



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

“PROPUESTA DE UN MODELO DE CONFIABILIDAD PARA CAJEROS AUTOMÁTICOS DE MARCA DIEBOLD DE LA SERIE 510, 512, 520, 522, 560, 562 UBICADOS EN EL AZUAY”.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de magíster en
gestión de mantenimiento**

AUTOR

Ing. Efrén Medina Pesántez

DIRECTOR

Ing. Luis Felipe Sexto Cabrera M.Sc.

CUENCA – ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Mi Tesis la dedico a mi madre MARÍA EULALIA quien fue la que motivó que siguiera esta maestría, y gracias a sus enseñanzas pude desempeñarme con éxito en este logro académico.

A mi querida esposa CINDY que gracias a su valiosa insistencia y apoyo me brindó fuerzas para terminar el presente trabajo.

A toda mi familia que siempre estuvo pendiente de mi avance en la parte académica.

El Autor.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Renato quien facilitó la información para poder realizar este estudio.

Al Ingeniero Luis Felipe Sexto, por el apoyo y la guía prestada durante el desarrollo de este trabajo, ya que siempre estuvo presente para clarificar las dudas que se presentaron.

A los amigos y compañeros de la maestría ya que siempre estuvieron apoyando en las diferentes tareas que surgieron a lo largo de esta experiencia académica.

El Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA..... | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| INDICE DE CONTENIDOS | IV |
| INDICE DE FIGURAS Y TABLAS..... | VI |
| Resumen..... | VIII |
| Abstract | IX |
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 2. CAPITULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS..... | 11 |
| 2.1 DIEBOLD..... | 11 |
| MISIÓN..... | 12 |
| VISIÓN | 12 |
| VALORES | 12 |
| DOCBASE..... | 12 |
| 2.2 DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO | 13 |
| 2.3 CONFIABILIDAD..... | 14 |
| 2.3.1 CALCULO DE LA CONFIABILIDAD | 15 |
| 2.3.2 CALCULO DE LA CONFIABILIDAD DE SISTEMAS COMPLEJOS | 16 |
| 2.4 Teorema de Bayes..... | 17 |
| 2.5 Mantenimiento centrado en la Confiabilidad..... | 18 |
| 2.6 CAJERO AUTOMATICO..... | 20 |
| 2.7 RELACION DOWNLOAD-HARWARE | 23 |
| 2.8 PARTES DEL ATM | 23 |
| 2.8.1 PARTE SUPERIOR | 23 |
| 2.8.2 PARTE INFERIOR | 27 |
| 2.9 Clasificación de ATM | 28 |
| 3. CAPITULO 2 RESULTADOS..... | 30 |
| 3.1 Contexto Operacional de los ATM..... | 30 |
| 3.2 Diferencias entre los modelos de ATM..... | 31 |
| 3.3 Función Primaria y Modos de Falla del ATM | 32 |
| 3.3.1 Función del ATM | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3.2 | Modos de falla | 32 |
| 3.4 | Cajero Equivalente y condiciones generales | 35 |
| 3.5 | Calculo de la Tasa de Falla..... | 37 |
| 3.1 | Cálculos del modelo de confiabilidad..... | 37 |
| 3.1.1 | ATM 510 Front Load | 38 |
| 3.1.2 | ATM 512 Rear Load | 41 |
| 3.1.3 | ATM 520 Front Load | 44 |
| 3.1.4 | ATM Front Load 522 | 47 |
| 3.1.5 | ATM 560 Rear Load | 49 |
| 3.1.6 | ATM 562 Rear load | 52 |
| 4. | CAPITULO 3 DISCUSIÓN | 55 |
| 4.1 | Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 510 | 55 |
| 4.2 | Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 512 | 56 |
| 4.3 | Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 520..... | 57 |
| 4.4 | Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 522..... | 58 |
| 4.5 | Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 560..... | 58 |
| 4.6 | Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 562 | 59 |
| 4.7 | Comparación del valor de confiabilidad de los diferentes módulos de los ATM vs los modelos..... | 60 |
| 4.8 | Catálogo de fallas | 68 |
| 5. | CONCLUSIONES | 71 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 74 |
| 7. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Docbase..... | 12 |
| Figura 2 Modelado de Sistema Complejo..... | 16 |
| Figura 3 Bloques en serie..... | 16 |
| Figura 4 Bloques en paralelo..... | 16 |
| Figura 5 Costo de la detección de fallas..... | 19 |
| Figura 6 Esquema del funcionamiento de la red de ATM..... | 21 |
| Figura 7 Relación Download-Hardware..... | 23 |
| Figura 8 Lectora y Anti-skimming..... | 24 |
| Figura 9 Monitor del cliente y Monitor del operador..... | 24 |
| Figura 10 EPP..... | 25 |
| Figura 11 Fascia..... | 25 |
| Figura 12 Card cage..... | 26 |
| Figura 13 Impresora..... | 26 |
| Figura 14 ups..... | 26 |
| Figura 15 Dispensador..... | 27 |
| Figura 16 Gaveta de dinero..... | 27 |
| Figura 17 Gaveta de Rechazos..... | 27 |
| Figura 18 ATM de Lobby..... | 28 |
| Figura 19 Atm Carga Posterior..... | 29 |
| Figura 20 Contexto Operacional Front Load..... | 30 |
| Figura 21 Contexto Operacional Rear Load..... | 30 |
| Figura 22 Diagrama de bloques de un ATM..... | 34 |
| Figura 23 Número de cajeros por modelos..... | 35 |
| Figura 24 Diagrama de bloques ATM 510..... | 39 |
| Figura 25 Resultado del bloque en paralelo..... | 39 |
| Figura 26 Cálculo de Confiabilidad del modelo 510..... | 40 |
| Figura 27 Diagrama de bloques ATM 512..... | 42 |
| Figura 28 Resultado del bloque en paralelo..... | 42 |
| Figura 29 Cálculo de Confiabilidad del modelo 512..... | 43 |
| Figura 30 Diagrama de bloques ATM 520..... | 45 |
| Figura 31 Resultado del bloque en paralelo..... | 45 |
| Figura 32 Cálculo de Confiabilidad del modelo 520..... | 46 |
| Figura 33 Diagrama de bloques ATM 522..... | 48 |
| Figura 34 Cálculo de Confiabilidad del modelo 522..... | 48 |
| Figura 35 Diagrama de bloques ATM 560..... | 50 |
| Figura 36 Resultado del bloque en paralelo..... | 50 |
| Figura 37 Cálculo de Confiabilidad del modelo 560..... | 51 |
| Figura 38 Diagrama de bloques ATM 562..... | 53 |
| Figura 39 Resultado del bloque en paralelo..... | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 40 Cálculo de Confiabilidad del modelo 562. | 54 |
| Figura 41 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 510..... | 55 |
| Figura 42 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 512..... | 56 |
| Figura 43 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 520..... | 57 |
| Figura 44 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 522..... | 58 |
| Figura 46 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 562..... | 59 |
| Figura 47 Comparación de la confiabilidad de la lectora entre modelos de ATM. | 60 |
| Figura 48 Comparación de la confiabilidad del Dispensador entre modelos de ATM..... | 61 |
| Figura 49 Comparación de la confiabilidad del CPU entre modelos de ATM. | 62 |
| Figura 50 Comparación de la confiabilidad de la fuente de poder entre modelos de ATM... | 63 |
| Figura 51 Comparación de la confiabilidad de la impresora entre modelos de ATM | 64 |
| Figura 52 Comparación de la confiabilidad del monitor entre modelos de ATM. | 64 |
| Figura 53 Comparación de la confiabilidad del PowerBox entre modelos de ATM..... | 65 |
| Figura 54 Comparación de la confiabilidad de el Software entre modelos de ATM. | 66 |
| Figura 55 Comparación de la confiabilidad del Teclado entre modelos de ATM | 67 |
| Figura 56 Comparación de la confiabilidad del Hub Usb entre modelos de ATM. | 67 |
| Figura 57 Comparación de la confiabilidad del Anti-skimming entre modelos de ATM. | 68 |
| | |
| Tabla 1 Distribuciones utilizadas en mantenimiento..... | 15 |
| Tabla 2 Diferencias de ATM..... | 31 |
| Tabla 3 Fallas Funcionales de un ATM | 33 |
| Tabla 4 Numero de cajeros clasificados por modelo. | 35 |
| Tabla 5 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 510. | 38 |
| Tabla 6 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 512. | 41 |
| Tabla 7 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 520. | 44 |
| Tabla 8 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 522. | 47 |
| Tabla 9 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 560 | 49 |
| Tabla 10 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 562. | 52 |
| Tabla 11Catalogo de fallas de la Lectora. | 69 |
| Tabla 12 Catálogo de Falla de Anti-skimming, Monitor, Epp..... | 70 |

RESUMEN

Las empresas dedicadas al mantenimiento de máquinas están en crecimiento, por lo que es fundamental saber cómo calcular la confiabilidad de los activos a los que prestan el servicio, es necesario elaborar un modelo de confiabilidad, basado en los modos de falla que las máquinas poseen, determinando la criticidad de estos para obtener un esquema en bloques de los modos de fallas, para luego aplicar la metodología de diagrama de bloques y calcular la confiabilidad de la máquina.

Con este modelo se podrá observar los módulos críticos que afectan directamente a la confiabilidad de la máquina, para de esta manera poder tomar decisiones de mejora de procedimientos, materiales, repuestos.

PALABRAS CLAVES

Confiabilidad, Cajeros Automáticos, modos de falla, tasa de fallos, contexto operacional.

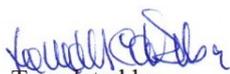
ABSTRACT

The companies dedicated to the maintenance of machines are increasing; thus, it is fundamental to know how to calculate the assets reliability to the ones that provide the service. Therefore, it is necessary to elaborate a reliability model based on the failure modes that machines have, determining their criticality so as to obtain a block diagram of fault modes, and then apply the Reliability Block Diagram methodology to calculate the reliability of the machine.

This model will make it possible to observe the critical modules that directly affect the machine reliability, in order to make decisions to improve procedures, materials, spare parts.

KEYWORDS: Reliability, ATMs, Failure Modes, Failure Rate, Operational Context.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas enfrentan varios desafíos en su día a día, retos que les permite evolucionar hacia objetivos basados en competitividad y optimización de recursos para poder mantenerse en el mercado.

Estas metas impulsan que distintos sectores empresariales opten por tercerizar ciertos procesos tal como el de mantenimiento. Las siguientes razones justifican esta elección: La capacitación y especialización del personal de mantenimiento requiere una alta inversión y en muchos de los casos no existen fuentes de conocimiento claras, adicional muchas de la empresas al momento de adquirir una maquina se enfocan no solo en las características de la misma sino en el servicio post-venta que el proveedor puede brindar.

Bajo este concepto aparecen las empresas dedicadas a servicios de mantenimiento de máquinas especializadas, como por ejemplo cajeros automáticos, equipamiento médico y otros, encontrando un nicho muy grande para brindar servicios de este tipo.

Por lo general la bibliografía existente habla de mantenimiento como un proceso de soporte dentro de la organización de una empresa. Pero existen empresas, como ya se mencionó, que hacen de la prestación de este servicio su actividad principal. De esta manera las estrategias de estas empresas deben tener claro la siguiente afirmación: para maximizar sus ganancias, mientras menos falle la máquina más rentabilidad obtendrán y por lo tanto el objetivo es mejorar la confiabilidad de los equipos a los que se presta el servicio.

El presente trabajo tiene por objetivo proponer un modelo de confiabilidad para cajeros automáticos de la marca Diebold de tipo 510, 512, 520, 522, 560.562. Para cumplir este fin se definirán los componentes de un cajero automático, se tabulará los datos de fallas que posee la empresa para calcular la confiabilidad de los diferentes modelos que se analizan y se presentará el modelo de confiabilidad del cajero automático. Finalmente se presentará un catálogo de fallas del cajero automático.

2. CAPITULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad las empresas buscan cada día ser más eficientes y enfocarse en la satisfacción del cliente por lo que han buscado estrategias que les permitan tener éxito, una de estas estrategias es el outsourcing cuya traducción al español es externalización.

Esta estrategia es aplicada por la mayoría de instituciones financieras del Ecuador, ya que les es conveniente dedicarse a brindar servicios bancarios y satisfacer al cliente, dejando a un lado las tareas de mantenimiento de los diferentes equipos así como Tics (Tecnologías de la información y comunicación) que poseen.

Una definición adaptada del outsourcing para las Tics es *“la externalización u outsourcing es la ejecución de procesos y actividades relacionadas con las TIC de una organización por parte de una empresa externa que cuenta con su propia estructura, recursos, capacidad de decisión y gestión. Las relaciones entre ambas se rigen por un contrato que contiene los acuerdos de nivel de servicio. De hecho externalizar no es más que un tipo de acuerdo por el que una empresa proporciona a otra servicios, que podrían haber sido desarrollados internamente.”* (Siber, Valor, & Porta, 2006)

Esta estrategia es aplicada en la gestión de mantenimiento de cajeros automáticos en donde las instituciones financieras lograron con éxito encontrar proveedores de servicios calificados con cobertura nacional.

2.1 DIEBOLD

Desde 1859, Diebold, Incorporated ha ayudado a las empresas y consumidores a proteger y obtener sus activos más valiosos. *“A lo largo de los años, las oportunidades y las amenazas han cambiado, pero nuestra incesante búsqueda de la innovación con propósito de mantenerse por delante de todo sigue siendo el mismo.”* (DIEBOLD, 2016)

Diebold es una empresa multinacional que ofrece una combinación de innovación, experiencia y calidad de servicio, convirtiéndose en un líder mundial en el suministro de soluciones de autoservicio integradas, sistemas de seguridad y servicios de mantenimiento.

El sistema financiero considera a Diebold un socio estratégico en la prestación de autoservicio a sus clientes ya que la utilización de cajeros automáticos es una de las opciones para que el público en general, pueda tener acceso a su efectivo y el manejo de sus cuentas bancarias 365 días al año, 24 horas al día.

MISIÓN

Entregar tecnología y servicios innovadores que mejoren el negocio a través de una poderosa combinación de conocimiento del cliente. Pensamiento con inspiración y empleados atentos.

VISIÓN

Ser reconocidos como un socio estratégico en la creación e implementación de ideas que optimicen eficiencia y seguridad.

VALORES

Integridad, somos abiertos, honestos y responsables por el cumplimiento de nuestros compromisos.

Colaboración, buscamos oportunidades para establecer relaciones más cercanas con clientes, compañeros de trabajo y proveedores.

Innovación, alimentamos el pensamiento creativo que agrega valor.

Conocimiento, fomentamos el desarrollo continuo de nuestras habilidades y experiencia para asesorar mejor a nuestros clientes

DOCBASE

Diebold posee un sistema en el cual registra todos los requerimientos correctivos y preventivos que los clientes solicitan, el mismo que permitirá extraer la información para el análisis de este estudio, por motivos de confidencialidad censuraremos los números de serie y clientes a los que pertenecen las máquinas y nos centraremos exclusivamente en los modelos de ATM y como fallan.



