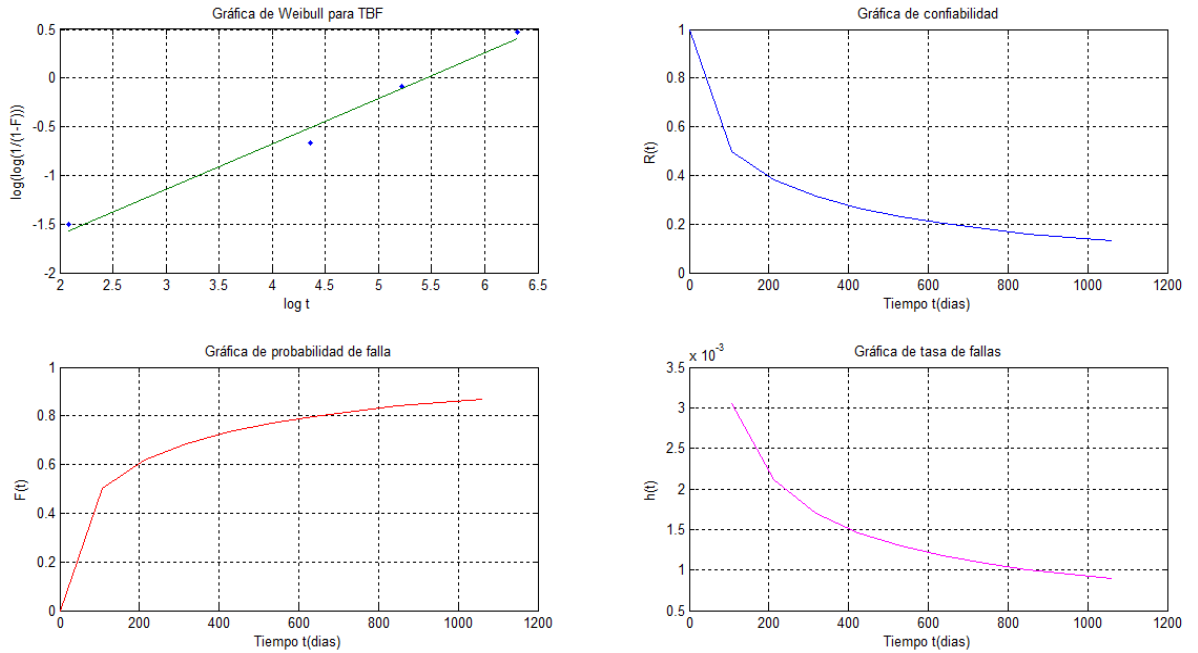
Figura 53. Nevera No.2 - Mantenibilidad



Fuente: Autor del proyecto

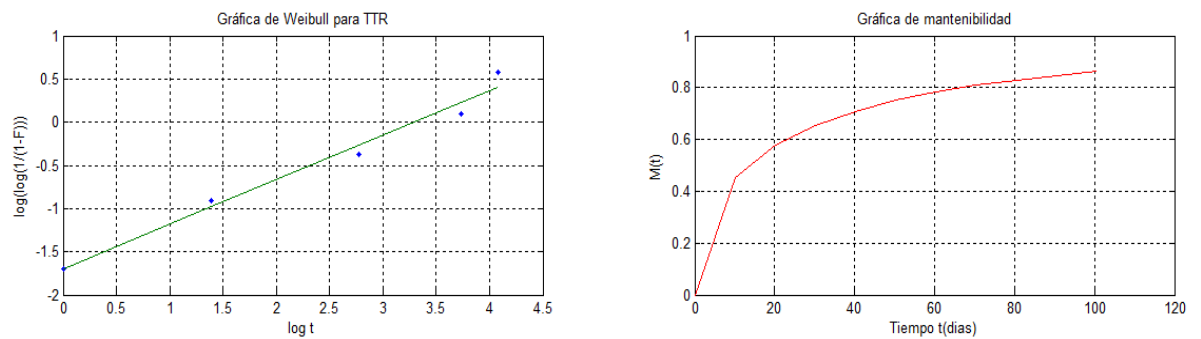
- Gráficas equipos laboratorio de inmunología y biología molecular

Figura 54. Microscopio de fluorescencia - Confiabilidad



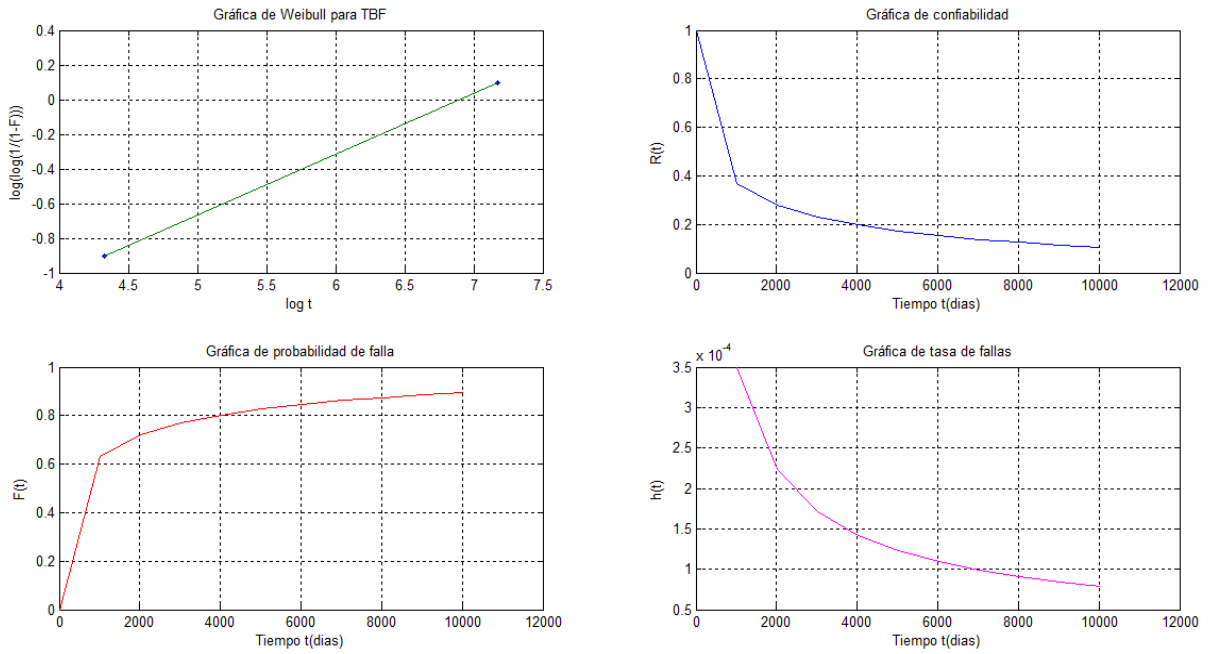
Fuente: Autor del proyecto

Figura 55. Microscopio de fluorescencia - Mantenibilidad



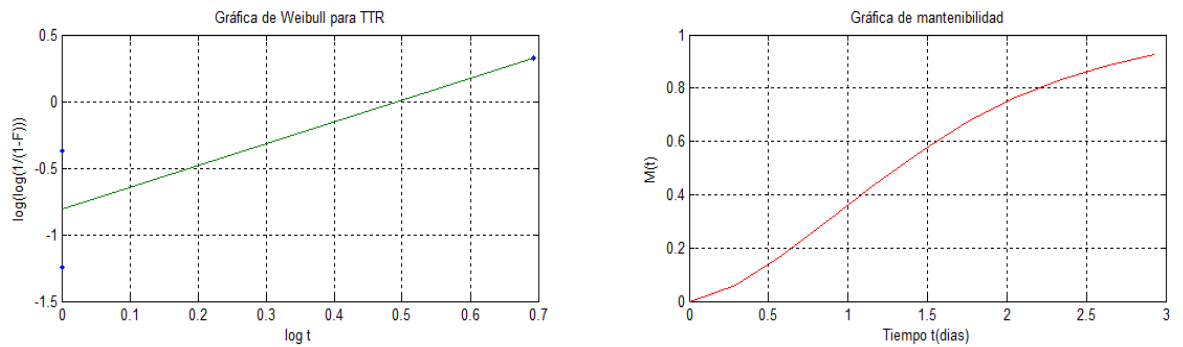
Fuente: Autor del proyecto

Figura 56. Microscopio invertido - Confiabilidad



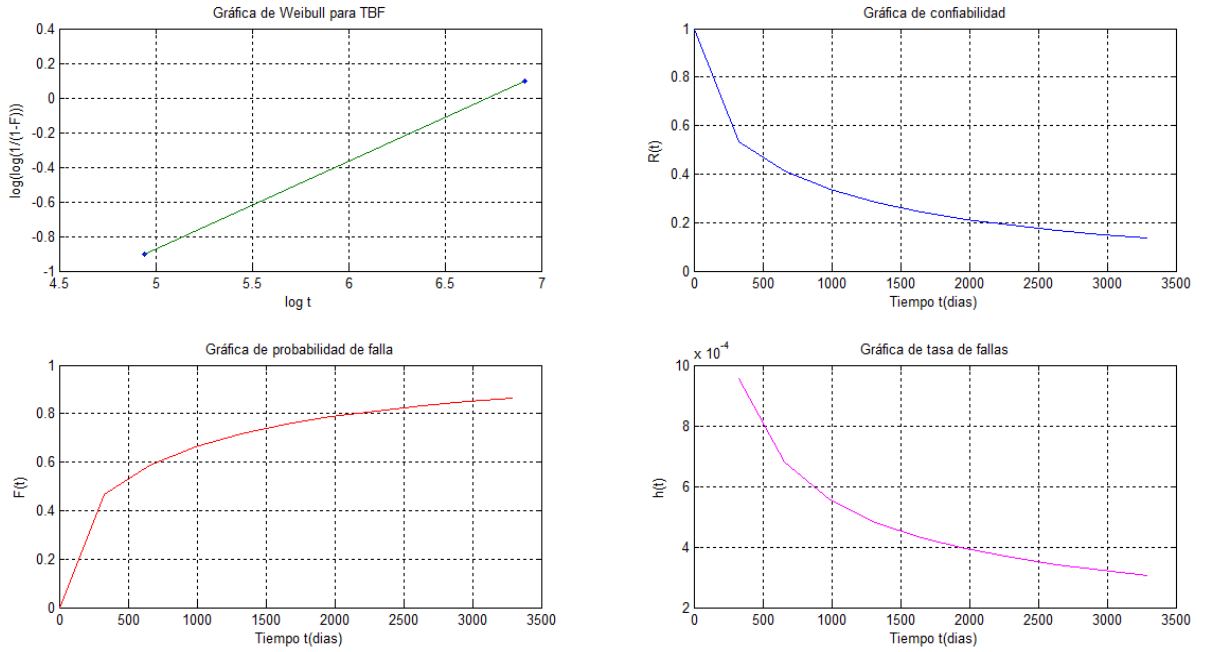
Fuente: Autor del proyecto

Figura 57. Microscopio invertido - Mantenibilidad



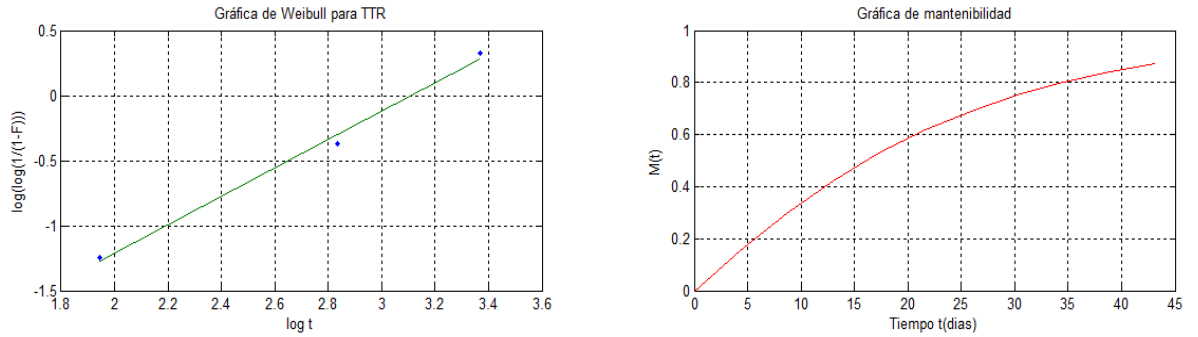
Fuente: Autor del proyecto

Figura 58. Pipeta automática extracción de DNA 200 – 1000 - Confiabilidad



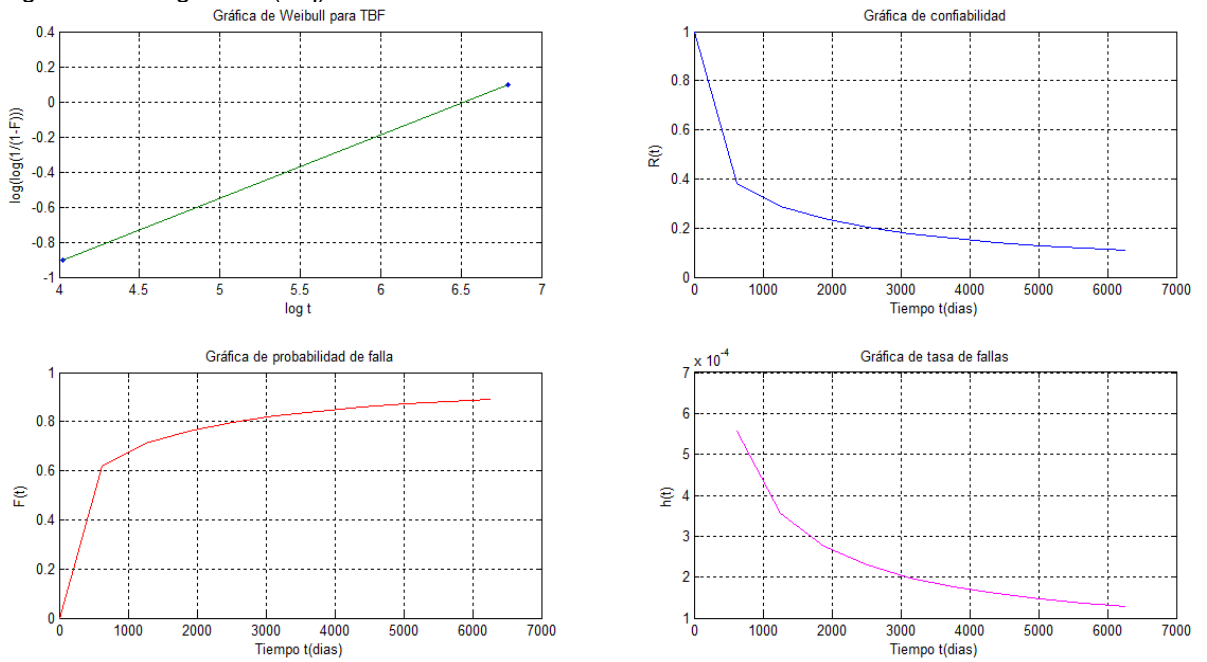
Fuente: Autor del proyecto

Figura 59. Pipeta automática extracción de DNA 200 – 1000 - Mantenibilidad



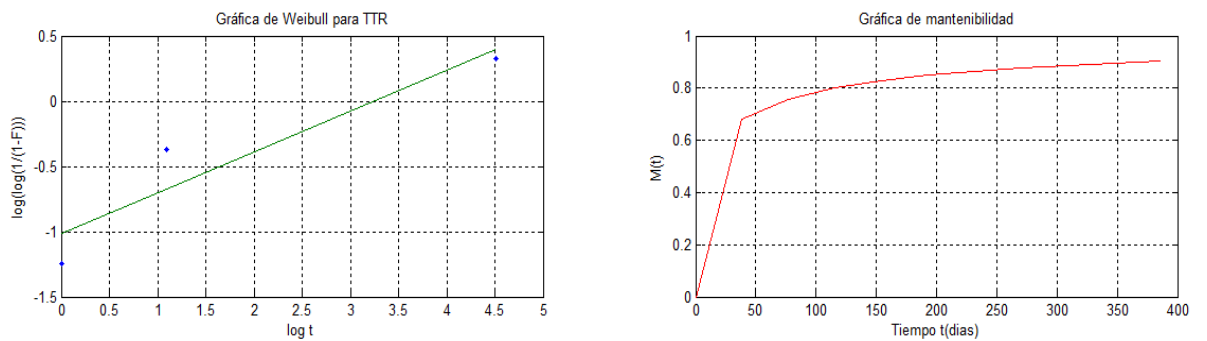
Fuente: Autor del proyecto

Figura 60. Congelador (taq)- Confiabilidad



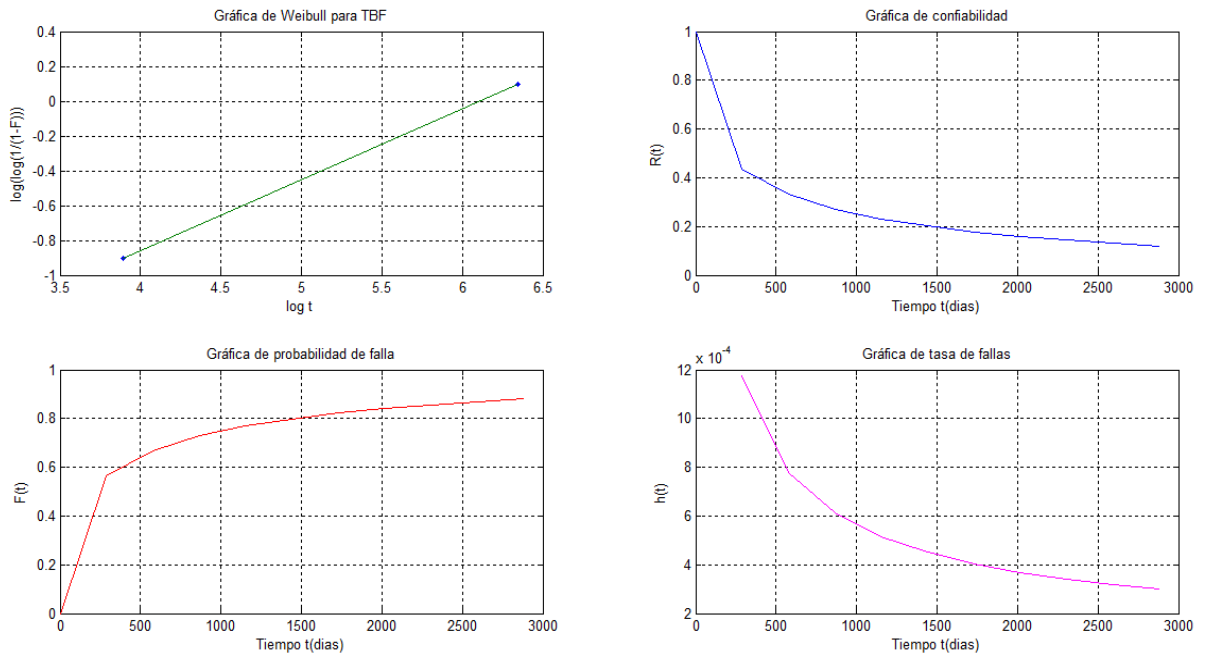
Fuente: Autor del proyecto

Figura 61. Congelador (taq)- Mantenibilidad



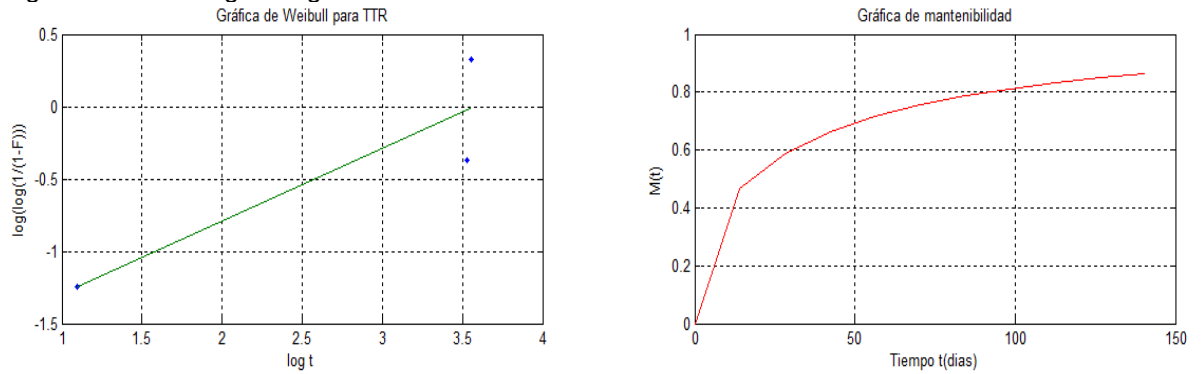
Fuente: Autor del proyecto

Figura 62. Centrifuga refrigerada - Confiabilidad



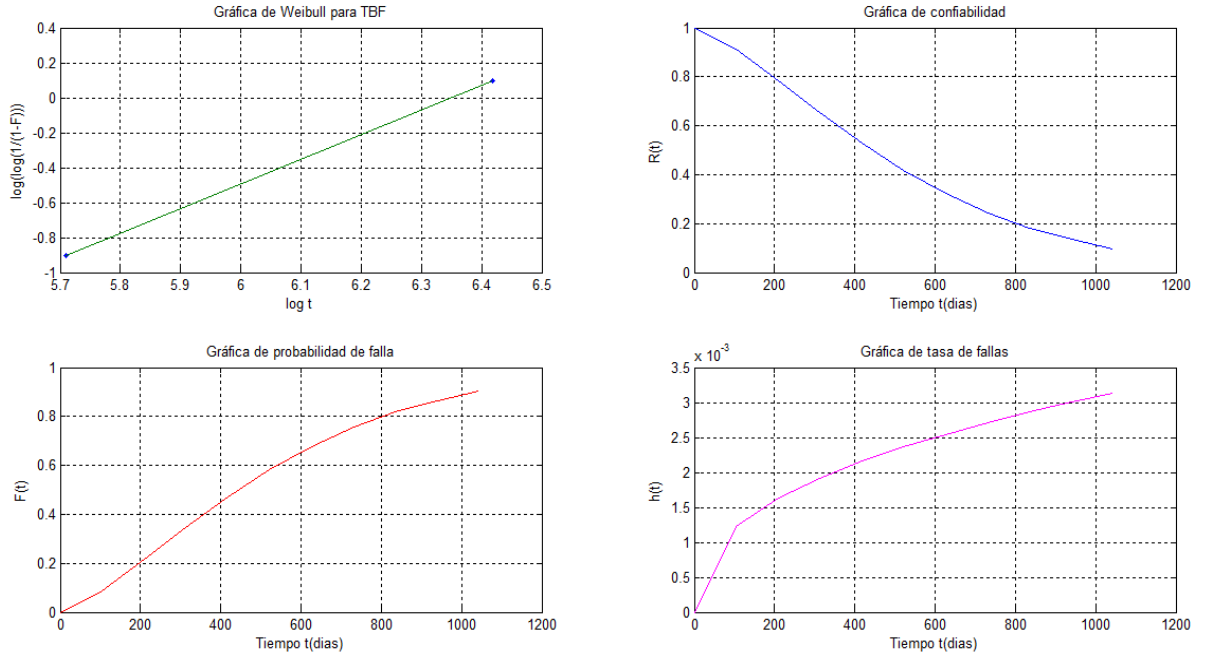
Fuente: Autor del proyecto

Figura 63. Centrifuga refrigerada - Mantenibilidad



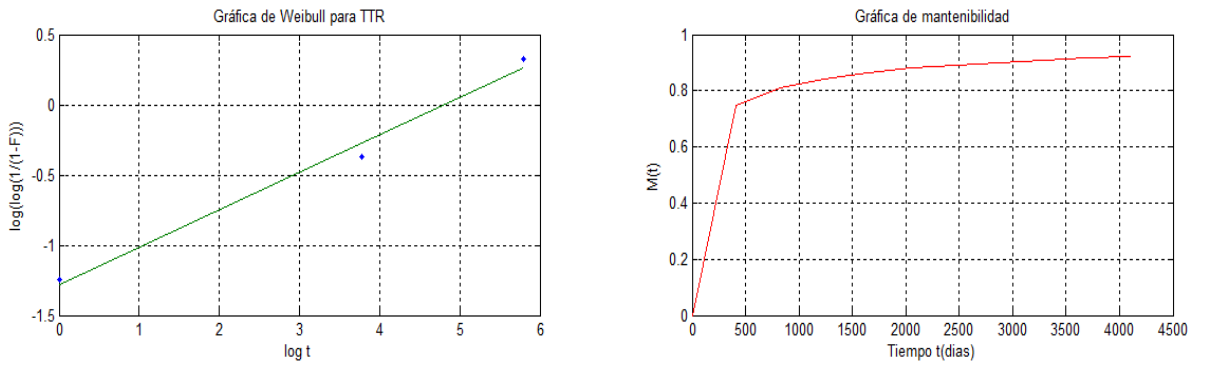
Fuente: Autor del proyecto

Figura 64. Centrifuga de piso - Confiabilidad



Fuente: Autor del proyecto

Figura 65. Centrifuga de piso - Mantenibilidad



Fuente: Autor del proyecto

Anexo C. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla)

Tabla 32. Hojas de trabajo del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla)

Nombre del departamento: Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Centrífuga refrigerada No.1					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistemas vario					Hoja: 1 de 8	
Componente/pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Tapa	Impide el acceso a las muestras mientras estas estén en movimiento	1.1	La tapa de la centrífuga no abre	No se pueden sacar o introducir las muestras en el rotor	La centrífuga está apagada	Encender la centrífuga. Presionar la manija y abrir la tapa.
		1.2			La centrífuga debe estar trabajando	Esperar a que la centrífuga se detenga
Escobillas	Las escobillas tienen como función hacer un contacto móvil de los terminales de la fuente de Alimentación.	2.1	La velocidad de rotación no llega a la Velocidad seleccionada.	El rotor no alcanza las rpm necesaria para poder hacer el análisis	Escobillas defectuosas.	Apagar la centrífuga. Verificar el estado de las escobillas. Sustituir si es del caso por otras de la misma especificación de las originales.
		2.2	El testigo de estado de escobillas está encendido.	Operación anormal del rotor debido a las bajas rpm	Escobillas en mal estado.	Apagar la centrífuga. Verificar estado. Sustituir escobillas por otras de igual especificación.

Nombre del departamento: Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistemas varios					Hoja: 2 de 8	
Componente/pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Cámara	Es el espacio físico donde se realiza el proceso de centrifugación dentro de esta gira el rotor.	3.1	La cámara se congela	Acumulación de hielo que puede atascar la entrada o frenar el rotor	Exceso de humedad en la cámara	Eliminar la humedad antes de cada corrida
		3.2			Acumulación de condensado entre las corridas	<ul style="list-style-type: none"> • Dejala puerta abiertaentre las corridas. •Gire la perilla dela temperatura a unvalor más altoque la temperatura ambiente la temperatura. • Desconecte la alimentacióndecentrifuga doras.