DIEBOLD
INNOVACIÓN A SU ALCANCE™

Doc
Base

Bienvenido
Para ingresar, registre los siguientes datos

Usuario:

Contraseña:

Pais:

[Recuperar Contraseña](#)

Figura 1 Docbase. Fuente: <http://docbase.dieboldms.com>

2.2 DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

Existen definiciones de mantenimiento que se deben tener claras para la correcta comprensión de este trabajo, a continuación encontramos las siguientes definiciones:

DISPONIBILIDAD según (Sexto, 2005) *“La disponibilidad es la probabilidad que un activo cumpla sus funciones en el momento que se requiere.”*

CONFIABILIDAD según (Sexto, 2005) *“es la probabilidad de que un activo (o conjunto de activos) desempeñe su función, libre de fallos, y bajo determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo también determinado.”*

ACCIÓN CORRECTIVA Una actividad documentada, proceso, procedimiento, cambio de material, cambio de parte, implementada y validada para corregir la causa de una falla o de un diseño deficiente. (MIL-STD-721, 1981)

CRITICIDAD, Medida relativa de una consecuencia de un modo de falla y la frecuencia con la que ocurre. (MIL-STD-721, 1981)

DESMONTAJE, Abrir un ítem y remover un número de partes o submódulos para hacer que un ítem o pieza que necesita ser reemplazada pueda ser accesible y removida. Esta acción no incluye el ítem que se remueve para ser reemplazado, sino las partes que se remueven para acceder a este. (MIL-STD-721, 1981)

FALLA, según (Moubray, 2004), *“es la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.”*

ANÁLISIS DE FALLAS Examinación lógica y sistemática de un ítem, de manera subsecuente a una falla. Consiste en la construcción, aplicación y documentación para identificar lo que la falla produjo y determinar la falla del mecanismo. (MIL-STD-721, 1981)

EFEECTO DE FALLA, La consecuencia o consecuencias que un modo de falla tiene en la operación, función o estatus de un activo. (MIL-STD-721, 1981)

TASA DE FALLAS Es el número total de fallos de un activo o ítem, dividido para el tiempo de funcionamiento. (MIL-STD-721, 1981)

MANTENIBILIDAD, según (Sexto, 2005) *“es la probabilidad de que un activo (o conjunto de activos) en fallo, sea restaurado a su estado operativo, dentro de un tiempo determinado, cuando la acción de corrección se efectúa acorde a los procedimientos establecidos por la empresa.”*

MANTENIMIENTO, según (MIL-STD-721, 1981) son todas las acciones que se toman para restaurar un activo a una condición específica

MANTENIMIENTO CORRECTIVO (MIL-STD-721, 1981), es parte del mantenimiento, son una o más tareas necesarias para restaurar un activo a una condición específica, estas acciones se toman una vez que el activo se encuentre con una falla

MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MIL-STD-721, 1981), son todas las acciones para mantener un activo en una condición específica mediante inspecciones, detección y prevención de fallas.

2.3 CONFIABILIDAD

Como se revisó anteriormente la confiabilidad es una probabilidad, por lo que puede ser modelada mediante una función matemática. La confiabilidad también puede ser definida como una distribución de probabilidad que va a depender de algunas variables.

En la tabla a continuación se muestra las distribuciones más utilizadas, con los casos de aplicación.

| Distribución | Descripción | Grafico |
|--------------|--|---------|
| Normal | <ul style="list-style-type: none"> - Describe fenómenos de envejecimiento de equipos. - Describe fenómenos de modelos de fatiga. - Describe fenómenos naturales. - Los componentes son afectados desde un comienzo por el desgaste. $R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt$ | |
| Exponencial | <ul style="list-style-type: none"> - Las reparaciones constituyen un intercambio de piezas estándar. - Fallas aleatorias y que no dependan del tiempo que lleve en funcionamiento. - Describe situaciones de función de tasa de falla constante. - El componente usado que aún no ha fallado, es estadísticamente tan bueno como un componente nuevo. - Modelar componentes electrónicos. Es un caso particular de la Gamma cuando /beta = 1. $R(t) = \exp(-\lambda * t)$ | |
| Weibull | <ul style="list-style-type: none"> - Es la única función de probabilidad que puede utilizarse para representar cualquier tipo de distribución. - Representar la vida de los componentes. - Vida de servicio de tubos y equipos electrónicos. $R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$ | |

| | | |
|-------------------|--|--|
| <p>Gamma</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Conveniente para caracterizar los tiempos de fallas de equipos durante períodos de rodaje. - Adecuada para representar sistemas con componentes <i>stand-by</i>. $R(t) = \frac{\lambda^a}{\Gamma(a)} \int_t^{\infty} t^{a-1} \exp(-\tau t) dt$ | |
| <p>Log normal</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Describe cuando la mayor parte de las intervenciones son de corta duración. - Aplicada para equipos electrónicos y electromecánicos. - Se aproxima a la distribución exponencial, y siendo ésta mucho más sencilla de manejar, es esta última la que más se utiliza. | |

Tabla 1 Distribuciones utilizadas en mantenimiento (Mora, 2009)

2.3.1 CALCULO DE LA CONFIABILIDAD

En base a las distribuciones anteriores se puede calcular la confiabilidad $R(t)$ en un tiempo determinado, este criterio se utiliza para determinar cuáles son los niveles probabilísticos aceptables para que un activo o una parte funcione sin que falle o entre en un estado no operativo. Este cálculo se orienta a incrementar la disponibilidad y confiabilidad en una máquina, además de analizar cuáles son los componentes más críticos y de ser el caso que un activo sea vital, el valor de confiabilidad nos va a permitir decidir si es necesario tener un activo similar en stand by.

Al poder tener una medida de confiabilidad podemos aplicar diferentes métodos para mejorar la confiabilidad o analizar el costo beneficio de diferentes mejoras en materiales, repuestos y procesos.

Por lo general los activos o máquinas están compuestos por diferentes componentes que se relacionan entre sí, característica que se denomina como sistemas complejos. A continuación se detalla la metodología para poder calcular la confiabilidad en sistemas complejos y los procesos de modelaje.

Para realizar este cálculo se parte con la concepción de que podemos calcular la confiabilidad de cada uno de los componentes mediante el análisis de la tasa de falla y la aplicación de las distribuciones anteriormente mencionadas.

2.3.2 CALCULO DE LA CONFIABILIDAD DE SISTEMAS COMPLEJOS

Se define que la confiabilidad de sistemas complejos puede ser calculada modelando el sistema como una analogía de circuitos serie-paralelo, para de esta manera encontrar el componente que afecta de manera crítica a la confiabilidad del sistema. Un ejemplo se muestra en la Figura 3 Bloques en serie. Fuente:, la analogía a un circuito eléctrico serie paralelo nos permite determinar que componentes son indispensables para el funcionamiento del sistema, estos son considerados como componentes en serie. Por otro lado los componentes son considerados paralelos al poseer una redundancia, por lo que si fallan el sistema sigue operando. La concatenación de los dos tipos de componentes nos permite definir un sistema complejo como se muestra en la Figura 22 de ejemplo.

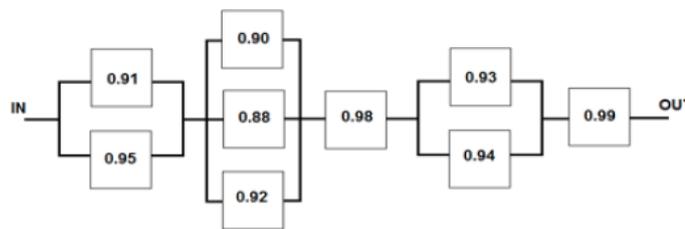


Figura 2 Modelado de Sistema Complejo. Fuente: (Abd-Allah, 1997)

Para la determinación de la confiabilidad se utilizara las siguientes formulas basados en el estudio de (Abd-Allah, 1997).

Para el cálculo de Bloques de confiabilidad en serie utilizaremos el producto de las confiabilidades.

$$\begin{array}{c}
 \text{---} \boxed{R_1} \text{---} \boxed{R_2} \text{---} \dots \text{---} \boxed{R_n} \text{---} R = \prod_{i=1}^n R_i
 \end{array}$$

Figura 3 Bloques en serie. Fuente: (Abd-Allah, 1997)

Y para el cálculo de bloques en paralelo será el producto de uno menos la confiabilidad de los bloques en paralelo.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \boxed{R_1} \\
 \boxed{R_2} \\
 \vdots \\
 \boxed{R_n}
 \end{array} \\
 \text{---} R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)
 \end{array}$$

Figura 4 Bloques en paralelo. Fuente: (Abd-Allah, 1997)

El proceso para el cálculo será: Resolver primero los bloques paralelos para que de esta manera al final se obtenga una cadena con los bloques equivalentes en serie y facilitar el cálculo.

Con un análisis a simple vista los bloques que se encuentran en paralelo aumentarán la confiabilidad, debido a que puede usarse uno u otro, es decir si un dispositivo en paralelo falla no compromete el funcionamiento del activo. Todo lo contrario al momento de analizar los bloques en serie, ya que cada uno depende del anterior para su funcionamiento, como una cadena, si falla uno el funcionamiento del activo se ve comprometido.

De esta manera podemos encontrar el componente crítico en el cual debemos mejorar para aumentar la confiabilidad del activo y analizar las diferentes opciones de mejora siempre teniendo en cuenta el costo beneficio de la propuesta.

2.4 Teorema de Bayes.

El teorema de Bayes enunciado en 1773 por el reverendo Thomas Bayes es una extensión de la probabilidad condicional. Expresa la probabilidad condicional de un evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A.

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i) \cdot P(B/A_i)}{P(B)}$$

Donde:

$P(A_i)$ = Probabilidad a priori

$P(B/A_i)$ = Probabilidad condicional

$P(B)$ = Probabilidad Total

$P(A_i/B)$ = Probabilidad a posteriori

La probabilidad total se calcula mediante la siguiente formula:

$$P(B) = P(A_1) \cdot P(B/A_1) + P(A_2) \cdot P(B/A_2) + \dots P(A_n) \cdot P(B/A_n)$$

El teorema de Bayes se utilizará en este estudio para determinar la probabilidad de cuando ya se produjo una falla en el cajero automático que modulo es más probable que se encuentre averiado

2.5 Mantenimiento centrado en la Confiabilidad.

RCM por sus siglas en inglés “Reliability Centered Maintenance” es una estrategia que aparece en los años 1978 en un reporte de Nowlan y Heap para el análisis del mantenimiento preventivo de aviones. Posteriormente en 1981 aparece en el estándar militar (MIL-STD-2173, 1989), y de esta manera se fue perfeccionando para luego aparecer en una aplicación industrial en el libro (Moubray, 2004), también fue adoptada por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) en la norma SAEJA1011. En base a las revisiones realizadas en estos libros y normas se desarrollara la síntesis de esta sección, que luego nos servirá para la aplicación real en este documento.

El RCM está enfocado en mejorar la confiabilidad del equipo, según (Carlson, 2012) es importante calcular la confiabilidad pero lo más importante es mejorar la confiabilidad de los equipos hasta un margen aceptable. Si bien es cierto, el aumentar la confiabilidad es costoso por eso es importante saber dónde invertir para mejorar los niveles de confiabilidad de nuestros activos.

El RCM basa su procedimiento en una metodología llamada FMEA por sus siglas en inglés “Failature Mode and Efects Analisys” que de la misma manera aparece como una norma militar (MIL-STD-1629A, 1980), luego es adoptada como una norma SAE J1739.

Según (Carlson, 2012) en su libro, es más eficiente si esta metodología se aplica en el diseño de cualquier dispositivo, ya que el costo de un defecto de fábrica se multiplica por diez dependiendo en la fase en la que se lo detecte, sin embargo este costo es absorbido por el fabricante cuando el defecto de fábrica se produce en el momento que el activo se encuentre en garantía, de aquí nace el concepto del costo de la confiabilidad.

Cabe recalcar que podremos mejorar la confiabilidad hasta el punto de encontrar la confiabilidad inherente de la máquina. Por lo que si adquirimos una máquina que no es confiable nos encontraremos en una encrucijada al decidir asumir costos de mantenimiento adicionales, he aquí la importancia del análisis de la confiabilidad de los equipos.

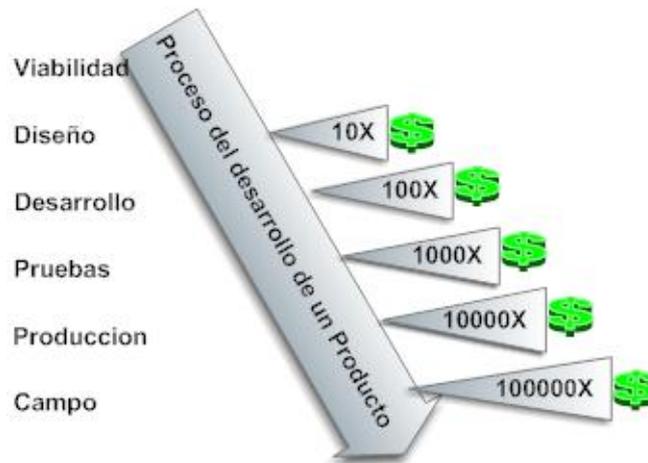


Figura 5 Costo de la detección de fallas. Fuente: (Carlson, 2012)

El FMEA es un método diseñado para identificar y entender los potenciales modos de fallas y sus causas, para de esta manera tomar acciones correctivas o preventivas.

El RCM plantea 7 preguntas básicas:

- **¿Cuáles son las funciones y los estándares de rendimiento del activo en su contexto operacional actual?**
- **¿En qué formas falla el activo, dejando de cumplir sus funciones?**
- **¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?**
- **¿Qué pasa cuando ocurre cada fallo?**
- **¿Qué importancia tiene cada fallo?**
- **¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo?**
- **¿Qué debe hacerse si no puede encontrarse una tarea proactiva adecuada?**

De estas 7 preguntas debemos definir algunos conceptos importantes para poder responder con mayor facilidad,

FUNCIÓN, “la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario.” (Moubray, 2004)

CONTEXTO OPERACIONAL, es el entorno donde funciona el activo, condiciones climáticas, personas que operan el activo.

FALLA FUNCIONAL, “define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable por el usuario.” (Moubray, 2004)

En general el RCM tiene un proceso de implementación largo ya que implica tener un conocimiento avanzado de los activos a los cuales se los va a aplicar. Sin embargo, es de gran ayuda para determinar las acciones a tomar para prevenir algunas de las fallas que

ocurren en los activos. Para fines de este estudio llegaremos a aplicar solamente las primeras cinco preguntas en las que se basa esta metodología.

2.6 CAJERO AUTOMÁTICO

Según (Pc Magazine) un cajero automático o ATM por sus siglas en inglés (Automatic Teller Machine) es un terminal bancario que acepta depósitos y dispensa dinero. El ATM es activado por la inserción de una tarjeta de débito o crédito que contiene la información de la cuenta del usuario, este se comunica con el servidor para verificar el balance de la cuenta y luego este emite la orden para que el ATM entregue el dinero.

Una definición más técnica vendría a ser que un ATM es un CPU (Central Processing Unit) con la capacidad de controlar módulos especiales, que mediante un software brinda el servicio de entrega de dinero a los clientes de una institución financiera.

Como se mencionó anteriormente un ATM forma parte de la infraestructura de red de una institución financiera por lo que depende de algunas condiciones para que este funcione de manera adecuada.

Entre los requisitos se encuentran los siguientes:

- Comunicación con el servidor de la institución.
- Energía eléctrica constante
- Provisión de efectivo
- Encriptación del teclado del cliente
- Funcionamiento correcto del equipo

A continuación mostramos un diagrama de bloques del funcionamiento de un ATM.

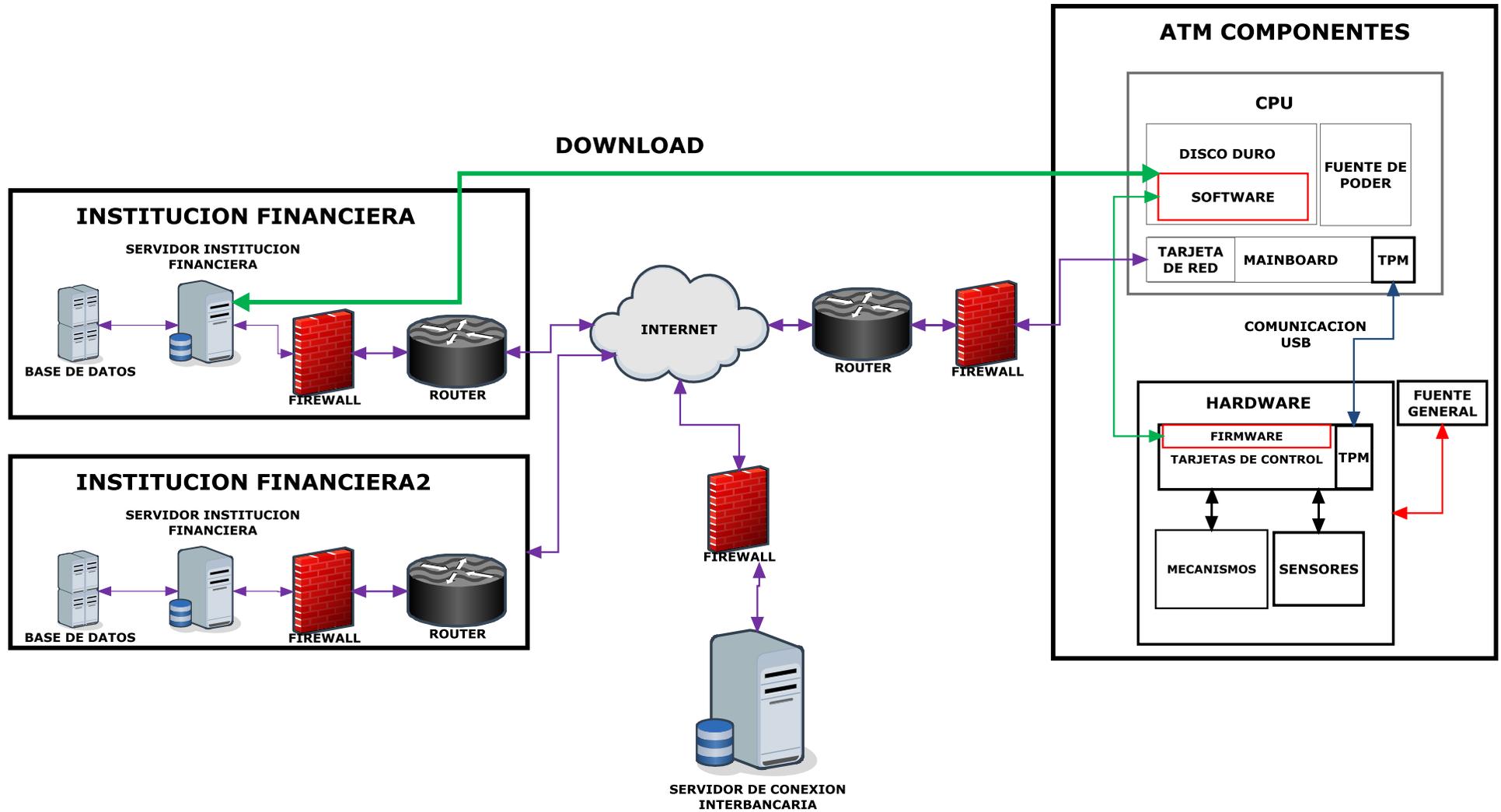


Figura 6 Esquema del funcionamiento de la red de ATM. Fuente: El Autor

En la Figura 6 aparecen conceptos que explicaremos a continuación:

- SOFTWARE según (Pc Magazine) *“son las instrucciones para el computador, una serie de instrucciones que realizan una tarea en particular, llamado programa. Existen dos categorías de software”*;
 - o SOFTWARE DEL SISTEMA, está constituido por el sistema operativo y los programas de control para manejar el hardware y poder ejecutar las aplicaciones.
 - o SOFTWARE DE APLICACIÓN, es cualquier programa que procesa los datos del usuario.

El software se encuentra en el CPU instalado en un Disco Duro.

- HARDWARE se define como la parte física que el software va a controlar, tarjetas electrónicas, discos duros, mecanismos, sensores.
- FIRMWARE según (Pc Magazine) la palabra proviene de la fusión Firm- Software, son instrucciones que están almacenadas en la memoria no volátil de chips, estos pueden guardar la información cuando no poseen energía. El firmware se encuentra en el mainboard y en los diferentes componentes electrónicos que poseen un programa de control, en todos los ATM cada una de las tarjetas de los submódulos poseen este tipo de tarjetas, además este componente se comunica con el software para informar de los sensores y traducir las instrucciones del software en señales eléctricas para mover motores que a su vez mueven mecanismos.
- TPM por sus siglas en inglés (Trusted Platform Module) según (Pc Magazine) es un chip de seguridad desarrollado por Trusted Computing Group (TCG), este se encuentra dentro del mainboard del CPU, este provee una llave de seguridad que se encuentra guardada en el chip y que permite que la comunicación entre los módulos conectados al CPU no sea divulgada, esto hace que las tarjetas electrónicas del ATM no puedan funcionar con cualquier CPU, solo funcionan con CPU certificados por el fabricante.
- DOWNLOAD, o también llamado carga de comandos, esta expresión se utiliza para las instrucciones que son enviadas desde el servidor hacia el software del ATM para que este ejecute diferentes acciones requeridas por la institución, las instrucciones van desde la publicidad, hasta los comandos de cuando entregar el dinero, saldos de cuentas, etc.

2.7 RELACIÓN DOWNLOAD-HARDWARE

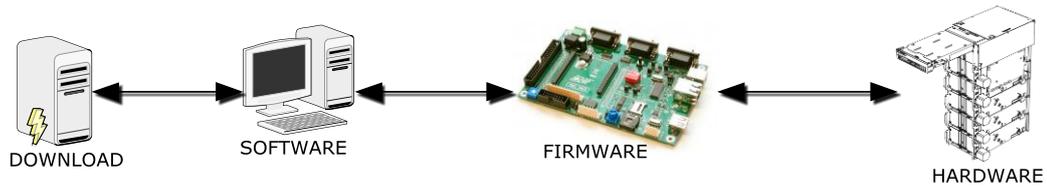


Figura 7 Relación Download-Hardware. Fuente: El autor

En la Figura 7 se observa el proceso de funcionamiento del servidor en la institución bancaria y cómo logra controlar y adquirir la información del ATM. Este proceso se explica de la siguiente manera, el servidor envía el Download al software del ATM con las instrucciones de funcionamiento de los diferentes módulos del ATM, el Software traduce estas instrucciones en un lenguaje de máquina que es interpretado por el firmware que se encuentra en las tarjetas de control de cada submódulo que a su vez activa señales binarias para encender motores que mueven mecanismos. De la misma el hardware reporta status de sensores al firmware que envía al software, que traduce a lenguaje más complejo y lo reporta al servidor, de esta manera el servidor sabe qué hace el ATM y puede controlarlo.

En este trabajo de investigación nos enfocaremos en el análisis del ATM por la disponibilidad de datos.

2.8 PARTES DEL ATM

Un ATM se encuentra dividido en dos partes, la parte superior y la inferior. La superior contiene los diferentes módulos que no manejan el dinero, y la parte inferior o la bóveda donde se encuentra el módulo que maneja el dinero, esta parte del ATM también es conocida como la parte segura del ATM, ya que la bóveda está diseñada para proteger el efectivo de la institución de varios eventos como por ejemplo desastres naturales, incendios, intentos de vandalismo.

2.8.1 PARTE SUPERIOR

En esta parte del ATM se encuentra la parte de control de la máquina, el CPU, Lectora, Monitores, Teclados.

LECTORA DE TARJETAS, se encarga de la lectura de la información grabada en la tarjeta del cliente, banda magnética, EMV.

ANTI-SKIMMING, es el dispositivo que detecta posibles fraudes de skimmers (clonadores de tarjetas) a los clientes.

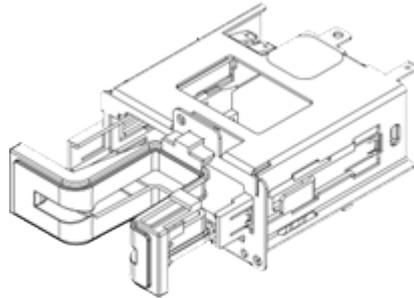


Figura 8 Lectora y Anti-skimming. Fuente: www.diebold.com

MONITOR, es la pantalla que se utiliza para mostrar una salida visual de un computador, en un ATM pueden existir dos, uno para mostrar información al cliente durante una transacción y otro para mostrar información a la persona del banco.

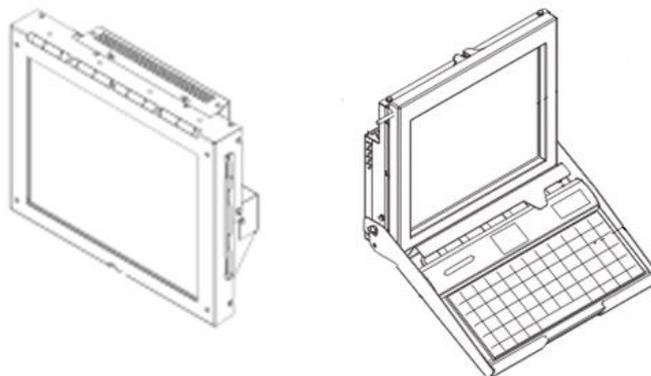


Figura 9 Monitor del cliente y Monitor del operador. Fuente: www.diebold.com

TCM, conocida como la Terminal Control Module es la tarjeta que maneja todas las alarmas, sensores de advertencia del ATM, así como el audio del mismo.

EPP, por sus siglas en ingles Encrypted Pin Pad es el dispositivo donde el cliente ingresa su PIN (Personal Identification Number) o contraseña para poder acceder a los servicios bancarios, este dispositivo es de alta importancia ya que es donde el cliente inserta su información, razón por la cual posee seguridades para encriptar y proteger el PIN del cliente.

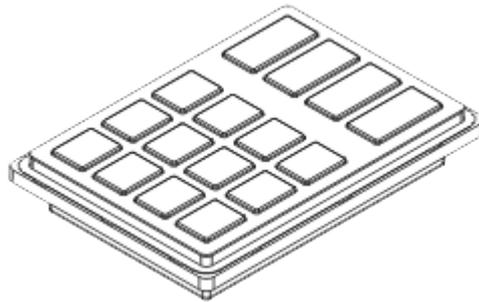


Figura 10 EPP. Fuente: www.diebold.com

FASCIA DEL ATM, esta parte es la visible al cliente, y rodea a todos los dispositivos si bien es cierto no es un componente critico pero forma parte del diseño visual del ATM y generalmente nos indica si fue vandalizado.



Figura 11 Fascia. Fuente: www.diebold.com

CPU o card cage, es la parte encargada de controlar el ATM, posee la conexión USB con la que se comunica con los diferentes módulos y la Tarjeta de Red con la que se comunica con el servidor de la institución financiera, además posee el software que se encarga de enlazar la parte mecánica con la lógica y transforma las instrucciones del servidor para que los diferentes módulos funcionen de manera adecuada.

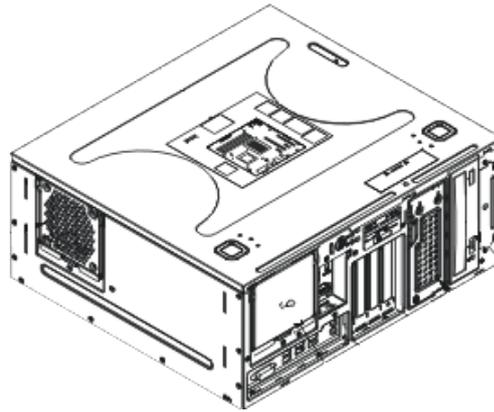


Figura 12 Card cage. Fuente: www.diebold.com

IMPRESORA du función es imprimir los comprobantes, e información que el cliente o el operador necesite de la máquina.

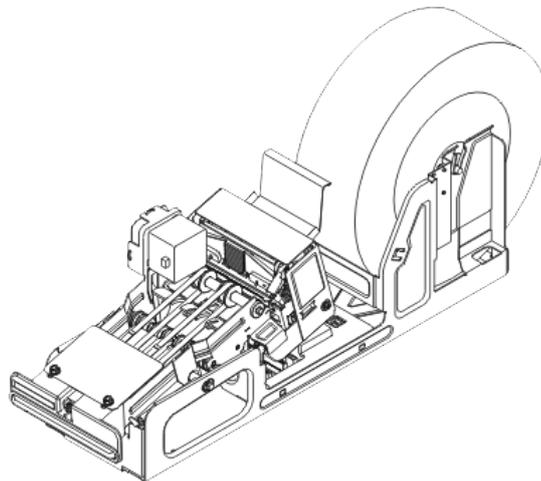


Figura 13 Impresora. Fuente: www.diebold.com

UPS este soporta mantener encendido el CPU por aproximadamente 5 minutos para que este pueda apagarse apropiadamente y el software no sufra averió.



Figura 14 ups. Fuente: www.diebold.com

2.8.2 PARTE INFERIOR

DISPENSADOR DE DINERO, es el que contiene el almacenamiento del dinero y posee el mecanismo para entregar el dinero desde las gavetas hacia el cliente.

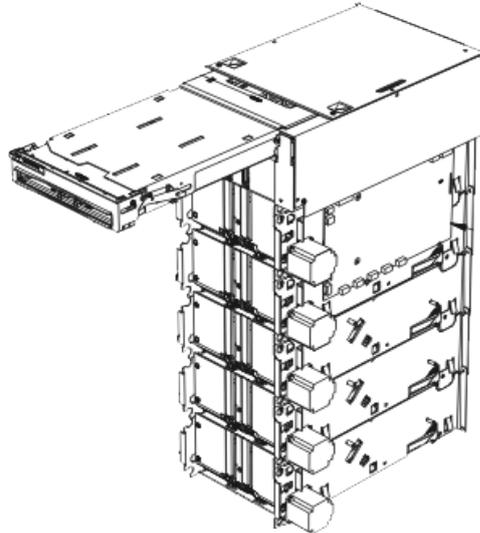


Figura 15 Dispensador. Fuente: www.diebold.com

GAVETAS DE DINERO, estas contienen el efectivo, cada gaveta contiene una denominación diferente, son insertadas en el dispensador, contienen la información y la configuración de la denominación y el tipo de moneda que contienen en su interior.

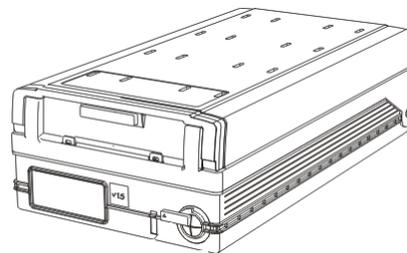


Figura 16 Gaveta de dinero. Fuente: www.diebold.com

GAVETAS DE RECHAZO, son las encargadas de almacenar: los billetes que son enviados de las gavetas cuando se realizan pruebas del dispensador, los billetes que el cliente no toma cuando son presentados y por ultimo contiene los billetes que no cumplen con características de dimensión y espesor.

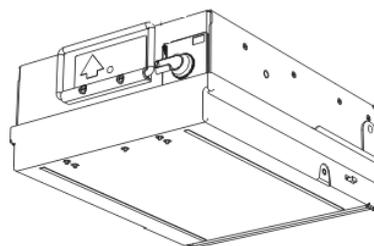


Figura 17 Gaveta de Rechazos. Fuente: www.diebold.com

FUENTE GENERAL, provee el voltaje y corriente a los diferentes módulos para que estos funcionen correctamente, convierte 120VAC a 12VDC y 48VDC.

POWER BOX, es el encargado de distribuir 120 VAC al CPU y la fuente general.

2.9 Clasificación de ATM

Cajero Automático de Carga Frontal: Este tipo de cajero automático se utiliza para un lobby como centros comerciales, supermercados y lugares donde no se encuentran expuestos directamente a la intemperie, la carga del dinero se realiza por la parte frontal, entre este tipo se encuentran los modelos 510, 520 y 522. Por lo general en la serie se encuentran las letras FL que son las siglas del inglés de Front load.



Figura 18 ATM de Lobby. Fuente: www.diebold.com

Carga posterior: Este tipo de cajero automático se utiliza generalmente con vista a la calle tiene contacto con el ambiente sol, lluvia, etc. La carga de efectivo se realiza por la parte posterior, no a la vista de los clientes finales. Generalmente se utilizan para agencias bancarias ya que se encuentran empotrados en la pared, los modelos son 512, 560, 562, y en la serie del cajero se encuentran las series RL por las siglas en inglés de Rear Load.