		3.3	La cámara está fría pero el rotor caliente.	No se distribuye adecuadamente la temperatura	Selección incorrecta de la temperatura	Verificar selección de la temperatura.
Interruptor principal	Encendido y apagado de la centrifuga	4.1	El interruptor está en posición de encendido pero la centrifuga no funciona.	No giran los rotores	No hay energía eléctrica.	Verificar suministro de energía eléctrica.
Base	brinda estabilidad al equipo	5.1	El indicador de balanceo se activa.	Pueden haber malos movimientos y ruidos	Centrifuga desnivelada	Nivelar la centrifuga.

Nombre del departamento: Laboratorio clínico	Fecha de realización: 13/diciembre/2011
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1	Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes
Subsistema: Rotores y tubos	Hoja: 3 de 8

Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Rotor	Es la parte donde se colocan los tubos	1.1	Alta vibración	Movimientos y ruidos molestos en la centrifuga	Rotor desbalanceado.	Balancear la carga del rotor. Llenar todos los tubos opuestos con el mismo nivel de líquido de la misma densidad. Distribuir simétricamente el peso de tubos opuestos. Cargar los rotores de ángulo fijo o de tubo vertical de forma simétrica.
		1.2			Se excede la velocidad critica del rotor	Seleccionar una velocidad de rotación fuera del rango de velocidad crítica.
		1.3			Mal montaje del rotor	Verificar si el rotor esta bien montado y ajustado
		1.4			Mala lubricación	Hacer lubricación periódica

Nombre del departamento: Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Rotores y tubos					Hoja: 4 de 8	
Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Rotor	Es la parte donde se colocan los tubos	1.5	Tapas de los rotores, son difíciles de aflojar después de la centrifugación.	No se pueden ubicar los tubos adecuadamente	Producción de vacío durante la centrifugación. Roscas contaminadas con suciedad, lubricantes secos o partículas metálicas.	Abrir el conducto de ventilación en la parte superior del rotor o cubo, para eliminar el vacío. Efectuar limpieza rutinaria a las roscas y lubricar. Utilizar insumos recomendados por los fabricantes.
		1.6	El rotor no alcanza la velocidad deseada	Operación anormal de la centrifuga se obtienen resultados no deseados	La línea de voltaje está por debajo de la nominal	Medir la línea de voltaje mientras la centrifuga este en operación.
		1.7			Falla eléctrica	Revisar conexiones
		1.8			Los rodamientos del motor o conmutador desgastado	El motor necesita ser reemplazado

Nombre del departamento: Laboratorio clínico				Fecha de realización: 13/diciembre/2011		
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1				Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes		
Subsistema: Rotores y tubos				Hoja: 5 de 8		
Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Tubos	Contener las muestras que se van a colocar en el rotor. Su tamaño depende de la aplicación.	2.1	Fugas en los tubos	Rebose de material peligroso en la cámara de la centrifuga	Tapas sin asegurar adecuadamente	Ajustar las tapas
		2.2			Tubos llenos	El menisco deberá estar más bajo para prevenir las fugas.
		2.3			Tubos demasiado llenos.	El menisco deberá estar más bajo para prevenir las fugas.
		2.4			En tubos sin tapa, se ha excedido el nivel máximo recomendado.	Verificar las recomendaciones de volumen y la velocidad de centrifugado recomendada.
		2.5	Los tubos se rompen	Derrame de las muestras	Los tubos pueden romperse o volverse frágiles si se usan por debajo del límite de la temperatura recomendada. Los tubos se vuelven frágiles con la edad.	Evaluar antes de centrifugar el comportamiento de los tubos a baja temperatura
		2.6				

Nombre del departamento: Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema de refrigeración					Hoja: 6 de 8	
Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Compresor	Succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador y también eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, para la condensación del vapor refrigerante.	1.1	no hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos de la centrifuga	El compresor esta malo	Cambiarlo por uno nuevo
Condensador	Convierte el vapor de su estado gaseoso a su estado líquido, también conocido como fase de transición	2.1	no hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos de la centrifuga	Polvo en el condensador es demasiado grueso	Limpiar el polvo
Sensor de temperatura	Mide la temperatura de la cámara de la centrifuga	3.1	no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos de la centrifuga	El sensor esta averiado	Cambiar por uno nuevo

Nombre del departamento o: Laboratorio clínico				Fecha de realización: 13/diciembre/2011		
Sistema: Centrifuga refrigerada No.1				Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes		
Subsistema: Sistemas eléctricos y electrónicos				Hoja: 7 de 7		
Componente/ pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Fusible	colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse	1.1	No hay refrigeración o no se alcanza la temperatura predefinida	Se calientan algunos elementos de la centrifuga, como también puede quemar otros	El fusible se quemó	Hacer el cambio por otro nuevo
Visualizador o display	Muestra información al usuario de algunas magnitudes físicas de la centrifuga	2.1	No se genera imagen	No se puede hacer un correcto control de las variables	No hay electricidad, no hay conexión a la fuente de poder o hubo un apagón repentino	Revisar que los cables y las conexiones estén en buenas condiciones.
		2.2	Errores en la configuración de parámetros de control		El panel de control está malo	Cambiar por uno nuevo

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Analizador de química semiautomatizado					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Electrónica del panel frontal					Hoja: 1 de 4	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Teclado	Utiliza botones o teclas, para que actúen como interruptores electrónicos que envían información a la computadora	1.1	Las teclas no funcionan correctamente	La unidad emite un pitido breve	Una tecla está atascada	Desconectar el teclado para determinar si ese es el problema.
		1.2			El cable no está conectado correctamente	Compruebe que las pistas estén cubiertas hasta el punto de inserción. Si la cubierta ha sido dañada, seaislan con cinta adhesiva transparente.
		1.3			Hay algún cortocircuito	
		1.4	El teclado y el visualizador no funcionan	La conexión entre la interfaz del teclado y la placa base	Asegurarse que el cable del pin 14 esté conectado correctamente en ambos puertos	
Puerto RS 232	Sirve para el intercambio de datos binarios entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos	2.1	No hay respuesta del puerto serial	No hay recepción de ni salida de datos	Inicio incompleto del equipo mientras arranca	Reiniciar el equipo
		2.2			Mala conexión del cable	

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Analizador de química semiautomatizado					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: mecanismo del fotómetro					Hoja: 2 de 4	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Lámpara	Genera la luz que pasa a través del difusor	1.1	Mensaje en el visualizador que dice lámpara con baja carga		Trayectoria de la luz obstruida por el polvo o suciedad	Compruebe que la lámpara se encienda y está alineada correctamente.
		1.2	La lámpara no prende			Inserte un tubo de 12mm de borosilicato con agua en la lectura, No utilice un tubo de vidrio sódico-cálcico, ya que no transmite 340 nm. Hacer el cambio de la lámpara siguiendo el manual
Rueda de filtros	Permite que los filtros que van en la rueda pasen a través de la fuente de luz y el fotodetector así generando la lectura	2.1	La rueda de filtros no está girando	No genera lecturas	Mala conexión en la placa principal	Compruebe que el arnés de cables que va desde la placa de circuito principal del fotómetro se ha instalado correctamente.

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Analizador de química semiautomatizado					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: mecanismo del fotómetro					Hoja: 3 de 4	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Rueda de filtros		2.2	La rueda de filtros no está girando	No genera lecturas	Las correas se están deslizando	Revisar las dos correas de goma
		2.3			El motor no gira	Comprobar que el motor tiene entre 5y6 voltios a través de los terminales del motor. Si no hay voltaje en el motor, compruebe si hay un alto nivel en el ULN2003, terminales 1 y 2. Compruebe también que el 7806 tiene 6 voltios en su salida terminal.
		2.4	La rueda de filtros gira a una tasa descontrolada	No genera lecturas	Picos estrechos y negativos en el contador de pulsos	Comprobar que el contador de impulsos de la rueda está transmitiendo a la clavija de la NMIZ180. Verificar si el pulso hacia la rueda está llegando al puerto 8255, PC6 pin 11

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Analizador de química semiautomatizado					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: mecanismo del fotómetro					Hoja: 4 de 4	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Rueda de filtros		2.4	La rueda de filtros gira a una tasa descontrolada	No genera lecturas	Proceso abierto o sin terminar por una lectura de 5 voltios	Comprobar el RLCD en la parte superior de la carcasa del fotómetro para 1,2 a 1,5 voltios entre el cable negro y el blanco.
Celda de flujo	Genera una corriente de líquido que lleva a las células y se alinean de manera que pasen en fila por el haz de luz para ser detectado	3.1	Aire atrapado en la celda de flujo	Lecturas erradas	Instalación inapropiada de la tubería de la celda de flujo	Reemplazar la tubería
Válvula	Regula el paso de fluidos mediante una pieza móvil que se abre o se cierra de forma parcial uno o más orificios o conductos.	4.1	Retraso en las muestras	No hay muestreo	Tubería de la válvula bloqueada	Purgar la válvula varias veces si hay flujo de aire por la tubería de la válvula, hay que limpiar la válvula y cambiar la celda de flujo.

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: UPS					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema:					Hoja: 1 de 2	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Interruptor del circuito	dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica	1.1	Problema en el interruptor del circuito		Desalineamiento mecánico	Revisar enclavamientos de relés y ajustes de dispositivo de protección y operación
Cargador de la batería	suministra la corriente eléctrica que almacenará en la batería	2.1	Baja o alta salida de voltaje	No se carga lo suficiente la batería	Problemas en la tarjeta de control	Revisar todos los elementos con los que hay problemas
		2.2			Problema con los valores de control de potencial y voltaje	
		2.3			Problemas en el rectificador del fusible	
Batería	Almacena energía eléctrica	3.1	Voltaje, corriente y capacidad de la batería están bajas	La UPS no funciona	Nivel de electrolitos bajo	Ajustar niveles de electrolitos
		3.2	Baja capacidad de la celda		Desgaste debido a prolongado uso	Cambiar por una nueva

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: UPS					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema:					Hoja: 1 de 2	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
General		4.1	UPS no enciende	No hay luz en el led	Voltaje de la batería menor a 10V	Recargar la UPS por lo menos 4 horas
		4.2			Falla en la placa principal de circuitos impresos	Cambiar la placa principal de circuitos impresos o llamar a los especialistas
		4.3			Carga menor a 20 W en modo batería	Condición normal
		4.4	La UPS siempre está en modo batería		Cable de alimentación desconectado	Volver a conectar el cable de alimentación
		4.5			Fusible AC se quemó	Reemplazar el fusible
		4.6			Línea de tensión demasiado elevada o demasiado baja	Condición normal
		4.7	Tiempo de respaldo demasiado corto	No duran el resto de equipos encendidos demasiado tiempo	La batería no está totalmente cargada	Recargar la UPS por lo menos 4 horas

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Autoclave					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema:					Hoja: 1 de 2	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Trampa de vapor	Asegura que no se desperdicie el vapor cuando se genera el condensado	1.1	Material esterilizado sale húmedo	No hay una correcta esterilización	Trampa de vapor defectuosa.	Revisar y limpiar la trampa de vapor si no funciona hay que sustituir la trampa.
		1.2	El indicador no muestra la finalización exitosa del ciclo de esterilización.			
		1.3	Presión de vapor demasiado baja		Fuga de vapor interna	Revisar trampa
Válvulas	Controlar la presión	2.1	Los elementos dentro de la cámara se están quemando o fundiendo	Inutilización de elementos por imperfecciones	Fugas en la válvula de seguridad	Revisar la válvula y cambiar si persisten las fugas
		2.2	La presión se incrementa	Daño de elementos internos		

Nombre del departamento : Laboratorio clínico					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Autoclave					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema:					Hoja: 2 de 2	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Válvulas		2.3	La válvula de seguridad se activa y el autoclave sigue calentando		Falla en al válvula de seguridad	Reemplazar la válvula de seguridad
		2.4	La presión sube por encima del nivel marcado	Daño de elementos	Válvula bloqueada	Limpiar el regulador de presión y la válvula de seguridad Probar de nuevo la autoclave bajo presión solo con agua
Elementos varios		3.1	Material esterilizado sale húmedo	No hay una correcta esterilización	Drenaje de la cámara de esterilización obstruido.	Revisar sistema de drenaje. Limpiar.
		3.2	Presión de vapor demasiado baja.		Empaque de la puerta defectuoso.	Revisar el empaque; reemplazar el empaque.
		3.3	El equipo no está calentando		No hay electricidad en el toma de corriente Falla en el cable eléctrico	Revisar el interruptor de encendido Cambiar

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio de fluorescencia					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema de iluminación					Hoja: 1 de 5	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Fusible	Protege el circuito de manera que si la corriente se aumenta y hay un cortocircuito el elemento que se queme primero sea este.	1.1	Sistema de iluminación no enciende	No se pueden leer las muestras	El fusible de protección está quemado	Cambiar el fusible
Bombillo	Produce luz mediante el calentamiento de un filamento metálico	2.1	Sistema de iluminación no enciende		Se quemó el bombillo	Cambiar por uno nuevo y alinearlos bien
		2.2	El sistema de iluminación no produce luz uniforme.	Algunos sectores se ven oscuros	El bombillo está mal instalado y no hacen buen contacto los pines.	Reinstalar el bombillo.
		2.3			El bombillo presenta metalizado o puntos negros sobre su superficie.	
		2.4	El bombillo se quema inmediatamente	No hay luz para hacer análisis	Se instaló el bombillo inadecuado	Cambiar el bombillo