Figura 19 Atm Carga Posterior. Fuente: www.diebold.com

3. CAPITULO 2 RESULTADOS

3.1 Contexto Operacional de los ATM.

Una vez que se estableció los diferentes tipos de ATM y los conceptos necesarios para entender esta propuesta, se definirá el contexto operacional de cada uno de los modelos, ya que se posee dos tipos de ATM podemos determinar dos contextos operacionales:

Contexto Operacional Front Load, este contexto operacional está ligado a que el ATM no se encuentra expuesto a las condiciones externas del medio ambiente, por lo general se encuentra dentro de un establecimiento, la carga de efectivo se la realiza por la parte delantera, el acceso a la parte superior es de la misma manera. Estos ATM por lo general se encuentran en centros comerciales, aeropuertos, farmacias, mini mercados.



Figura 20 Contexto Operacional Front Load. Fuente: www.aeropuertocuenca.ec

Contexto Operacional Rear Load, este contexto tiene a los ATM expuestos a las condiciones ambientales: viento, sol, polvo, entre otros. La manera de colocación del efectivo y el acceso operativo es por la parte posterior, estos ATM generalmente son colocados en agencias, o en cuartos diseñados específicamente para este tipo de equipos.



Figura 21 Contexto Operacional Rear Load. Fuente: www.eltiempo.com.ec

3.2 Diferencias entre los modelos de ATM.

| Modelo de ATM | 510 | 520 | 522 | 512 | 560 | 562 |
|---------------------------|---|---|---|--|---|---|
| Figura |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de carga de Efectivo | Frontal | Frontal | Frontal | Posterior | Posterior | Posterior |
| Fascia | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Monitor Cliente | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lectora-Antiskimming | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Teclado cliente (EPP) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Impresora | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| UPS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Teclado de operador | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| TCM | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Hub USB | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| CPU | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Bóveda | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Fuente General | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Dispensador | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Gavetas Dinero | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Monitor del operador | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Energía | 120v | 120v | 120v | 120v | 120v | 120v |
| Tamaño del Presentador | 620mm | 720mm | 625mm | 620mm | 860mm | 860mm |

Tabla 2 Diferencias de ATM. Fuente: El Autor

3.3 Función Primaria y Modos de Falla del ATM

3.3.1 Función del ATM

Las máquinas analizadas ofrecen dos funciones. La primera función es la entrega de dinero debitado de la cuenta del cliente y la segunda función consiste en la entrega de información de la cuenta del cliente ya sea visual o impresa.

De esta manera la definición de la función de un ATM es la siguiente:

“Entregar efectivo y/o información impresa o visual que el cliente solicita siempre y cuando esté disponible dinero en su cuenta, cumpla con la cantidad autorizada diaria y se validen el número de su tarjeta y PIN”

3.3.2 Modos de falla

Con los conceptos claros, ahora vamos a realizar el análisis de los diferentes componentes del ATM y determinaremos si estos interfieren en el cumplimiento de la función de la máquina. Por lo tanto, se revisaran todos los elementos mencionados anteriormente y se analizará cuáles son los efectos que producen si fallan. Como se observó en el contexto operacional los ATM de carga frontal (510, 520,522) y los de carga posterior (512, 560,562) comparten las características por lo que se realizará el análisis para los dos tipos de cajeros.

Se toma en cuenta el siguiente análisis de criticidad:

- 1.- Falla que tiene que ser corregida sin embargo, no le quita funcionalidad al ATM.
- 2.- Falla que provoca que el ATM pierda parte de su funcionalidad.
- 3.- Falla que quita toda funcionalidad a la máquina.

Este esquema nos ayuda a determinar las fallas más importantes y armar el diagrama de bloques, seguido del análisis de los datos disponibles de las fallas que se involucran de manera directa en el cumplimiento de la función del ATM. Según los resultados nos centraremos en las fallas de criticidad 2 y 3.

| Falla Funcional | Carga Frontal | Carga Posterior | Efecto | Criticidad | Datos |
|--------------------------------|---------------|-----------------|--|---|-------|
| Falla de Monitor Cliente | ✓ | ✓ | Monitor no presenta video o imagen de la institución | 3  | ✓ |
| Falla de Lectora- | ✓ | ✓ | Error de Lectura de Chip o banda magnética | 3  | ✓ |
| Falla de Antiskimming | ✓ | ✓ | Sensor antifraude activado ATM fuera de servicio | 3  | ✓ |
| Falla de Teclado cliente (EPP) | ✓ | ✓ | No valida el PIN del cliente | 3  | ✓ |
| Falla de Impresora | ✓ | ✓ | No entrega comprobantes, o los entrega en blanco | 2  | ✓ |
| Falla de UPS | ✓ | ✓ | No mantiene encendido al CPU durante un corte de energía | 1 | ✓ |
| Falla de Teclado de operador | ✓ | ✓ | No permite navegación por los menús del sistema de cuadro | 1 | ✗ |
| Falla de TCM | ✓ | ✓ | Audio o alarmas Activadas, el ATM no presenta sonido y una o varias alarmas se encuentran activadas | 1 | ✓ |
| Falla de Hubs USB | ✓ | ✓ | Falla de comunicación de uno o varios módulos del ATM | 3  | ✓ |
| Falla de CPU | ✓ | ✓ | ATM no responde a ninguno de los comandos de Red y no carga el software | 3  | ✓ |
| Falla de Software | ✓ | ✓ | ATM no carga sistema operativo, o programa principal de funcionamiento | 3  | ✓ |
| Falla de Bóveda | ✓ | ✓ | Bóveda no se abre, cerradura bloqueada | 1 | ✓ |
| Falla de Fuente General | ✓ | ✓ | ATM responde a comandos de Red, pero los diferentes módulos se encuentran apagados | 3  | ✓ |
| Falla de Dispensador | ✓ | ✓ | ATM no dispensa dinero | 2  | ✓ |
| Falla de Gavetas Dinero | ✓ | ✓ | ATM no dispensa una de las denominaciones | 2  | ✗ |
| Falla de Monitor del operador | ✗ | ✓ | No presenta video en la pantalla posterior y no se pueden realizar cuadros | 1 | ✗ |
| Falla de Power Box | ✓ | ✓ | ATM no enciende el CPU, o la fuente general | 3  | ✓ |
| Falla de Fascia | ✓ | ✓ | ATM con acrílicos, marcos rotos o pintura desgastada. | 1 | ✓ |
| Fallas por Causas Externas | ✓ | ✓ | Fallas que no dependen de ATM sino de un factor externo como comunicaciones de Red, o problemas con el sistema del cliente | 1 | ✓ |

Tabla 3 Fallas Funcionales de un ATM. Fuente: El Autor

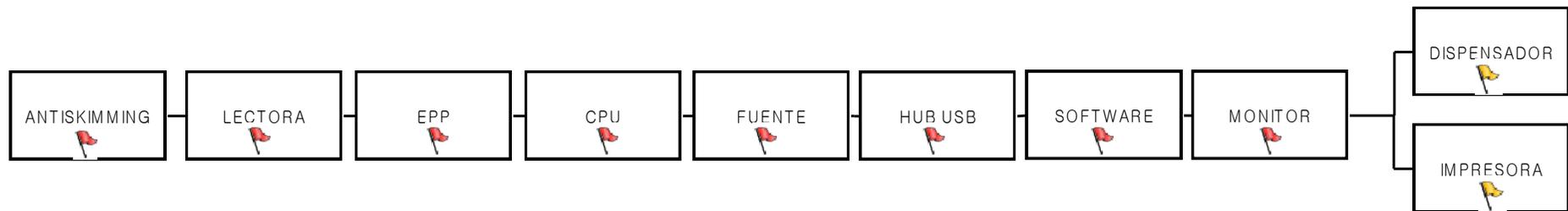


Figura 22 Diagrama de bloques de un ATM. Fuente: El Autor

Como podemos observar en la Figura 22 se sintetizaron las fallas más críticas que posee el ATM, dado que se realizó el análisis de la base de datos. Las fallas de gavetas de dinero se clasifican como fallas de dispensador, de la misma manera las fallas que aparecen con criticidad 1 ya que estas no afectan al funcionamiento del ATM, y no poseen relación al momento de realizar una transacción.

Adicional la Tabla 3 nos permite encontrar la relación que existe entre los componentes, y basados en el punto 2.3.2, podemos encontrar que elementos se encuentran en serio y cuales en paralelo. Se determina que los de criticidad 3 son elementos en serie y los de criticidad 2 en paralelo, ya que los de criticidad 2 le quitan parte de la función al ATM en este caso serían la entrega de dinero o la entrega de información.

La Figura 22 se define como el diagrama de bloques general de un ATM, este se modificará para cada uno de los modelos, ya que algunos de estos no poseen datos de fallas.

3.4 Cajero Equivalente y condiciones generales

Esta propuesta abarca 153 ATM en Azuay, correspondientes a la población de estudio y un historial de datos facilitados por la empresa en el periodo de tiempo de 1/1/2014 al 1/7/2015.

También se realiza la consideración que cada una de las máquinas funcionan el periodo de 371 días que es equivalente a 8904 horas.

Los ATM referidos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

| Tipos de ATM | Numero de Cajeros |
|--------------|-------------------|
| Opteva 510 | 13 |
| Opteva 512 | 9 |
| Opteva 520 | 14 |
| Opteva 522 | 12 |
| Opteva 560 | 14 |
| Opteva 562 | 91 |
| Total | 153 |

Tabla 4 Numero de cajeros clasificados por modelo. Fuente El Autor

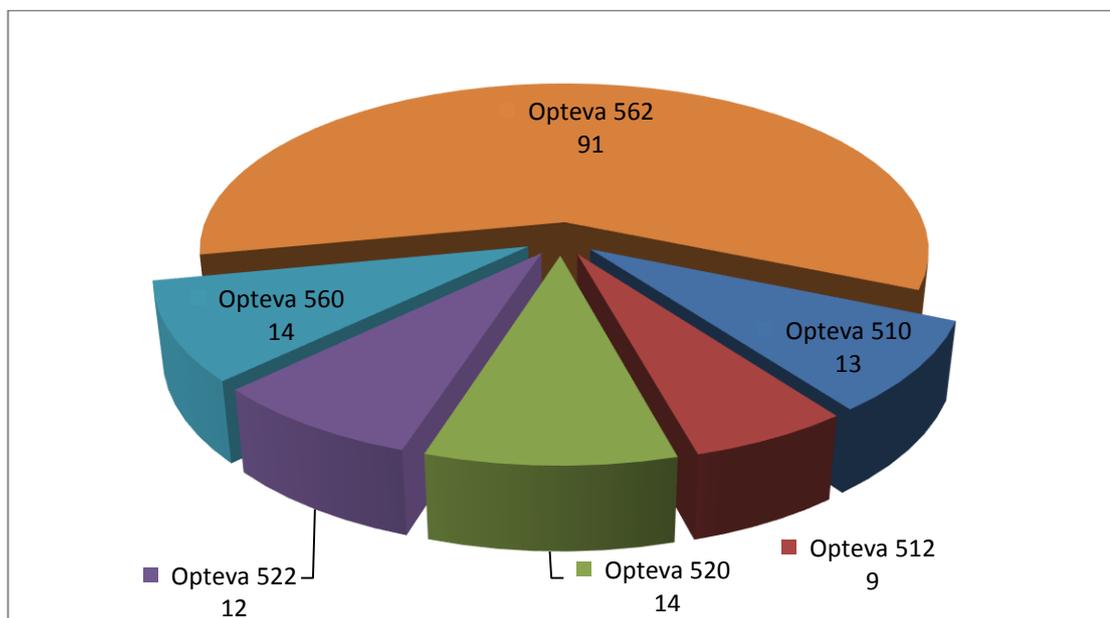


Figura 23 Número de cajeros por modelos. Fuente: El autor

Como se explicó previamente los ATM poseen características similares y adicional comparten contextos operacionales iguales.

Se asume que las causas de las fallas funcionales, es un modo de fallo, para poder determinar la confiabilidad de cada uno de estos modos, nos basamos en la información recopilada del sistema Docbase.

Al realizar un análisis de un solo ATM es probable que no encontremos los modos de falla razonablemente probables, por lo que es de importancia evaluar todos los ATM de un mismo modelo, aquí aparece el concepto del cajero equivalente,

El cajero equivalente existe para cada uno de los modelos, en este estudio se presentará un cajero equivalente para cada modelo de ATM, porque son técnicamente iguales y comparten sus condiciones operacionales, además esta consideración nos va a permitir calcular de una manera apropiada la confiabilidad de los diferentes modelos.

Esto nos permitirá calcular de mejor manera la tasa de fallos de cada uno de los modos de falla.

De la misma manera se utilizara la distribución exponencial para determinar la confiabilidad, ya que los ATM se encuentran en su periodo de vida útil

DocBase posee las horas exactas del momento que se reportó el fallo por parte de la institución financiera, y el momento que la máquina fue reparada. Esta información nos permite tener en cuenta las horas totales de funcionamiento de cada uno de los ATM.

Para el modelo de confiabilidad, se calculara la confiabilidad del ATM para 4320 horas que equivale a 6 meses, para evaluar el nivel de confiabilidad de los equipos. Este valor se encuentra preestablecido por políticas de funcionamiento interno de la empresa que establece que los mantenimientos preventivos se realizan semestralmente.

Adicionalmente se realizara los cálculos para la indisponibilidad, y aplicaremos el teorema de Bayes para determinar cuál es el modo de falla más probable para que un ATM deje de funcionar. También se establecerá las diferentes tendencias de los módulos para analizar las causas raíces de los problemas y tomar acciones para mejorar la confiabilidad de las partes.

3.5 Cálculo de la Tasa de Falla

Como se definió anteriormente la tasa de fallos es el número de fallos para el total de horas de trabajo, al tomar el caso del cajero equivalente utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{f}{e * hs - hf} \quad \frac{\text{Fallas}}{\text{horas}}$$

Donde f son los fallos que se produjeron en el tiempo de análisis.

e Son el número de cajeros que forman el cajero equivalente.

hs es el tiempo total de análisis y hf son las horas que el cajero equivalente está fuera de servicio.

3.1 Cálculos del modelo de confiabilidad

A continuación mostramos el resultado del cálculo de los diferentes modos de fallas en los tipos de ATM analizados.

3.1.1 ATM 510 Front Load

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|-----------------|-----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA | 6 | 0.33 | 1.33 | 5.18385E-05 | 79.94% | 20.06% | 1.60E-08 | 3.205E-09 | 2.88% |
| DISPENSADOR | 25 | 2.25 | 2.16 | 0.00021608 | 39.32% | 60.68% | 1.08E-07 | 6.553E-08 | 58.78% |
| FALLA DE CPU | 7 | 1.86 | 6.36 | 6.04974E-05 | 77.00% | 23.00% | 8.91E-08 | 2.049E-08 | 18.38% |
| FUENTE DE PODER | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| IMPRESORA | 4 | 0.18 | 1.06 | 3.45579E-05 | 86.13% | 13.87% | 8.48E-09 | 1.176E-09 | 1.05% |
| MONITOR | 1 | 0.03 | 0.81 | 8.63922E-06 | 96.34% | 3.66% | 1.63E-09 | 5.959E-11 | 0.05% |
| POWERBOX | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| SOFTWARE | 10 | 0.91 | 2.18 | 8.64079E-05 | 68.85% | 31.15% | 4.36E-08 | 1.357E-08 | 12.17% |
| TECLADOS | 3 | 0.35 | 2.83 | 2.59194E-05 | 89.41% | 10.59% | 1.70E-08 | 1.798E-09 | 1.61% |
| HUB USB | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| ANTI-SKIMMING | 7 | 0.51 | 1.76 | 6.04805E-05 | 77.01% | 22.99% | 2.46E-08 | 5.662E-09 | 5.08% |
| TOTALES | 63 | 6.42 | | | | | | | 100.00% |

Tabla 5 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 510. Fuente: El Autor.