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio de fluorescencia					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema de iluminación					Hoja: 2 de 5	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Diafragma	Permite graduar la cantidad de luz que entra a la cámara.	3.1	La muestra no es iluminada de forma uniforme.	La visibilidad es pobre. El contraste y la resolución no son buenas	El iris del diafragma está muy cerrado	Abrir el iris del diafragma lo suficiente hasta que la iluminación sea la adecuada
		3.2	Excesivo contraste en la imagen	La imagen no es clara	El iris del diafragma del condensador está casi cerrado.	Abrir un poco el iris del diafragma.
		3.3	Mucho brillo en la imagen		El iris del diafragma del condensador está muy abierto.	Cerrar un poco el iris del diafragma.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio de fluorescencia					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema óptico					Hoja: 3 de 5	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Lentes	Hacen converger o diverger los rayos de luz que lo atraviesan.	4.1	Mala calidad de la imagen en el objetivo	Las imágenes no son claras	Los lentes presentan hongos. Lentes averiados Lentes accidentalmente untados con aceite de inmersión.	Remover los hongos utilizando una solución limpiadora. Seguir las instrucciones del fabricante del dispositivo. Revisar el objetivo. Verificar si los lentes presentan rayones, picaduras o muescas. Reemplazar el objetivo. Remover cuidadosamente el aceite con papel para limpieza de lentes.
		4.2	Polvo o suciedad visible en el campo de visión.	Las imágenes no son claras	Polvo sobre el lente colector de la fuente de iluminación. Polvo sobre el lente superior del condensador. Polvo en el ocular.	Retirar las partículas de polvo con un pincel de pelo de camello. Retirar las partículas de polvo con un pincel de pelo de camello. Retirar las partículas de polvo con un pincel de pelo de camello.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio de fluorescencia					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema óptico					Hoja: 4 de 5	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
El objetivo de inmersión	Encargado de reproducir y aumentar las imágenes mediante el complicado sistema de lentes que lo componen	5.1	El objetivo de inmersión no brinda imágenes claras.	Las imágenes no son claras	El objetivo está siendo usado sin aceite de inmersión.	Colocar aceite de inmersión sobre la placa.
		5.2			El aceite de inmersión es de bajo índice de refracción.	Utilizar aceite de buena calidad.
		5.3			El aceite de inmersión ha invadido el interior del objetivo.	Limpiar los lentes con papel especial para limpiar lentes.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio de fluorescencia					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema mecánico					Hoja: 5 de 5	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Plataforma portamuestras	Sirve de soporte para colocar las muestras	6.1	No Mantiene su posición y la imagen se desenfoca continuamente.		La tensión de ajuste está floja.	Ajustar el mecanismo de tensión de la plataforma.
		6.2			Está bloqueada muy abajo.	Aflojar el mecanismo de bloqueo de la plataforma. Ajustar a la altura deseada. Reajustar el mecanismo de bloqueo.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio invertido					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema eléctrico y de iluminación					Hoja: 1 de 3	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Lámpara	Es el componente que genera la luz del microscopio	1.1	Lámpara no enciende	No se pueden analizar las muestras	La lámpara esta quemada	Reemplazar por la lámpara específica
		1.2	Se quema bastante temprano		No se está usando la lámpara específica	Reemplazar por la lámpara específica
		1.3	No hay luz en el campo de visión		El fusible está quemado	Cambiar el fusible
Fusible	Protege el circuito de manera que si la corriente se aumenta y hay un cortocircuito el elemento que se queme primero sea este.	2.1	No hay luz en el campo de visión	No se pueden analizar las muestras	El fusible de protección está quemado	Cambiar el fusible
Diafragma	Permite graduar la cantidad de luz que entra a la cámara.	3.1	La muestra no es iluminada de forma uniforme.	La visibilidad es pobre. El contraste y la resolución no son buenas	El iris del diafragma está muy cerrado	Abrir el iris del diafragma lo suficiente hasta que la iluminación sea la adecuada
		3.2	Excesivo contraste en la imagen	La imagen no es clara	El iris del diafragma del condensador está casi cerrado.	Abrir un poco el iris del diafragma.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio invertido					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema óptico					Hoja: 2 de 3	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Lentes	Hacen converger o diverger los rayos de luz que lo atraviesan.	4.1	Mala calidad de la imagen en el objetivo	Las imágenes no son claras	Los lentes presentan hongos. Lentes averiados	Remover los hongos utilizando una solución limpiadora. Seguir las instrucciones del fabricante del dispositivo. Revisar el objetivo. Verificar si los lentes presentan rayones, picaduras o muescas. Reemplazar el objetivo.
		4.2	Polvo o suciedad visible en el campo de visión.	Las imágenes no son claras	Lentes accidentalmente untados con aceite de inmersión. Polvo sobre el lente colector de la fuente de iluminación. Polvo sobre el lente superior del condensador.	Remover cuidadosamente el aceite con papel para limpieza de lentes. Retirar las partículas de polvo con un pincel de pelo de camello. Retirar las partículas de polvo con un pincel de pelo de camello.

Nombre del departamento : Laboratorio de inmunología y biología molecular					Fecha de realización: 13/diciembre/2011	
Sistema: Microscopio invertido					Realizado por: Jhon Jairo Quiñones Cortes	
Subsistema: Sistema mecánico					Hoja: 3 de 3	
Componente /pieza	Función del componente	No.	Modo de falla	Efectos del modo de falla	Causa de la falla	Acción correctora
Plataforma portamuestras	Sirve de soporte para colocar las muestras	6.1	No Mantiene su posición y la imagen se desenfoca continuamente.	Se desnivelan las muestras	La tensión de ajuste está floja.	Ajustar el mecanismo de tensión de la plataforma.
		6.2			Está bloqueada muy abajo.	Aflojar el mecanismo de bloqueo de la plataforma. Ajustar a la altura deseada. Reajustar el mecanismo de bloqueo.
		6.3			Se presenta inclinación	Revisar y estabilizar la placa
Condensador	Su función es la de concentrar la luz generada por la fuente de iluminación hacia la preparación.	7.1	Cuando el condensador cambia de dispositivos o se eleva, no se puede dejar la posición fija o se queda insegura	Se desnivelan las muestras	Se aflojaron los tornillos de bloqueo	Recalibrar los tornillos de seguridad
		7.2	El mecanismo de bloqueo está desgastado y tiene poca fuerza de sujeción			Revisar y si es necesario llamar a un especialista

Anexo D. Fichas técnicas de equipos

Tabla 33. Fichas Microcentrífuga No 7

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio clínico		
NOMBRE DEL EQUIPO: Microcentrifuga No.7		
NO. DE INVENTARIO UIS: 33939		
CÓDIGO INTERNO: EA-02-011		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Gina Paola Barajas		
USO DEL EQUIPO: Separar fases de distintas densidades o para precipitar células o moléculas que se encuentran inmersas en una fase líquida.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: CLAY ADAMS	MODELO: AUTOCRIT ULTRA III	SERIE: 3500-2900116
POTENCIA: 216 W	FRECUENCIA: 60 Hz	TENSIÓN : 120 V
CORRIENTE: AC	PESO: 22.5 Lb	CAPACIDAD: 24 tubos capilares 75mm (40-60µl)
ALTO: 8.8"	PROFUNDIDAD: 12.6"	ANCHO: 10.1"
<p>VELOCIDAD MÁXIMA:11700 rpm</p> <p>RCF MÁXIMA: 13700 x g</p> <p>NIVEL DE RUIDO: 75 db</p> <p>DISPONIBILIDAD DE ROTORES HORIZONTALES: si</p> <p>RADIO DEL ROTOR: 9.1 cm</p> <p>INCREMENTOS EN EL CONTADOR: 30 seg</p> <p>TIEMPO DE FRENADO: 120 seg</p>		
OBSERVACIONES		

Tabla 34. Fichas Baño serológico No.17

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio clínico		
NOMBRE DEL EQUIPO: Baño serológico No.1		
NO. DE INVENTARIO UIS: 32678		
CÓDIGO INTERNO: EA-02-015		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Gina Paola Barajas		
USO DEL EQUIPO: El Baño Serológico es un recipiente difusor de calor que contiene agua a la misma temperatura del torrente sanguíneo que es 37 ° C, y así mantener la sangre a la misma temperatura del cuerpo humano.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: INDULAB	MODELO: 010-C	SERIE: 3329
POTENCIA: 600 W	FRECUENCIA: 60 Hz	TENSIÓN : 120 V
CORRIENTE: AC	PESO: 12 Kg	CAPACIDAD: 6 Litros
ALTO: 42 cm	PROFUNDIDAD: 13 cm	ANCHO: 17 cm
<p>TEMPORIZADOR: Digital de 20 a 90 grados centígrados</p> <p>GRADILLAS: 3 unidades</p> <p>CABEZOTE, TANQUE Y GRADILLAS: En acrílico</p> <p>TEMPERATURA:De ambiente hasta 50 grados centígrados</p> <p>CONTROL DE TEMPERATURA: Electrónico</p>		
OBSERVACIONES		

Tabla 35. Fichas Baño centrifuga refrigerada

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio de inmunología y biología molecular		
NOMBRE DEL EQUIPO: Centrifuga Refrigerada		
NO. DE INVENTARIO UIS: 23796		
CÓDIGO INTERNO: LE-015		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Carmen Cecilia Cabrales		
USO DEL EQUIPO: Separar fases de distintas densidades o para precipitar células o moléculas que se encuentran inmersas en una fase líquida.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: IEC	MODELO: CRU-5000	SERIE:
POTENCIA:	FRECUENCIA: 60 Hz	TENSIÓN : 115V
CORRIENTE: AC	PESO:	CAPACIDAD: 4 X 1000 ml
ALTO: 116cm	PROFUNDIDAD: 80 cm	ANCHO: 64 cm
<p>VELOCIDAD MÁXIMA:5700 rpm</p> <p>RCF MÁXIMA: 4575 xg</p> <p>DISPONIBILIDAD DE ROTORES HORIZONTALES: si</p> <p>USOS DEL ROTOR: Horizontal, arreglo de ángulos</p> <p>CONTROL DE VELOCIDAD: Incrementos de 100 rpm</p> <p>CONTADOR: 0-15 min, 15-105min</p>		
OBSERVACIONES		

Tabla 36. Fichas Centrífuga de piso

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio de inmunología y biología molecular		
NOMBRE DEL EQUIPO: Centrífuga de piso		
NO. DE INVENTARIO UIS: 23795		
CÓDIGO INTERNO: LE-011		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Carmen Cecilia Cabrales		
USO DEL EQUIPO: Separar fases de distintas densidades o para precipitar células o moléculas que se encuentran inmersas en una fase líquida.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: IEC	MODELO: K	SERIE:
POTENCIA:	FRECUENCIA: 60 Hz	TENSIÓN : 120V
CORRIENTE: AC	PESO: 163 Kg	CAPACIDAD: 6000 ml
ALTO: 94cm	PROFUNDIDAD: 61 cm	ANCHO: 79 cm
<p>VELOCIDAD MÁXIMA:5200 rpm</p> <p>RCF MÁXIMA: 4275 xg</p> <p>AJUSTE DE VELOCIDAD: Variable</p> <p>RANGO DE TEMPERATURA: Temperatura ambiente hasta 60 °C</p> <p>PRECISIÓN DE LA TEMPERATURA: +/- 2 °C</p> <p>TIPO DE DISPLAY: Análogo</p> <p>RANGO TEMPORIZADOR: 2-120 min con incrementos de 2 min</p> <p>FRENOS: Dinámicos con configuración eléctrica</p> <p>USOS DEL ROTOR: Horizontal, arreglo de ángulos</p>		
OBSERVACIONES		

Tabla 37. Fichas Congelador de almacenamiento de sueros históricos


FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio de inmunología y biología molecular		
NOMBRE DEL EQUIPO: Congelador de almacenamiento de sueros históricos		
NO. DE INVENTARIO UIS: 48518		
CÓDIGO INTERNO: LE-012		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Carmen Cecilia Cabrales		
USO DEL EQUIPO: almacena sueros por largos períodos en estado de congelación y a una temperatura de régimen establecida.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: WHIRPOOL	MODELO: EV150N	SERIE:
POTENCIA:	FRECUENCIA: 60 Hz	TENSIÓN : 115V
CORRIENTE: AC	PESO: Kg	CAPACIDAD: 15 cu ft.
ALTO: 60 1/2"	PROFUNDIDAD: 28 7/8"	ANCHO: 30"
<p>PATAS NIVELADORAS CUATRO ESTANTES DE PUERTA TRES ESTANTES DE ANCHO COMPLETO LUZ INTERIOR AUTOMÁTICA AMPLIA GAMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PUERTA EN ESPUMA DE URETANO Y GABINETE CON AISLANTE PUETRA Y GABINETE CON TEXTURA DE ACERO COMPARTIMIENTO DE ALMACENAMIENTO BAJO</p>		
OBSERVACIONES		
<p>Dejar 3" a cada lado y por encima de la nevera para una correcta ventilación</p>		

Tabla 38. Fichas Pipeta automática extracción de DNA 200-1000

FICHA TECNICA DEL EQUIPO			
UBICACIÓN: Laboratorio de inmunología y biología molecular			
NOMBRE DEL EQUIPO: Pipeta automática extracción de DNA 200-1000			
NO. DE INVENTARIO UIS: 63127			
CÓDIGO INTERNO: LE-029			
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Carmen Cecilia Cabrales			
USO DEL EQUIPO: se utilizan para medir o transvasar pequeños volúmenes de líquido de un recipiente a otro, con gran exactitud			
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO			
MARCA: THERMO SCIENTIFIC	MODELO: FINNPIPETTE	SERIE:	
POTENCIA:	FRECUENCIA:	TENSIÓN : 115V	
CORRIENTE:	PESO:	CAPACIDAD: 1000 µl	
ALTO:	PROFUNDIDAD:	ANCHO:	
<p>ERROR SISTEMATICO MAXIMO PERMISIBLE: $\pm\mu\text{l} = 8$, $\pm\% = 0.8$</p> <p>ERROR ALEATORIO MAXIMO PERMISIBLE: $\pm\mu\text{l} = 3$, $\pm\% = 0.3$</p>			
OBSERVACIONES			

Tabla 39. Fichas Termociclador multigene

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
UBICACIÓN: Laboratorio de inmunología y biología molecular		
NOMBRE DEL EQUIPO: Termociclador multigene		
NO. DE INVENTARIO UIS: 83164		
CÓDIGO INTERNO: LE-031		
CONTACTO EN EL LABORATORIO: Carmen Cecilia Cabrales		
USO DEL EQUIPO: Realiza los ciclos de temperaturas necesarios para una reacción en cadena de la polimerasa de amplificación de ADN o para reacciones de secuencia con el método de Sanger.		
DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO		
MARCA: LABNET	MODELO: MULTIGENE	SERIE:
POTENCIA:	FRECUENCIA: 50/60 Hz	TENSIÓN : 120/240
CORRIENTE: AC	PESO: 9 Kg	CAPACIDAD: 24 tubos x 0.2 mL
ALTO: 25 cm	PROFUNDIDAD: 42 cm	ANCHO: 24 cm
<p>RANGO DE TEMPERATURA PROGRAMABLE: 4°C hasta 99.9°C PRECISIÓN DE TEMPERATURA/UNIFORMIDAD: ±0.5°C / ±0.5°C METODO DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO: PELTIER (6 MODULOS) MAXIMO CALENTAMIENTO/ENFRIAMIENTO: 3°C / 2°C por segundo RANGO DEL GRADIENTE DE TEMPERATURA: 24°C CAPACIDAD DEL GRADIENTE: 12 filas, horizontales (11 filas para 60 x 0.5ml. modelos de tubos) TEMPERATURA PROGRAMABLE EN LA TAPA: 60 ° Ca 65 °C, 100° Ca 115° C PROGRAMA DE LA MEMORIA: 100 programas completos PROGRAMAS CON PROTECCIÓN POR CONTRASEÑA: Sí COMUNICACIÓN: puertos USB y RS232 INCREMENTOS DE TEMPERATURA /DISMINUCIONES: Sí TIEMPO INCREMENTOS/ DISMINUCIONES: Sí CARPETAS DE USUARIO DEL PROGRAMA: Sí</p>		
OBSERVACIONES		

Anexo E. Fichas de mantenimiento autónomo para equipos críticos del laboratorio clínico y de inmunología y biología molecular

Tabla 40. Fichas mantenimiento Centrífuga N1 refrigerada y UPS

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Centrífuga N°1 refrigerada	
Código: EA-02-005	
No. De inventario: 39533	Ubicación: Laboratorio clínico
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el equipo con un trapo húmedo par retirar el polvo, también puede usarse impregnado con un limpiador en crema convencional para evitar el deterioro del material por la humedad 2. Desinfectar el equipo limpiando los partes no absorbentes con una disolución 10% de hipoclorito de sodio mínimo una vez al día o si hay sangre visible, líquidos o fluidos corporales. 3. Examinar el exterior del equipo limpieza y las condiciones físicas generales. 4. Revisar que todos los accesorios estén presentes 5. Revisar que el mecanismo de seguridad de la puerta funciona correctamente. 6. Verificar el funcionamiento y exactitud del control de tiempo y velocidad, si los tuviese. 7. Verificar la alimentación eléctrica del equipo para detectar posibles peladuras, cortes o degradación del material aislante. 8. Verificar que al centrifugar las muestras, no exista vibración excesiva. Si la hay, verifique las cargas; si estas están bien y lavibración persiste, reportarlo ala división de Mantenimiento tecnológico 	
RECOMENDACIONES DE USO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar las cargas de modo que las cargas que tienen la misma masa o peso queden colocadas de forma opuesta en el rotor. 2. Utilizar la centrífuga colocando todos los accesorios en el rotor, ya que este equipos ha sido diseñados para trabajar con estos. 3. Utilizar el rotor y accesorios originales del equipo. Las piezas no originales pueden producir un desbalance y acortamiento de la vida útil del equipo. 4. Cuando esté centrifugando mantener cerrada la tapa. Si algo se rompe hay que apagar inmediatamente el equipo y no abrirlo hasta que se detenga o el indicador de apertura de la tapa lo indique. 5. Reemplazar los recipientes metálicos que estén deformados, pues producen una presión no uniforme sobre el tubo de muestra. 6. No utilizar equipo de vidrio rallado o agrietado, porque la presión centrífuga puede producir una ruptura en estos puntos, pulverizando el vidrio y contaminando las otras muestras. 7. Reemplazar los tapones amortiguadores de los portamuestras. Cuando se deterioren y/o se rompa un tubo de vidrio, limpiar los restos 8. Comprobar que la superficie donde tiene el equipo esté perfectamente nivelada, ya que si sucede lo contrario causaría vibraciones. 	

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: UPS	
Código: EA-02-043	
No. De inventario: 65773	Ubicación: Laboratorio clínico
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar las señalizaciones de alarma. 2. Verificar que el indicador del UPS este en modo normal. 3. Verificar los parámetros operativos del sistema. 4. Asegurarse que las tomas de aire tanto de entrada como de salida no estén bloqueadas 5. Verificar el funcionamiento de los ventiladores. 	
RECOMENDACIONES DE USO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantizar que haya un espacio prudente en la parte trasera del UPS para que exista una correcta ventilación. 2. Garantizar que la UPS no vaya a estar obstaculizada, para permitir un acceso libre. 	