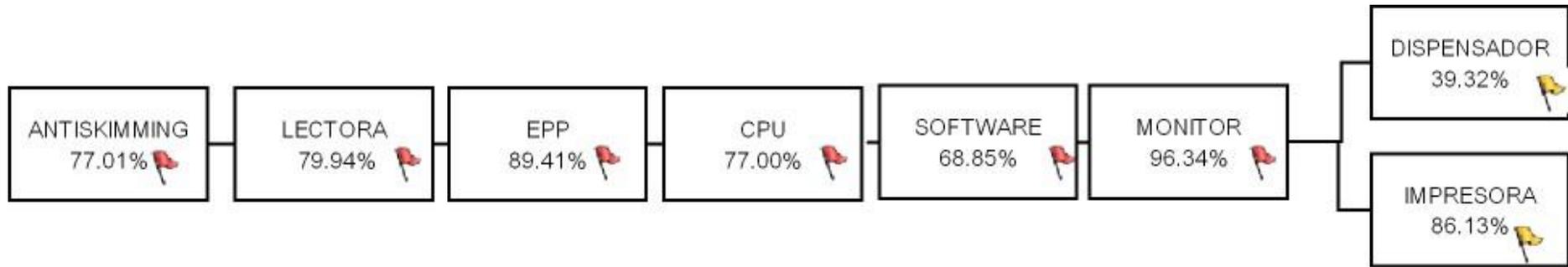
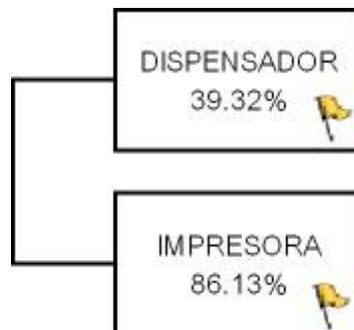


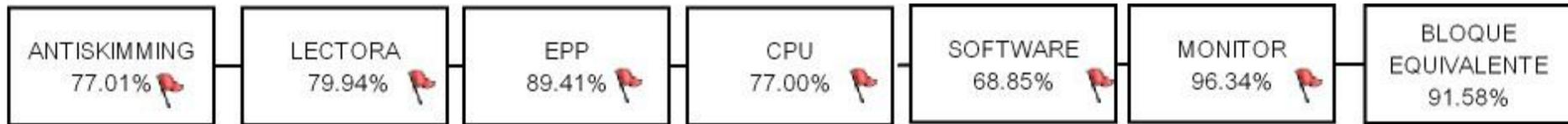
Figura 24 Diagrama de bloques ATM 510. Fuente: El Autor



$$R_s = 1 - ((1 - 39.32\%) * (1 - 86.13\%))$$

$$R_s = 91.58\%$$

Figura 25 Resultado del bloque en paralelo. Fuente: El Autor.



$$R_t = 77.01\% * 79.94\% * 89.41\% * 77\% * 68.85\% * 96.34\% * 91.58\%$$

$$\mathbf{R_t = 25.74\%}$$

Figura 26 Cálculo de Confiabilidad del modelo 510. Fuente: El Autor

3.1.2 ATM 512 Rear Load

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA DE TARJETAS | 10 | 0.560 | 1.344 | 1.248E-04 | 58.32% | 41.68% | 3.88E-08 | 1.618E-08 | 11.34% |
| DISPENSADOR | 27 | 2.327 | 2.068 | 3.372E-04 | 23.30% | 76.70% | 1.61E-07 | 1.238E-07 | 86.80% |
| FALLA DE CPU | 1 | 0.060 | 1.433 | 1.248E-05 | 94.75% | 5.25% | 4.14E-09 | 2.173E-10 | 0.15% |
| FUENTE DE PODER | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| IMPRESORA | 2 | 0.141 | 1.697 | 2.496E-05 | 89.78% | 10.22% | 9.81E-09 | 1.002E-09 | 0.70% |
| MONITOR | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| POWERBOX | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| SOFTWARE | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| TECLADOS | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| HUB USB | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| ANTI-SKIMMING | 3 | 0.138 | 1.106 | 3.744E-05 | 85.07% | 14.93% | 9.59E-09 | 1.432E-09 | 1.00% |
| TOTALES | 43 | 3.226 | | | | | | | 100.00% |

Tabla 6 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 512. Fuente: El Autor

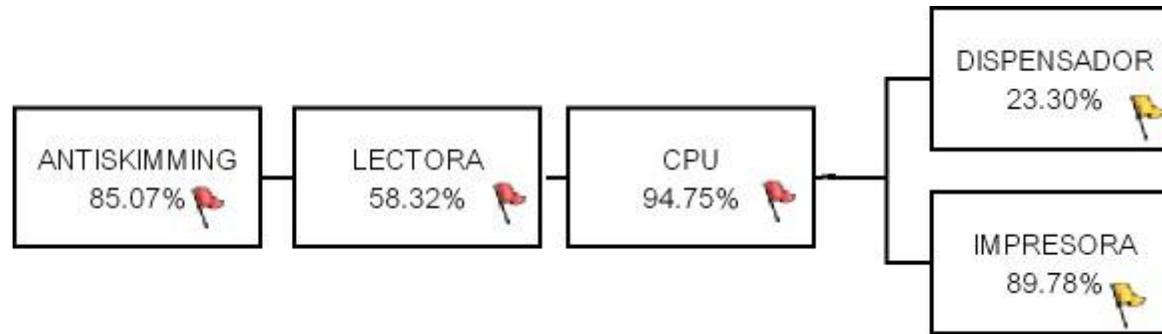
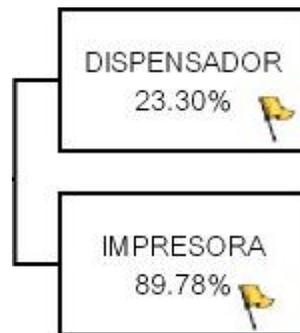


Figura 27 Diagrama de bloques ATM 512. Fuente: El Autor



$$R_s = 1 - ((1 - 23.30\%) * (1 - 89.78\%))$$

$$R_s = 92.16\%$$

Figura 28 Resultado del bloque en paralelo. Fuente: El Autor.



$$R_t = 85.07\% * 58.32\% * 94.75\% * 92.16\%$$

$$\mathbf{R_t = 43.32\%}$$

Figura 29 Cálculo de Confiabilidad del modelo 512. Fuente: El Autor

3.1.3 ATM 520 Front Load

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA DE TARJETAS | 16 | 0.749 | 1.124 | 1.284E-04 | 57.43% | 42.57% | 3.34E-08 | 1.422E-08 | 11.59% |
| DISPENSADOR | 31 | 1.841 | 1.426 | 2.488E-04 | 34.14% | 65.86% | 8.21E-08 | 5.407E-08 | 44.05% |
| FALLA DE CPU | 13 | 1.773 | 3.273 | 1.043E-04 | 63.72% | 36.28% | 7.90E-08 | 2.868E-08 | 23.37% |
| FUENTE DE PODER | 1 | 0.208 | 5.000 | 8.022E-06 | 96.59% | 3.41% | 9.29E-09 | 3.163E-10 | 0.26% |
| IMPRESORA | 7 | 0.505 | 1.731 | 5.616E-05 | 78.46% | 21.54% | 2.25E-08 | 4.848E-09 | 3.95% |
| MONITOR | 3 | 0.155 | 1.236 | 2.407E-05 | 90.13% | 9.87% | 6.89E-09 | 6.801E-10 | 0.55% |
| POWERBOX | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| SOFTWARE | 10 | 1.218 | 2.924 | 8.024E-05 | 70.71% | 29.29% | 5.43E-08 | 1.591E-08 | 12.96% |
| TECLADOS | 5 | 0.260 | 1.250 | 4.011E-05 | 84.09% | 15.91% | 1.16E-08 | 1.847E-09 | 1.50% |
| HUB USB | 1 | 0.079 | 1.884 | 8.022E-06 | 96.59% | 3.41% | 3.50E-09 | 1.192E-10 | 0.10% |
| ANTI-SKIMMING | 5 | 0.289 | 1.388 | 4.011E-05 | 84.09% | 15.91% | 1.29E-08 | 2.051E-09 | 1.67% |
| TOTALES | 92 | 7.078 | | | | | | | 100.00% |

Tabla 7 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 520. Fuente: El Autor

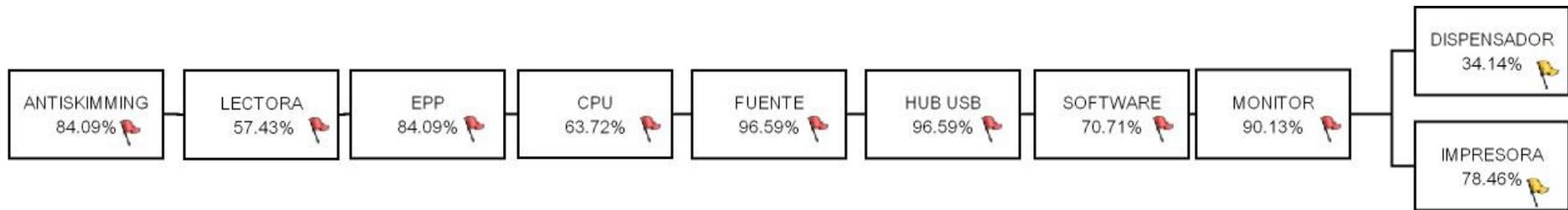


Figura 30 Diagrama de bloques ATM 520. Fuente: El Autor

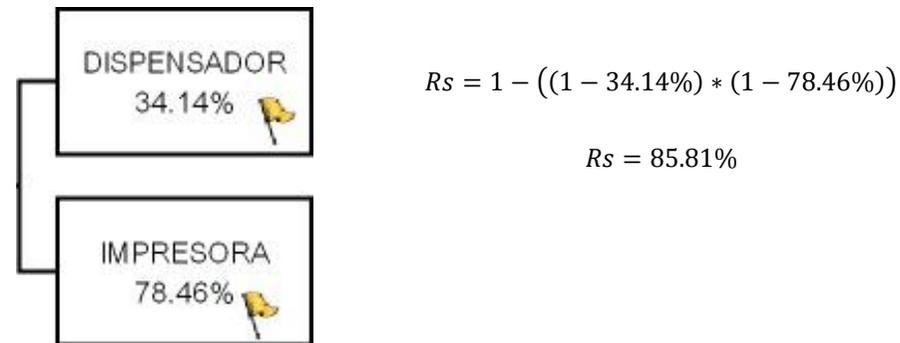


Figura 31 Resultado del bloque en paralelo. Fuente: El Autor.



$$R_t = 84.09\% * 58.43\% * 84.09\% * 63.72\% * 96.59\% * 96.59\% * 70.71\% * 96.34\% * 85.81\%$$

$$R_t = 13.20\%$$

Figura 32 Cálculo de Confiabilidad del modelo 520. Fuente: El Autor

3.1.4 ATM Front Load 522

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA DE TARJETAS | 1 | 0.056 | 1.333 | 9.359E-06 | 96.04% | 3.96% | 2.89E-09 | 1.145E-10 | 0.24% |
| DISPENSADOR | 6 | 0.500 | 2.002 | 5.616E-05 | 78.46% | 21.54% | 2.60E-08 | 5.606E-09 | 11.99% |
| FALLA DE CPU | 5 | 0.761 | 3.650 | 4.680E-05 | 81.69% | 18.31% | 3.95E-08 | 7.240E-09 | 15.49% |
| FUENTE DE PODER | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| IMPRESORA | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| MONITOR | 1 | 0.052 | 1.250 | 9.359E-06 | 96.04% | 3.96% | 2.71E-09 | 1.073E-10 | 0.23% |
| POWERBOX | 2 | 0.206 | 2.468 | 1.872E-05 | 92.23% | 7.77% | 1.07E-08 | 8.309E-10 | 1.78% |
| SOFTWARE | 13 | 1.539 | 2.841 | 1.217E-04 | 59.11% | 40.89% | 8.00E-08 | 3.273E-08 | 70.04% |
| TECLADOS | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| HUB USB | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| ANTI-SKIMMING | 1 | 0.050 | 1.195 | 9.359E-06 | 96.04% | 3.96% | 2.59E-09 | 1.026E-10 | 0.22% |
| TOTALES | 29 | 3.163 | | | | | | | 100.00% |

Tabla 8 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 522. Fuente: El Autor

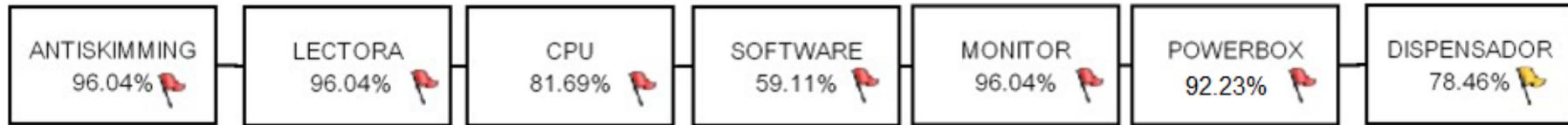


Figura 33 Diagrama de bloques ATM 522. Fuente: El Autor

$$R_t = 96.04\% * 96.04\% * 81.69\% * 59.11\% * 96.04\% * 92.23\% * 78.46\%$$

$$R_t = 30.95\%$$

Figura 34 Cálculo de Confiabilidad del modelo 522. Fuente: El Autor

3.1.5 ATM 560 Rear Load

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA DE TARJETAS | 18 | 1.255 | 1.673 | 1.444E-04 | 53.58% | 46.42% | 5.59E-08 | 2.597E-08 | 15.49% |
| DISPENSADOR | 55 | 3.365 | 1.469 | 4.415E-04 | 14.85% | 85.15% | 1.50E-07 | 1.278E-07 | 76.22% |
| FALLA DE CPU | 2 | 0.149 | 1.791 | 1.604E-05 | 93.30% | 6.70% | 6.65E-09 | 4.453E-10 | 0.27% |
| FUENTE DE PODER | 3 | 0.239 | 1.916 | 2.407E-05 | 90.13% | 9.87% | 1.07E-08 | 1.054E-09 | 0.63% |
| IMPRESORA | 9 | 0.368 | 0.981 | 7.220E-05 | 73.20% | 26.80% | 1.64E-08 | 4.396E-09 | 2.62% |
| MONITOR | 2 | 0.107 | 1.286 | 1.604E-05 | 93.30% | 6.70% | 4.78E-09 | 3.199E-10 | 0.19% |
| POWERBOX | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| SOFTWARE | 3 | 0.315 | 2.524 | 2.407E-05 | 90.13% | 9.87% | 1.41E-08 | 1.389E-09 | 0.83% |
| TECLADOS | 2 | 0.204 | 2.445 | 1.604E-05 | 93.30% | 6.70% | 9.08E-09 | 6.080E-10 | 0.36% |
| HUB USB | 1 | 0.087 | 2.099 | 8.022E-06 | 96.59% | 3.41% | 3.90E-09 | 1.328E-10 | 0.08% |
| ANTI-SKIMMING | 8 | 0.515 | 1.544 | 6.418E-05 | 75.78% | 24.22% | 2.29E-08 | 5.553E-09 | 3.31% |
| totales | 103 | 6.605 | | | | | | | 100.00% |

Tabla 9 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 560. Fuente: El Autor