Tabla 41. Fichas mantenimiento Analizador de química semiautomatizada

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Analizador de química semiautomatizado	
Código: EM-01-004	
No. De inventario: 55619	Ubicación: Laboratorio clínico
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el equipo y dejar que caliente por lo menos 15 minutos en este caso como es automático, dará una señal cuando esté listo para funcionar. 2. Seleccionar la longitud de onda deseada (esto depende de la muestra a ser leída y del reactivo utilizado). 3. Seleccionar la función absorbencia o transmitancia. 4. Leer el estándar de concentración conocida y se ajusta el aparato a esa concentración. 	
RECOMENDACIONES DE USO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar el instrumento en un lugar en donde no esté sujeto a vibraciones, calor excesivo, humedad o luz directa. 2. Proteger el instrumento del polvo. Nunca toque las superficies ópticas tales como lentes y filtros. Siga las instrucciones que da el fabricante para la limpieza de tales componentes. 3. Permitir que el instrumento se caliente antes de hacer algún procedimiento. 4. Se debe hacer un chequeo periódico (cada semana) de la calibración de la longitud de onda, cuando se sospeche que ha variado, con el Tubo de Didimium. 5. Verificar el 0 y el 100% T cada vez que se vaya a hacer lecturas y cuando varíe la longitud de onda. 6. Asegurarse de que las cubetas estén limpias y libres de ralladuras y huellas digitales. Esto debe hacerse cada vez que va a usarse. 	

Tabla 42. Fichas mantenimiento Autoclave No 1 y Baño serológico No.1

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Autoclave N°1	
Código: EA-02-013	
No. De inventario: 26620	Ubicación: Laboratorio clínico
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar la tapa del esterilizador girando en sentido antihorario las mariposas de baquelita de los seis tornillos que aseguran la tapa. (Siempre apriete o afloje de a dos tornillos opuestos al mismo tiempo) Después retire el contenedor de la unidad y todos los accesorios que están dentro. 2. Aplicar agua preferiblemente destilada dentro del esterilizador y llene con una cantidad especificada en el catálogo del usuario. Colocar la rejilla de soporte protectora de la resistencia dentro del esterilizador. Instalar la parrilla dentro del contenedor. Ya que esta parrilla provee espacios para que circule el vapor y el aire libremente dentro del contenedor. 3. Colocar los artículos a ser esterilizados dentro del contenedor. 4. Lubricar el sello metal a metal, aplicar lubricación en el borde externo de la base del esterilizador, donde se hace contacto con la tapa, puede usar grasa grado alimenticio de alto punto de fusión. 5. Colocar la tapa de la autoclave, y asegurarse de que la flecha marcada en la tapa, coincida con la línea de la base. 6. verificar que el tubo de escape se introdujo dentro del canal del contenedor, posicionar las mariposas de bakelita y apretar de a dos mariposas opuestas al mismo tiempo, hacerlo en orden y lentamente hasta que se asegure apropiadamente el sello de la tapa. 7. Conectar el cable de alimentación eléctrica a un tomacorriente que posea polo a tierra. Luego colocar el interruptor ON/OFF en la posición ON, el indicador rojo se encenderá indicando que la resistencia calefactora está funcionando. 8. Abrir la válvula de control. Y luego esperar a que fluya vapor por la válvula de control por 5 minutos y cerrar la válvula de control, Cuando se ha cerrado la válvula de control la presión comienza a aumentar y se puede leer en el manómetro. 9. Al final del periodo de esterilización, colocar el interruptor ON/OFF en la posición OFF, Cuando el manómetro de presión indique cero, retirar las mariposas de ajuste de la tapa. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<ol style="list-style-type: none"> 1. No usar el esterilizador si se observa que alguna de sus partes está averiada o rota, en este caso hay que solicitar ayuda al servicio técnico. 2. Nunca abrir el esterilizador si hay presión dentro de este. Asegurarse que el manómetro indique cero de presión, y la válvula de control tenga el pin basculante en la posición vertical antes de accionar las mariposas de baquelita. Cuando se remueva la tapa hay que protegerse la cara y brazos del vapor. 3. Nunca mover el esterilizador mientras esté caliente o contenga presión. 4. No enfriar la unidad con agua esto puede causar fracturas en el cuerpo del esterilizador. 5. No usar el esterilizador para cocinar ningún tipo de comidas. 6. No tocar La parte externa del esterilizador puede estar caliente no la toque sin protección para sus manos/piel. 7. No colocar el esterilizador en una superficie que se pueda dañar por el calor 8. Nunca utilizar un martillo o una llave o cualquier otro elemento para forzar o golpear las mariposas. 	

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Baño serológico No.1	
Código: EA-02-015	
No. De inventario: 32678	Ubicación: Laboratorio clínico
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<p>Actividades de limpieza:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el equipo con un trapo húmedo para retirar el polvo, también puede usarse un trapo ligeramente impregnado con agua y jabón. 2. Limpie mínimo una vez al día el tanque o recipiente con un trapo libre de hilos sueltos impregnado de jabón. 3. Cambiar diariamente el agua del tanque o recipiente. 4. Controlar el nivel de agua en el tanque o recipiente, evacuar si es necesario. 5. Al terminar de lavar el equipo se debe secar con un trapo <p>Actividades de inspección:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar el estado de los cables y del termómetro digital 2. Revisar que el equipo esté conectado a la toma de alimentación de 110 V 3. Verificar que la temperatura del tanque o recipiente sea la misma que lee el termómetro digital. 4. Revisar que la cubierta acrílico este en buen estado. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<p>Solicitar ayuda al personal de mantenimiento en los siguientes casos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Si al encender y/o utilizar el equipo se muestra algún mensaje de error en la pantalla. 2. Si el equipo ha sufrido derramamiento de líquidos 3. Si el equipo no da reproductibilidad de resultados 4. Si el control de calidad en la temperatura es deficiente 5. Si las partes del equipo están quebradas, pérdidas o han sido retiradas 6. Si el cordón o conector de alimentación muestran signos de deterioro 	

Tabla 43. Fichas mantenimiento Microscopio de fluorescencia

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Microscopio de fluorescencia	
Código: LE-014	
No. De inventario: 25725	Ubicación: Laboratorio de inmunología y biología molecular
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<p>Diariamente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si hay piezas rotas o dañadas 2. Verificar el contador para asegurarse de que la vida útil de la lámpara no se haya superado. 3. Comprobar si los lentes tienen presencia de suciedad o polvo ya que pueden rayar fácilmente el lente si antes no se sopla el polvo y las pequeñas partículas de arena. Se puede utilizar un cepillo de aire, y luego usar un papel para lentes especial que esté limpio y seco. Si este procedimiento no produce una imagen clara de las muestras, se debe hacer la limpieza con el líquido proporcionado por el fabricante. 4. No se deben quitar los oculares o los objetivos de los agujeros de fijación, solo es necesario para limpiar las superficies externa. Para garantizar una adecuada limpieza del lente más bajo, el condensador puede ser removido de su fijación, al hacer el reemplazo del condensador, asegurarse de que el deslizamiento no pueda rayar su superficie superior con el condensador en la posición más alta. 5. Asegurarse de que los agujeros para los oculares y objetivos nunca se dejen abiertos por más de unos pocos minutos. Si un objetivo no se encuentra, cerrar el agujero de fijación con el enchufe pegando cinta adhesiva sobre él, de lo contrario el polvo entrará y causará confusión de los objetivos restantes. <p>Mensualmente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Quitar el polvo de las lentes, utilizar un cepillo de aire si es posible, antes de limpiarlas. A continuación, aplicar el líquido de limpieza (o equivalente apropiado), NO xileno) en el papel del lente y limpiar las lentes. 2. Retirar el soporte de las diapositivas de la platina mecánica y limpiar de la misma manera. 3. Limpiar el polvo del cuerpo del microscopio con un pañuelo de papel suave humedecido con agua. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<ol style="list-style-type: none"> 1. No forzar los controles del foco 2. No dejar caer los lentes ni los componentes ópticos 3. No tocar las superficies ópticas 4. Si hay desgaste o se rompen las lámparas de vapor de mercurio estas deben ser eliminadas como residuos tóxicos. En caso de explosión, salir de la sala inmediatamente ya que el vapor de mercurio es tóxico 	

Tabla 44. Fichas mantenimiento Congelador de sueros históricos

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Congelador de sueros históricos	
Código: LE-012	
No. De inventario: 48518	Ubicación: Laboratorio de inmunología y biología molecular
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el cable de alimentación eléctrica del refrigerador a una toma eléctrica con polo a tierra y capacitada para suministrar el voltaje y la potencia requerida. 2. Esperar a que el refrigerador alcance la temperatura de operación, antes de almacenar cualquier producto. 3. Cargar el refrigerador con la carga establecida por el fabricante. 4. Distribuir las cargas de forma homogénea dentro del refrigerador, ya que la uniformidad de la temperatura depende de la circulación libre del aire dentro del refrigerador. 5. Evitar abrir la puerta del congelador por tiempos prolongados, para evitar el ingreso de energía térmica y humedad, presente en el aire, al ambiente refrigerado pues se forma hielo y se aumenta el tiempo de trabajo del sistema de refrigeración. Abrir únicamente para retirar o colocar los elementos almacenados. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Acometida eléctrica con polo a tierra adecuada a los requerimientos de voltaje y frecuencia del equipo. En general los refrigeradores, dependiendo de su capacidad, pueden conseguirse en versiones que funcionan con 115 V, 60 Hz; 208/230 V, 60 Hz. Debe preverse que las acometidas eléctricas cumplan con las normativas eléctricas nacionales o internacionales que utilice el laboratorio. 2. Si se instala más de un refrigerador que dependa de un mismo circuito eléctrico, se debe verificar que la capacidad, potencia eléctrica y las seguridades del mismo sean adecuadas para suministrar la potencia que demandan los congeladores. 3. Conectar directamente el refrigerador a la toma eléctrica. Nunca instalar un refrigerador en una toma eléctrica sobrecargada o que presente deficiencias de voltaje. En lo posible, evitar el uso de extensiones eléctricas. La toma eléctrica no debe estar a más de 2 m del lugar seleccionado para instalar el refrigerador. 4. Instalar el refrigerador sobre una superficie nivelada, previendo que se disponga de un espacio libre alrededor del equipo. Los refrigeradores en la base disponen de un sistema de nivelación que permite ajustar las pequeñas diferencias de nivel que pudiera tener el piso. Se acostumbra dejar un espacio libre de 15 cm a los lados, y en la parte trasera para facilitar la ventilación del condensador. 5. Evitar instalar el refrigerador bajo la luz solar directa o cerca de fuentes de calor como radiadores o calentadores. Recordar que mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre el ambiente y el condensador, la transferencia de calor será más eficiente. 	

Tabla 45. Fichas mantenimiento Pipeta automática extracción de DNA 200-1000

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: Pipeta automática extracción de DNA 200-1000	
Código: LE-029	
No. De inventario: 63127	Ubicación: Laboratorio de inmunología y biología molecular
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<p>Técnica de pipeteo para líquidos claros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón superior suavemente hasta el primer tope. 2. Sumergir la punta, en la solución que se necesita pipetear estando seguros que la punta este bien colocada y que no haya ningún tipo de residuos entre la punta y el cuerpo de la pipeta. 3. Mantener la pipeta verticalmente mientras toma la solución. 4. Descartar la solución de la punta presione el botón hasta el segundo tope. 5. Descartar las puntas utilizando el eyector que traen las pipetas. <p>Técnica de pipeteo para líquidos con alta viscosidad:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presionar el botón superior hasta el segundo tope. 2. Sumergir la punta en la solución (2-3 mm) y suelte el botón despacio. La punta tiene que estar bien llena. 3. Descartar el líquido de la punta presionando suavemente el botón superior hasta el primer tope. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar el día limpiando la parte externa de las pipetas de polvo o suciedad. 2. Usar solamente etanol al 70% para la limpieza de la pipeta. Otro tipo de solvente no es aconsejable. 3. Utilizar las puntas adecuadas a las pipetas y a la cantidad de solución que se va a medir. 4. El pistón y el cilindro pueden ser chequeados dos veces al año si la pipeta es usada diariamente. 5. El mantenimiento preventivo de la pipeta tiene que ser realizado por personal de la división de mantenimiento tecnológico 	

Tabla 46. Fichas mantenimiento TermocicladorMultigene

FICHA DE MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Nombre del equipo: TermocicladorMultigene	
Código: LE-031	
No. De inventario: 83164	Ubicación: Laboratorio de inmunología y biología molecular
NORMAS A CUMPLIR PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO	
<p>Limpieza:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpie la carcasa o parte externa del termociclador con un paño de limpieza suave, este debe estar humedecido ligeramente con una solución jabonosa de pH neutro (no usar ceras o abrasivos). 2. Proceda a limpiar los pocillos (antes asegúrese que estos no estén calientes), los pocillos nunca deben tener material adherido a ellos: utilice hisopos, estos deben ser humedecidos idealmente con alcohol isopropílico / isopropanol, en su defecto con metanol. Si sus pocillos del bloque térmico se encuentren muy agredidos por material externo adherido a ellos debe proceder con cautela y realizar la siguiente operación: diluya hipoclorito de sodio de cualquier casa comercial en relación 1:100 con agua, con un hisopo humedecido en el líquido/solución limpie los pocillos, inmediatamente después utilice etanol al 95%; nunca deje humedecido los pocillos proceda a limpiar y retirar humedades residuales con un hisopo seco. 3. El área térmica de la tapa debe ser limpiada con un paño o papel de limpieza suave humedecido con alcohol isopropílico. 	
RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recuerde la limpieza de la ventilación es importante porque previene el sobrecalentamiento y fallos en las placas integradas. 2. Recuerde nunca use abrasivo, solventes o soluciones acidas estos dañan la parte externa e interna del termociclador. 3. Si el termociclador ha sido agredido por partículas externas en su interior ha sufrido derrames detenga el protocolo, desconecte, deje enfriar, proceda con el método de mantenimiento descrito y notifique a la división de mantenimiento tecnológico. 	

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
CODIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
EA-02-043	UPS	Inspeccion visual del equipo para conexiones sueltas, aislamiento quemado o cualesquiera otros signos de desgaste.	Trimestral																																																
		Inspeccion visual de contaminación por líquidos de las baterías y los condensadores.	Semestral																																																
		Limpieza y aspiracionde los recintos del equipo UPS	Semestral																																																
		Revisar el equipo de climatización y el desempeño relacionado con la temperatura y la humedad.	Semestral																																																
		Prueba de interruptores de transferencia de UPS, interruptores automáticos y hacer mantenimiento de derivación.	Semestral																																																
		revisión del sistema, incluyendo una prueba de monitoreo a la batería para determinar si las celdas de las baterías o células están cerca del final de su vida útil.	Anual																																																
LISTA DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS BASICAS																								CONSUMIBLES												REPUESTOS						TECNICO									
Destornillador de estrella																								Franela												Led's						Electronico									
Destornillador de pala																								Limpiador de superficies												Bateria															
Multímetro																								limpiador de contactos												Fusibles						OBSERVACIONES									
Amperímetro																								limpiador tarjetas electronicas												Conectores															
Aspiradora																																																			
																																										Verificar la ficha de mantenimiento autonomo para hacerle seguimiento									

Fuente: Autor del proyecto

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
CODIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
LE-011	CENTRIFUGA DE PISO	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	Trimestral																																																
		Efectuar limpieza externa e interna del equipo	Trimestral																																																
		Revisar partes y accesorios metálicos y sintéticos (soportes, cabezal, tapadera, empaques, portatubos, etc.)	Trimestral																																																
		Verificar el balance del plato con carga	Trimestral																																																
		Revisar conexiones eléctricas, internas y externas	Trimestral																																																
		Revisar el motor y sus componentes (carbones, baleros, eje, acoplamiento, etc.)	Trimestral																																																
		Examinar el exterior del equipo limpieza y las condiciones físicas	Semestral																																																
		Verificar el estado de las escobillas del motor	Semestral																																																
		Lubricación del motor y los cojinetes	Semestral																																																
		Verificar la velocidad de rotación real contra la seleccionada	Anual																																																
		Confirmar el funcionamiento del sistema de freno.	Anual																																																
		Inspección de elementos electricos y electronicos	Anual																																																
Verificar que se cumplen las normas electricas	Anual																																																		

LISTA DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS BASICAS	CONSUMIBLES	REPUESTOS	TECNICO
Termómetro	Franela	Sellos	Electrico
Medidor de Humedad Relativa (Higrómetro)	Lubricante o grasa fina	Carbones del motor	
Cronómetro	Limpiador de superficies	Fusibles	OBSERVACIONES Verificar la ficha de mantenimiento autonomo para hacerle seguimiento
Multímetro	Desinfectante	Potenciómetros	
Amperímetro	Limpiador de tarjetas electrónicas	Controlador de velocidad	
Tacómetro		Controlador de temperatura	
Destornillador de cruz			
Destornillador plano			
Aspiradora			
Brochas			
Llave para apretar la tuerca del rotor			

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																							
CODIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
LE-008	MICROSCOPIO INVERTIDO	Remover las partículas de polvo de el cuerpo del microscopio	Mensual	■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
		Limpiar la superficie de los lentes	Mensual																																																				
		limpiar y reinstalar el mecanismo de sujecion de la placa portamuestra.	Mensual																																																				
		inspeccion visual del microscopio	Mensual																																																				
		Verificar que cada componente se encuentre en buen estado, esté limpio y esté bien ajustado mecánicamente.	Semestral			■																																																	
		Verificar la integridad de los conectores, los fusibles y la lámpara incandescente.	Semestral			■																																																	
		Verificar que en el lugar de instalación se conserven las condiciones de buena ventilación, control de humedad y temperatura.	Semestral			■																																																	
		Inspección minuciosa y servicio por un técnico de servicio calificado.	Anual																																												■								
LISTA DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																							
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS BASICAS												CONSUMIBLES												REPUESTOS												TECNICO																			
Destornillador de estrella												Franela												Bombilla de halogeno												Optica y mecánica fina																			
Destornillador de pala												Desinfectante																																											
Llaves Allen												Limpiador de superficies																								OBSERVACIONES																			
												limpiador de contactos																								Verificar la ficha de mantenimiento autonomo para hacerle seguimiento																			
												limpiador tarjetas electronicas																																											

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
CODIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
LE-014	MICROSCOPIO DE FLUORESCENCIA	Remover las partículas de polvo de el cuerpo del microscopio	Mensual																																																
		Limpia la superficie de los lentes	Mensual																																																
		limpiar y reinstalar el mecanismo de sujecion de la placa portamuestra.	Mensual																																																
		inspeccion visual del microscopio	Mensual																																																
		Verificar que cada componente se encuentre en buen estado, esté limpio y esté bien ajustado mecánicamente.	Semestral																																																
		Verificar la integridad de los conectores, los fusibles y la lámpara incandescente.	Semestral																																																
		Verificar que en el lugar de instalación se conserven las condiciones de buena ventilación, control de humedad y temperatura.	Semestral																																																
Inspección minuciosa y servicio por un técnico de servicio calificado.	Anual																																																		
LISTA DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS BASICAS				CONSUMIBLES				REPUESTOS				TECNICO																																							
Destornillador de estrella				Franela				Bombilla de halogeno				Optica y mecánica fina																																							
Destornillador de pala				Desinfectante																																															
Llaves Allen				Limpiador de superficies								OBSERVACIONES																																							
				limpiador de contactos								Verificar la fecha de mantenimiento autonomo para hacerle seguimiento																																							
				limpiador tarjetas electronicas																																															

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
CODIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
LE-031	TERMOCICLADOR MULTIGENE	Verificacion y ajuste de temperatura	Anual																																																
		limpieza interna y externa	Anual																																																
		Inspección de todas las piezas	Anual																																																
		Comprobación del sistema eléctrico	Anual																																																
		Reajuste del sistema de verificación de	Anual																																																
LISTA DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																			
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS BASICAS				CONSUMIBLES				REPUESTOS				TECNICO																																							
Destornillador de estrella				Franela				Fusibles				Electronico																																							
Destornillador de pala				Solución jabonosa de pH neutro				Juego de tubos																																											
Multimetro				Alcohol Isopropilico				Bloque de calefaccion				OBSERVACIONES																																							
Amperimetro				Limpiador de superficies								Verificar la fecha de mantenimiento autonomo para hacerle seguimiento																																							
Pinzas				limpiador de contactos																																															
				limpiador tarjetas electronicas																																															