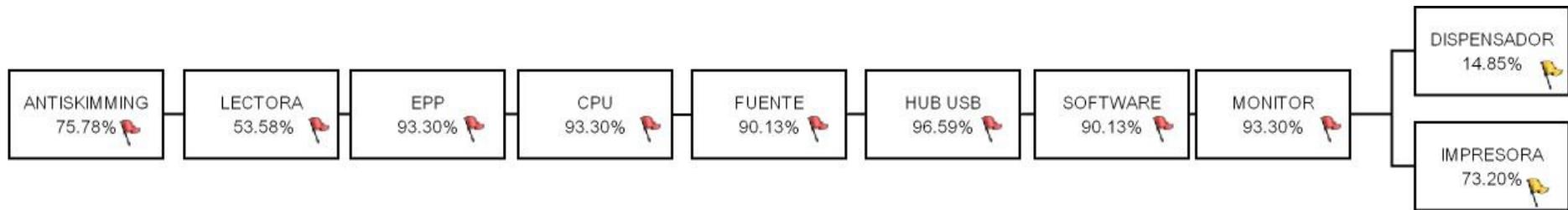


Figura 35 Diagrama de bloques ATM 560. Fuente: El Autor

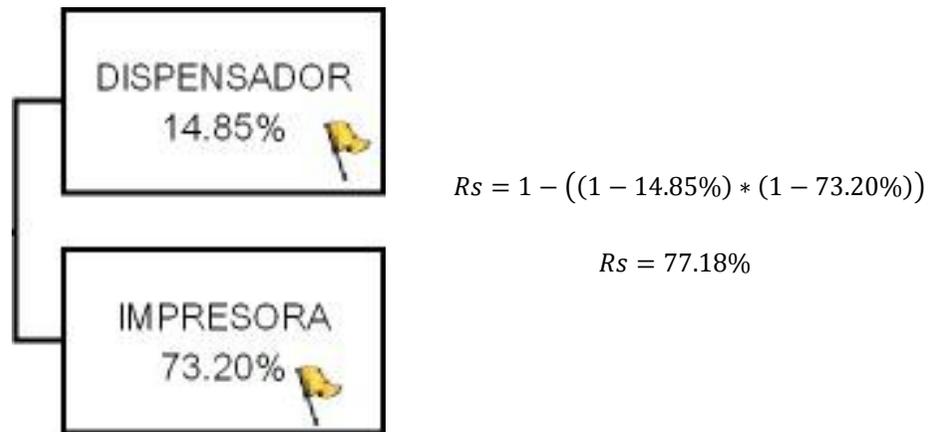


Figura 36 Resultado del bloque en paralelo. Fuente: El Autor.



$$R_t = 75.78\% * 53.55\% * 93.30\% * 93.30\% * 90.13\% * 96.59\% * 90.13\% * 90.13\% * 93.30 * 77.18\%$$

$$R_t = 19,97\%$$

Figura 37 Cálculo de Confiabilidad del modelo 560. Fuente: El Autor

3.1.6 ATM 562 Rear load

| FALLAS | # FALLAS | TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN | TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (HORAS) | TASA DE FALLO POR HORA | PROBABILIDAD SIN FALLO | PROBABILIDAD DE FALLO | INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | PROB FALLA X INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA | TEOREMA DE BAYES |
|---------------------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|---|------------------|
| LECTORA DE TARJETAS | 77 | 4.746 | 1.479 | 9.504E-05 | 66.33% | 33.67% | 3.25E-08 | 1.096E-08 | 9.64% |
| DISPENSADOR | 214 | 17.785 | 1.995 | 2.643E-04 | 31.93% | 68.07% | 1.22E-07 | 8.305E-08 | 73.06% |
| FALLA DE CPU | 29 | 2.587 | 2.141 | 3.579E-05 | 85.67% | 14.33% | 1.77E-08 | 2.541E-09 | 2.24% |
| FUENTE DE PODER | 2 | 0.243 | 2.920 | 2.468E-06 | 98.94% | 1.06% | 1.67E-09 | 1.769E-11 | 0.02% |
| IMPRESORA | 37 | 2.092 | 1.357 | 4.567E-05 | 82.10% | 17.90% | 1.43E-08 | 2.568E-09 | 2.26% |
| MONITOR | 20 | 1.500 | 1.800 | 2.468E-05 | 89.89% | 10.11% | 1.03E-08 | 1.040E-09 | 0.92% |
| POWERBOX | 17 | 0.905 | 1.277 | 2.098E-05 | 91.33% | 8.67% | 6.20E-09 | 5.376E-10 | 0.47% |
| SOFTWARE | 53 | 5.795 | 2.624 | 6.542E-05 | 75.38% | 24.62% | 3.97E-08 | 9.783E-09 | 8.61% |
| TECLADOS | 12 | 0.785 | 1.570 | 1.481E-05 | 93.80% | 6.20% | 5.38E-09 | 3.336E-10 | 0.29% |
| HUB USB | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000E+00 | 100.00% | 0.00% | 0.00E+00 | 0.000E+00 | 0.00% |
| ANTI-SKIMMING | 36 | 2.367 | 1.578 | 4.443E-05 | 82.53% | 17.47% | 1.62E-08 | 2.834E-09 | 2.49% |
| totales | 497 | 38.804 | | | | 202.10% | | | 100.00% |

Tabla 10 Cálculos de Confiabilidad y Probabilidades ATM 562. Fuente: El Autor

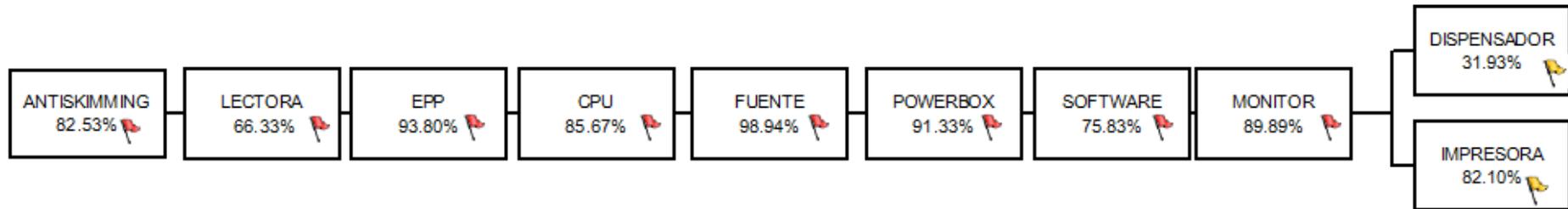
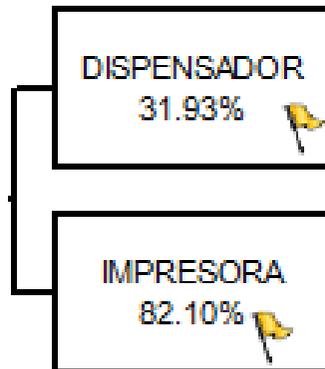


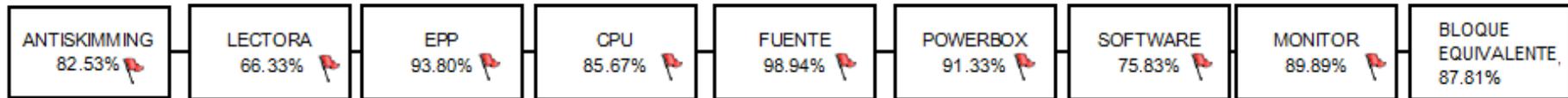
Figura 38 Diagrama de bloques ATM 562. Fuente: El Autor



$$R_s = 1 - ((1 - 31.93\%) * (1 - 82.1\%))$$

$$R_s = 87.81\%$$

Figura 39 Resultado del bloque en paralelo. Fuente: El Autor.



$$R_t = 82.53\% * 66.33\% * 93.80\% * 85.67\% * 98.94\% * 91.33\% * 75.83\% * 89.89\% * 87.81\%$$

$$R_t = 23.65\%$$

Figura 40 Cálculo de Confiabilidad del modelo 562. Fuente: El Autor

4. CAPITULO 3 DISCUSIÓN

En este capítulo se analizará los resultados obtenidos del Capítulo 2, se inicia con los resultados de la aplicación del Teorema de Bayes seguido por la comparación de los porcentajes de confiabilidad entre los diferentes ATM. Como resultado final se determinará que módulos son críticos y a partir de este estudio se elabora el catálogo de fallas de cada módulo que tenga baja confiabilidad.

El teorema de Bayes nos muestra una vez que ya ocurrió una falla, que modo de falla es el más probable que sea el causante del estado no operativo de la máquina.

4.1 Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 510

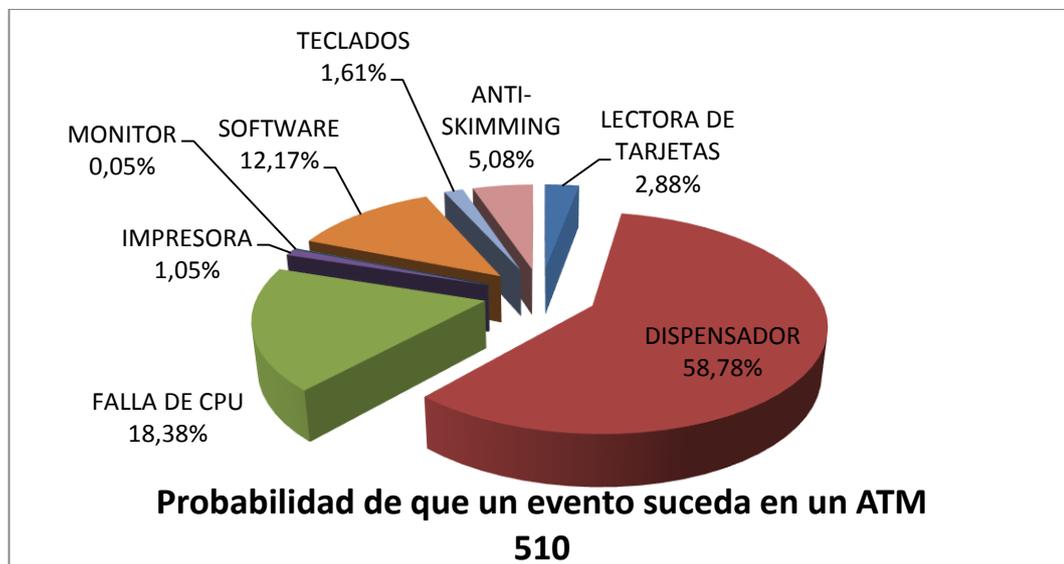


Figura 41 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 510. Fuente: El Autor

Como podemos observar el modo de falla más probable en este tipo de ATM es el Dispensador con una alta probabilidad, seguida por modo de fallo del CPU y luego por el software.

Esto se interpreta que en 6 meses es muy probable que el dispensador falle, por lo que se deberían tomar acciones preventivas para evitar este fallo.

El modo de fallo del CPU y el Software pueden estar relacionados, ya que si el CPU tiene fallas constantes es posible que dañe el software, por lo que sería recomendable cuando se manifieste el modo de falla del CPU validar la integridad del software. Adicional no hay que olvidar que el Software está dentro del disco duro del CPU y si este se avería el software también.

El error de CPU está relacionado con la falta de ventilación que este posee, ya que al ser un ATM que se encuentra en centros comerciales por lo general está cubierto por publicidad, lo que limita la circulación del aire por lo que va a funcionar a mayor temperatura.

4.2 Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 512

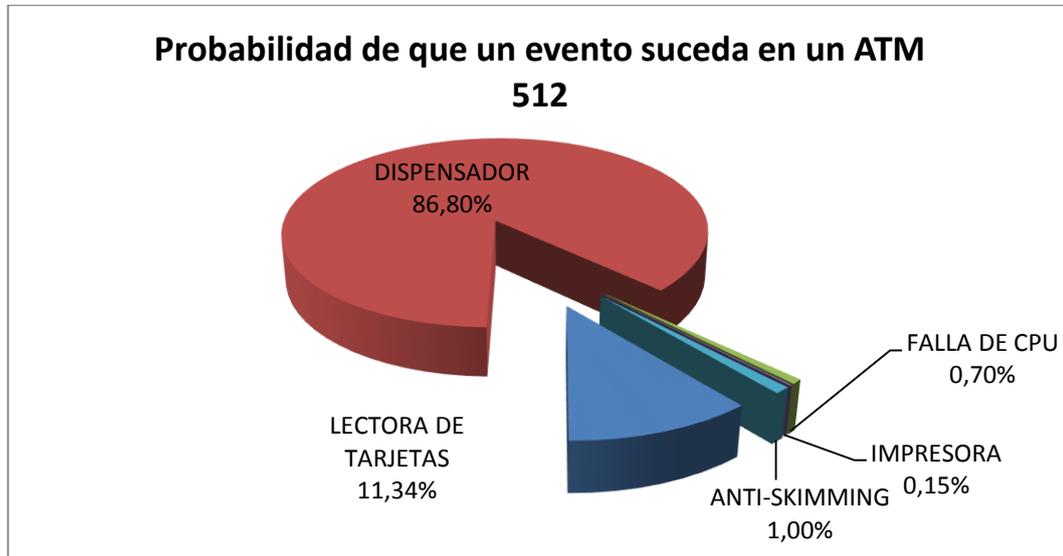


Figura 42 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 512. Fuente: El Autor

De la misma manera el modo de fallo más probable es el Dispensador, adicional se observa que la lectora de tarjetas ocupa el segundo lugar seguido por el Anti-skimming. Las condiciones de la ubicación de este ATM Rear Load y su contexto operacional, expuesto a los factores climáticos, hace que el polvo se filtre y deterioren estos dos componentes.

Generalmente la lectora de tarjetas sufre desgaste excesivo si esta se encuentra con polvo o suciedad en su interior, ya que la mecánica de funcionamiento hace que la cabeza de lectura se deteriore y se provoque el fallo de este componente.

De la misma manera el polvo deteriora el anti-skimming por lo que emite falsas alarmas y presenta la falla del equipo.

Es recomendable que en cada mantenimiento se revise el estado de estos componentes para evitar que provoque fallas.

4.3 Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 520

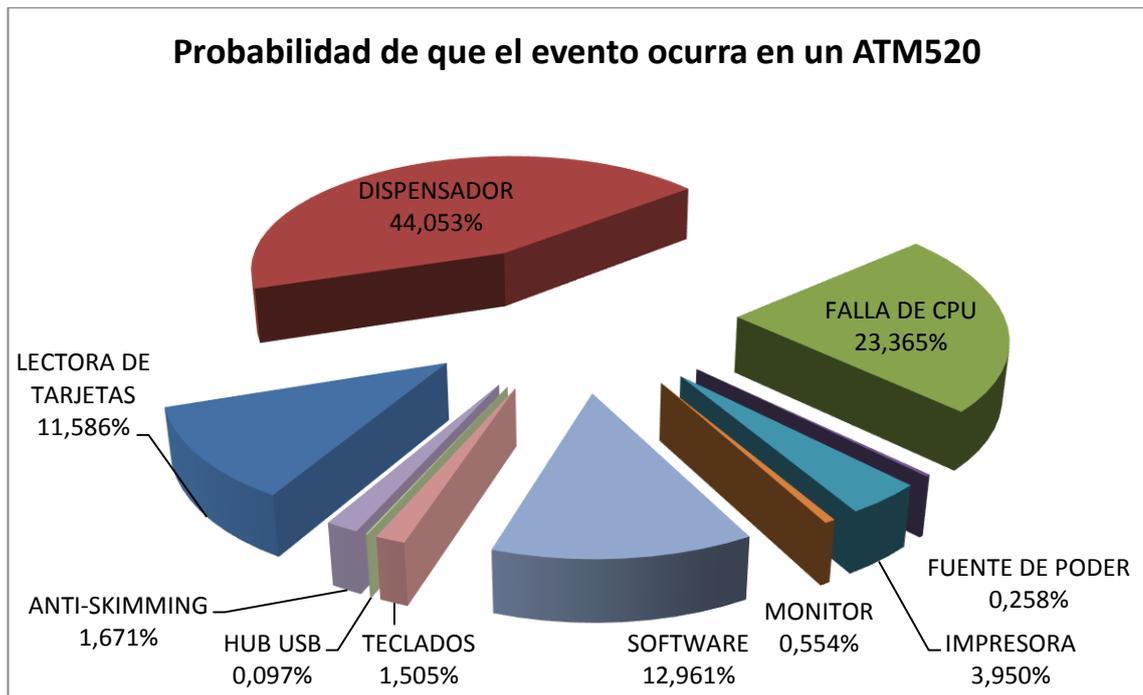


Figura 43 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 520. Fuente: El Autor

Como se puede observar en la Figura 43 este modelo de ATM ya aparecen los diferentes modos de falla razonablemente probables, debido a que esta serie de ATM es la más antigua, sin embargo se puede observar el patrón de comportamiento de un ATM front load donde el dispensador ocupa el primer puesto, el modo de falla del CPU el segundo y el software en tercera instancia. Como se explicó en la sección 554.1, esto obedece al contexto operacional de donde se encuentra la máquina, adicional observamos que la lectora de tarjetas es otro modo de fallo que aparece.

Adicional hay que mencionar que el lugar donde se encuentra la mayoría de estos ATM tiene horarios restringidos de trabajo debido a que por lo general son centros comerciales y las máquinas no pueden ser reparadas cuando se encuentran habilitados al público, esto limita el tiempo de reparación y diagnóstico.

4.4 Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 522

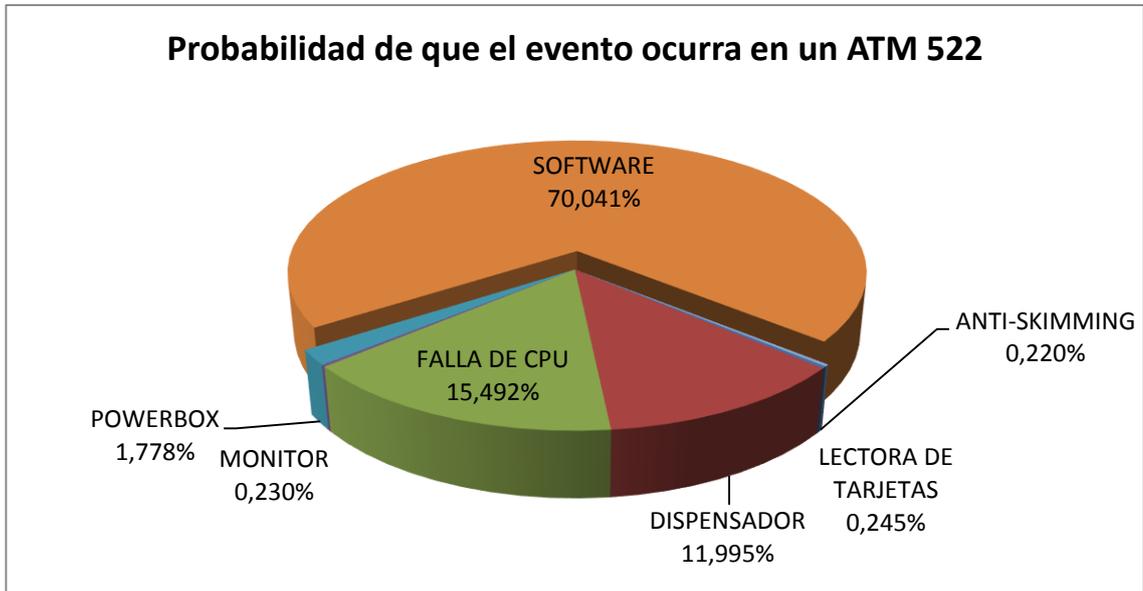


Figura 44 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 522. Fuente: El Autor

En el modelo de ATM 522 podemos observar que el modo de falla predominante es el Software, y el CPU confirmando el patrón de fallas de los ATM Front Load, y en tercer puesto aparece el Dispensador. Este resultaría el modelo más confiable de los analizados este patrón de comportamiento se debe a que son los modelos más nuevos por lo que evidencian pocas fallas.

4.5 Análisis del teorema de bayes del modelo de ATM 560

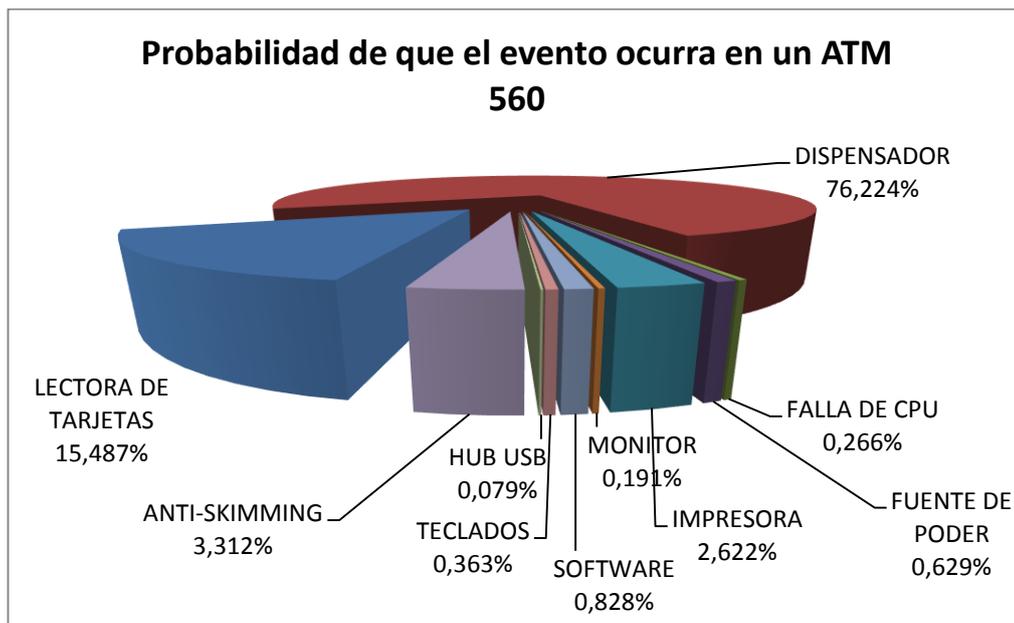


Figura 45 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 560. Fuente: El Autor

Podemos observar que el dispensador tiene el primer lugar de fallas seguido por el lector de tarjetas y el anti-skimming, situación que de la misma manera se debe al contexto operacional de la máquina al estar expuesto a las condiciones del ambiente. El polvo provoca desgaste prematuro en la lectora y anti-skimming y así son más propensos a fallar.

Adicional aparecen fallas de Hub USB esto es causado ya que estos ATM son los más antiguos.

4.6 Análisis del teorema de Bayes del modelo de ATM 562

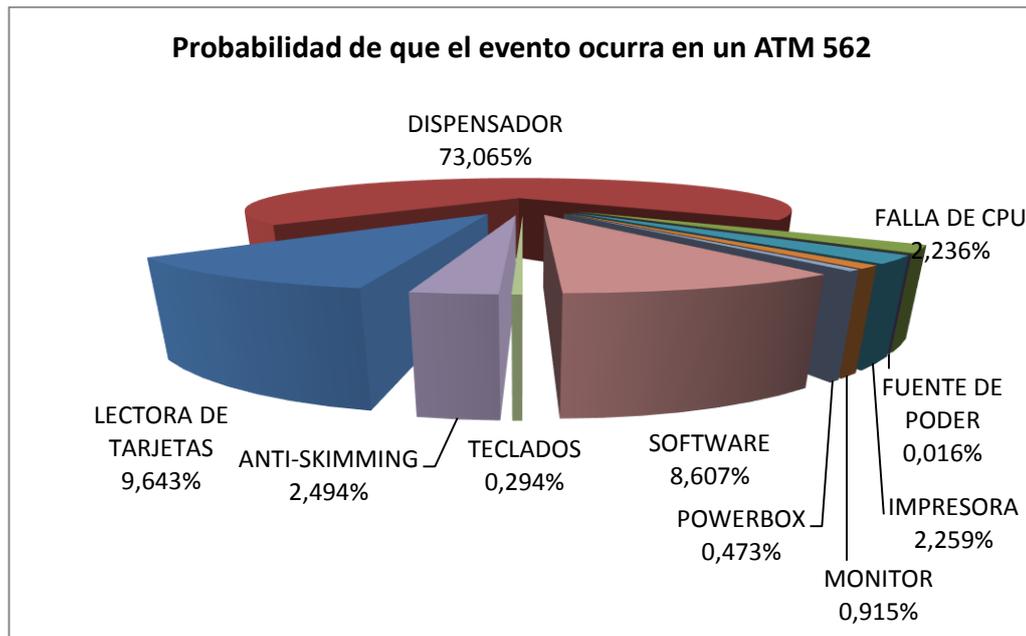


Figura 46 Resultado de la aplicación del Teorema de Bayes en ATM 562. Fuente: El Autor.

Este es el modelo de ATM que predomina en la zona con 91 equipos. Podemos observar la mayoría de modos de fallo del ATM en donde predomina el dispensador, seguido por la lectora de tarjetas y por el software,

Como podemos evidenciar la falla en común es el dispensador por lo que se debe trabajar en ese módulo para mejorar la confiabilidad y bajar la tasa de fallas. Adicional aparece un comportamiento característico en los dos tipos de contextos operacionales. En los Rear Load los modos de falla que se van a presentar con mayor frecuencia son los del el dispensador, lectora de tarjetas y Anti-skimming, mientras que en los Front Load aparecen los de dispensador, CPU y software por lo que mediante la aplicación de técnicas predictivas podríamos observar cuando el CPU puede fallar, como ejemplo mediante termografía podríamos observar el incremento de temperatura del CPU y realizar el cambio antes de que el modulo falle. Para el caso de los Rear Load se debe enfatizar en las tareas básicas de mantenimiento limpieza y lubricación lo cual ayudaría a alargar la vida útil de la lectora y anti-skimming,

4.7 Comparación del valor de confiabilidad de los diferentes módulos de los ATM vs los modelos.

A continuación mostramos un análisis comparativo de las confiabilidades de los diferentes módulos en los modelos de ATM de este estudio.

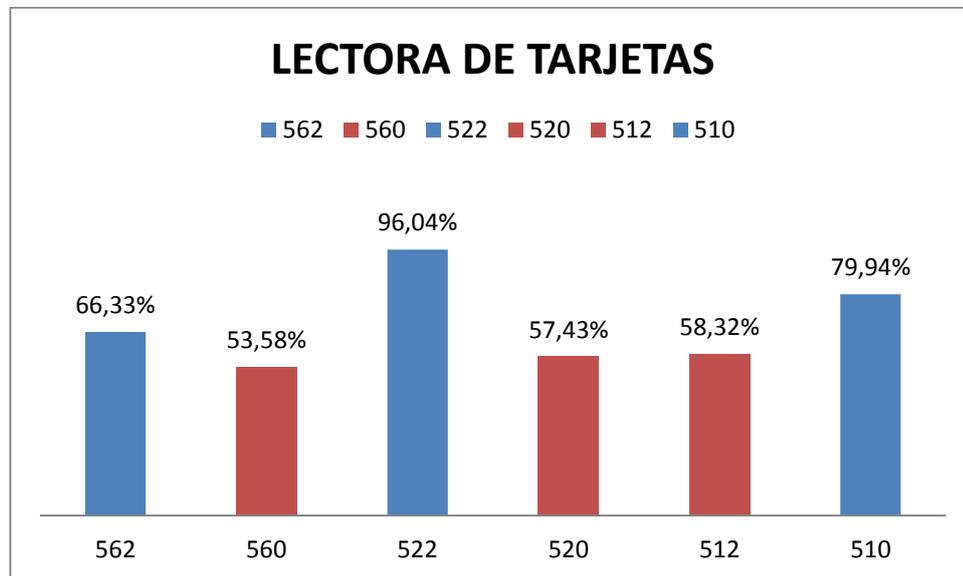


Figura 47 Comparación de la confiabilidad de la lectora entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

Podemos observar que los modelos de ATM que presentan la menor confiabilidad en este módulo son los 560, 512, 520, debido a que los 560 y 512 son Rear Load y están expuestos a las condiciones climáticas y el 520 es un modelo antiguo por lo que es probable que este módulo ya se encuentre al final de su vida útil. Sacando una media de la confiabilidad de este módulo y tomando en consideración todos los modelos el valor es de 69% en 6 meses por lo que influye directamente en la confiabilidad del equipo. Razón por la que sacaremos un catálogo de fallas de este módulo, para tratar de observar cuál es su comportamiento y sugerir acciones para mejorar la confiabilidad.

Hay que tomar en cuenta que esta parte del ATM es una de las que más trabajo tiene ya que su función es: **“leer los datos de banda y/o chip de la tarjeta del cliente”**, por lo que va a ser utilizado en cada transacción, lo que hace que este propenso al desgaste continuo.

A continuación se analizara otro modulo importante del ATM, el dispensador como se vio en el punto anterior este es el modulo que más fallas presenta y si bien es cierto no influye directamente en la confiabilidad de la máquina porque se encuentra en paralelo a la impresora, el porcentaje de confiabilidad es preocupante.

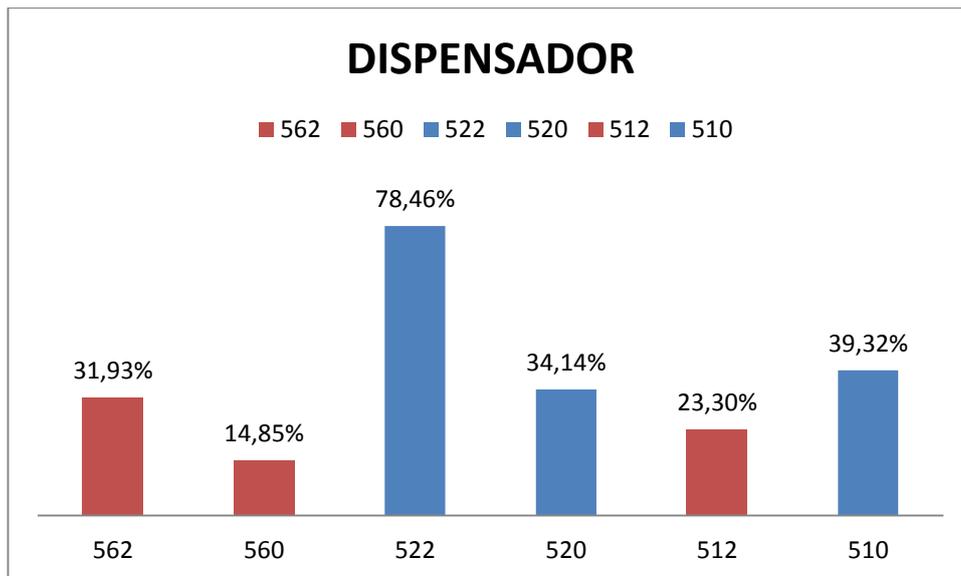


Figura 48 Comparación de la confiabilidad del Dispensador entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

Podemos observar que los porcentajes de confiabilidad más bajos se encuentran en los modelos 562, 560, 512, que son los Rear Load o carga posterior, esto se debe a que estos ATM por su contexto operacional se encuentran en Agencias Bancarias que por lo general son manipulados diariamente por los operadores y pueden ser cargados de dinero a diario. Esta condición puede hacer que exista una mala manipulación de las gavetas y pueda causar fallos prematuros.

En el caso de los ATM Front Load mejora un poco la confiabilidad sin embargo puede ser que su contexto operacional y las limitaciones para acceder a ellos puedan hacer que sean cargados con efectivo 1 vez al mes por lo que son escasamente manipulados.

Una característica en común de los dos contextos operacionales es que el fabricante sugiere que se coloque efectivo nuevo o recién impreso para el mejor performance de la máquina, sin embargo esto no sucede ya que en ocasiones es difícil encontrar el efectivo de esta clase por lo que las instituciones clasifican el dinero para cargar en los ATM, esto hace que la probabilidad de un atasco se incremente.

De la misma manera elaboraremos un catálogo de Fallas de este módulo para observar cuales son las fallas más comunes y tratar de elevar la confiabilidad de este módulo crítico, ya que es el que maneja dinero y un atasco o la ruptura de un billete significa pérdidas para los clientes.

A continuación vendrá analizado el CPU, como se definió anteriormente este contiene el software y es el cerebro del ATM ya que canaliza las instrucciones del servidor a los diferentes módulos y viceversa desde los módulos al Host.

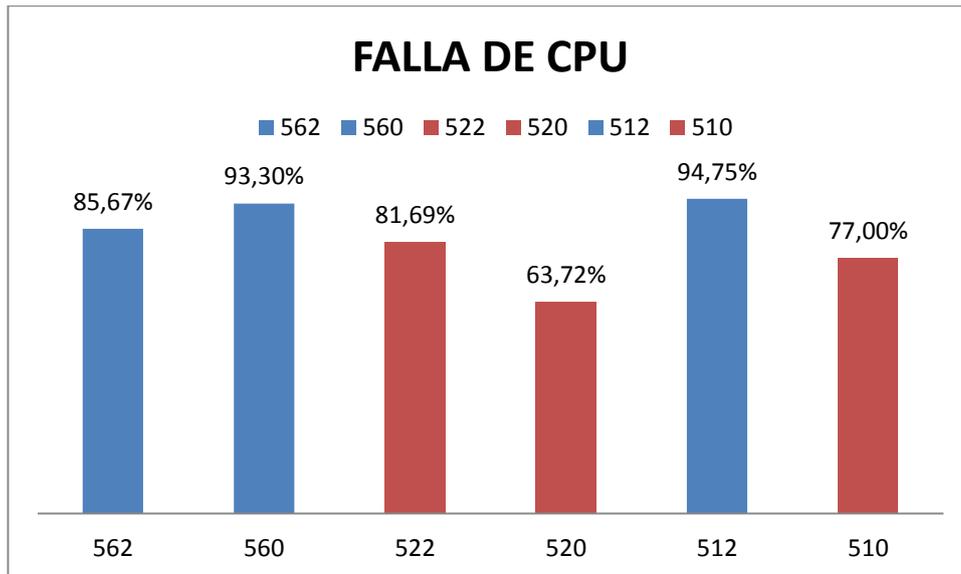


Figura 49 Comparación de la confiabilidad del CPU entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

Podemos observar que los modelos de ATM que presentan menos confiabilidad de este módulo son 510, 520, 522 de la misma manera la causa viene dada por su contexto operacional. Por lo general se encuentran cubiertos de publicidad que bloquean los orificios de ventilación provocando que exista un recalentamiento en el mainboard, disco duro y procesador del CPU, y así provoca que encontremos una mayor tasa de fallos e influyan en la confiabilidad de los equipos.

Cabe recalcar que una falla de disco duro provoca una falla de software, porque si el disco daña un sector que contenía un componente del software este ya no funciona y por lo general cuando hay un daño de disco duro se tiene que colocar nuevamente el software.

Sin embargo la confiabilidad de este módulo es aceptable ya que sacando una media en este módulo se ubica con un 83% que no es tan alarmante como otros analizados previamente.

A continuación se analiza la fuente de poder de los ATM este módulo es el encargado de entregar la energía los diferentes módulos para que funcionen de manera adecuada.

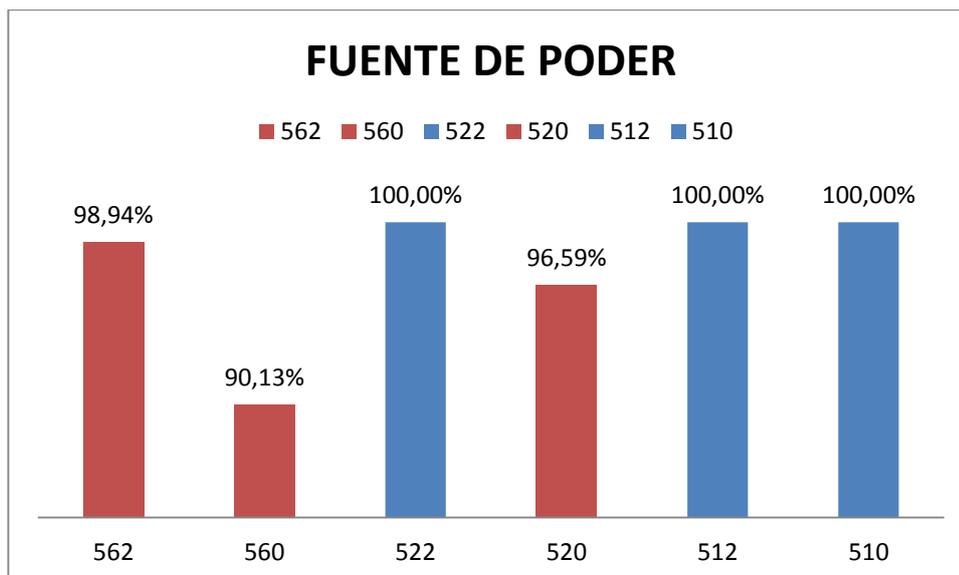


Figura 50 Comparación de la confiabilidad de la fuente de poder entre modelos de ATM.
Fuente: El Autor

Podemos observar que la confiabilidad de este módulo es alta a comparación de los módulos analizados anteriormente, los que presentan fallas son los modelos 560, 520. Como se mencionó estos modelos de ATM son los más antiguos por lo que se observa menos confiabilidad.

En el modelo 562 se observa un porcentaje alto sin embargo la baja de confiabilidad es debido a fallas eléctricas, ya que la fuente general puede quemarse debido a una sobretensión. Sin embargo la característica de fallo de este módulo hace que sea imposible repararlo en el sitio, por lo que si falla se tiene que cambiar el módulo. Razón por la que no es de importancia analizar las causas del fallo ya que no vamos a ser capaces de repararlo, porque el módulo está constituido de tarjetas electrónicas y si un componente de estos falla es difícil detectarlo y luego corregirlo por eso la decisión es cambiarlo, y como se puede observar la confiabilidad de este módulo es bastante buena por lo que no es conveniente aplicar una mejora de confiabilidad. Adicional vamos a estar sujetos a la confiabilidad inherente de los dispositivos electrónicos que componen la fuente general.

A continuación se analiza la confiabilidad de la impresora, este módulo es el que entrega información impresa de las transacciones realizadas en la máquina, ya sea consultas de saldos o comprobantes de transacción.

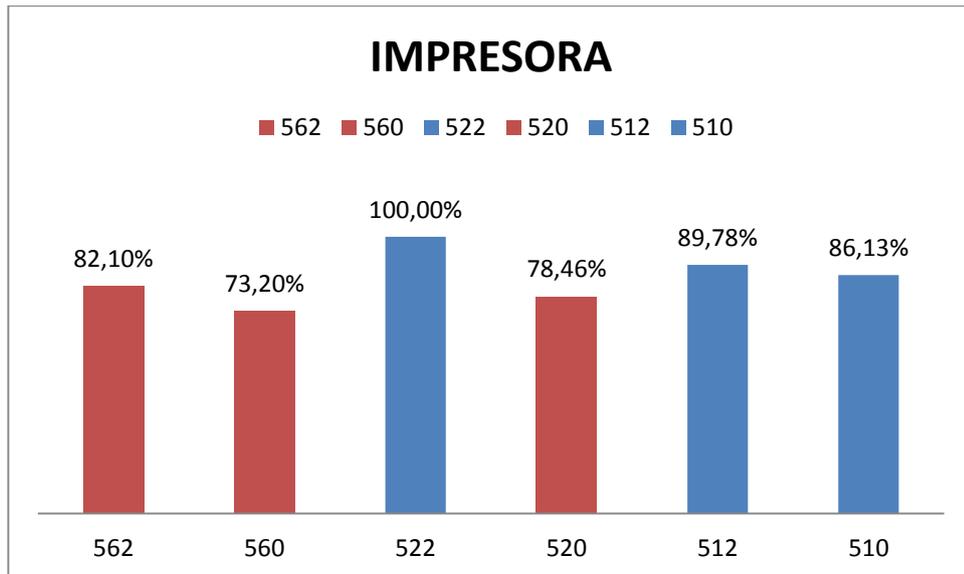


Figura 51 Comparación de la confiabilidad de la impresora entre modelos de ATM.
Fuente: El Autor

Podemos observar que los modelos que presentan menor confiabilidad son los 562, 560 y 520, debido a que se producen atascos en el transporte de papel y por lo general es cuando la impresora no corta el papel. La reparación en el sitio es difícil y toma tiempo por lo que cuando se presenta un fallo se cambia el módulo completo, adicional como la confiabilidad es alta se puede correr el riesgo de no mejorar la confiabilidad de este módulo y enfocar ese tiempo en otros más críticos.

A continuación analiza el monitor este módulo a simple vista tiene una confiabilidad elevada como se muestra en la gráfica a continuación:

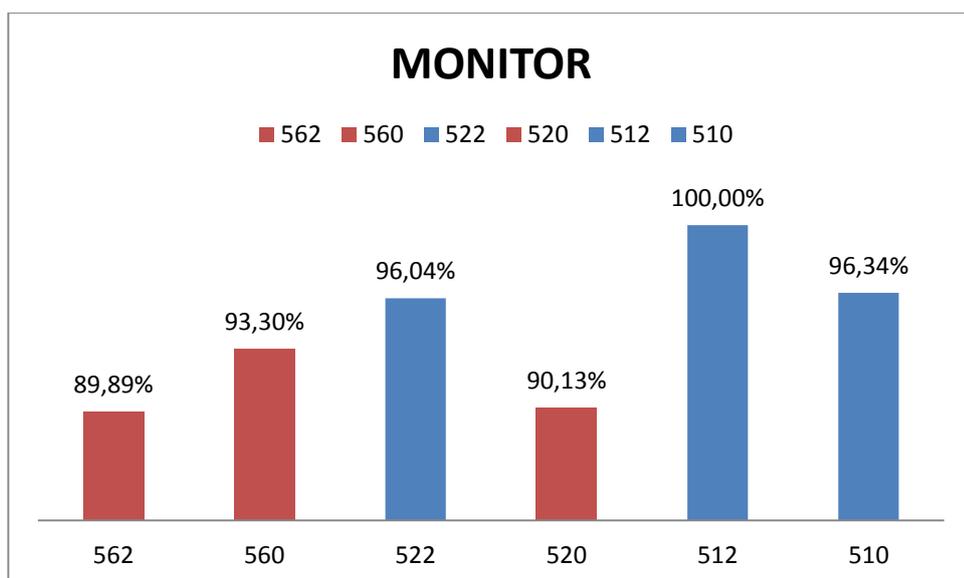


Figura 52 Comparación de la confiabilidad del monitor entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

Podemos observar que la confiabilidad es menor en los modelos más antiguos por desgaste de los componentes electrónicos internos, adicional se visualiza que los modelos Rear Load muestran menos confiabilidad esto se produce debido a que se encuentran expuestos directamente al sol, en muchos casos eso provoca que la LCD del monitor pierda brillo con el tiempo y se tenga que cambiar el modulo, sin embargo en el caso del 512 que también es un ATM Rear Load por su diseño el monitor no se encuentra tan expuesto al sol ya que este ATM posee unos 30 cm desde la pared hacia adentro, y esto hace que el monitor no se encuentre totalmente expuesto al sol.

Cuando este módulo se avería se lo cambia de la misma forma que el anterior posee una confiabilidad muy buena.

A continuación se observa la confiabilidad del powerbox, que es la encargada de repartir la energía hacia el UPS y la fuente general.

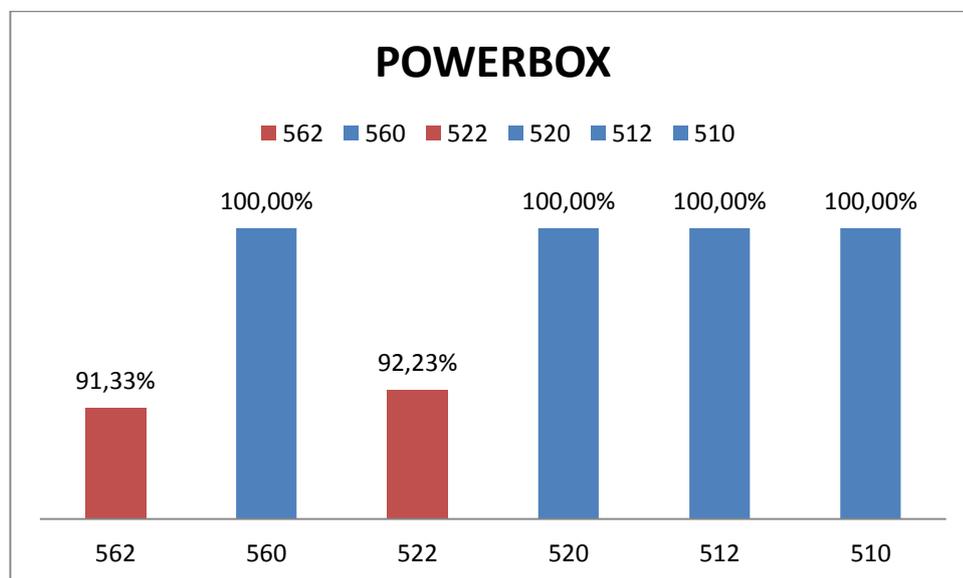


Figura 53 Comparación de la confiabilidad del PowerBox entre modelos de ATM.
Fuente: El Autor

Podemos observar que este tipo de falla está presente solo en los ATM 562 y 522, esto se debe a que estos modelos poseen un powerbox diferentes a los otros modelos, debido a la confiabilidad inherente de este nuevo modelo podemos observar que la confiabilidad baja, de la misma forma tiene una confiabilidad alta y cuando presenta falla se lo cambia.

A continuación presentamos la gráfica de uno de los componentes más críticos del ATM el software ya que es el que controla los módulos e interpreta las instrucciones del servidor.

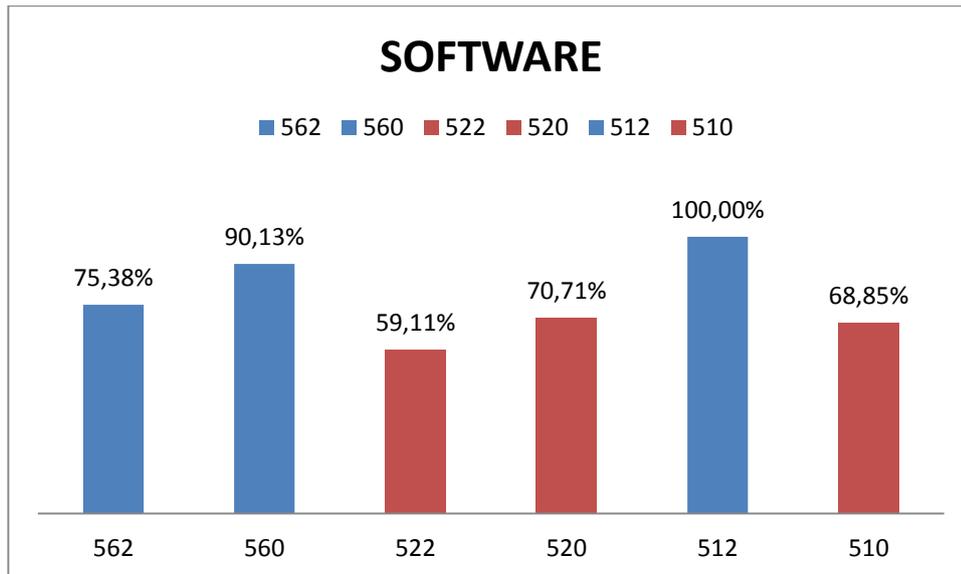


Figura 54 Comparación de la confiabilidad del Software entre modelos de ATM.
El Autor

Fuente:

Podemos observar el mismo comportamiento de cuando se produce un fallo en el CPU los modelos Front Load son más propensos a presentar este tipo de fallas por el problema relacionado a la falta de ventilación, sin embargo también está presente en los otros modelos esto puede ser provocado por continuos reinicios del ATM y/o apagados forzados, sin esperar a que el software cierre todos los programas que se encuentran abiertos, esto puede ocasionar que al momento que ocurra este reinicio o apagado forzado el software se encuentre utilizando algún archivo de importancia y este se corrompa, por lo que es muy común encontrar que los ATM no se encienden correctamente y no cargan el sistema operativo o uno de los programas necesarios para que funcione correctamente.

Adicional con la implementación de las nuevas seguridades de la información por ejemplo la ISO27000, esta implementación de seguridades en ocasiones cuando no se configuran apropiadamente provocan que el software quede inservible y se lo tenga que cambiar.

Adicional las fallas de este tipo pueden reflejarse en el mal funcionamiento de algunos dispositivos ya que al controlar todos los módulos la incorrecta interpretación de uno de los comandos del servidor puede manifestarse en el mal funcionamiento de uno de los módulos que controla, esto significa que el modulo está funcionando correctamente pero el software falla y no interpreta bien lo que se desea hacer.

A continuación se observa la confiabilidad del EPP o teclado, este módulo es especial debido a que encripta el PIN que ingresa el cliente final y lo envía mediante el software al servidor.

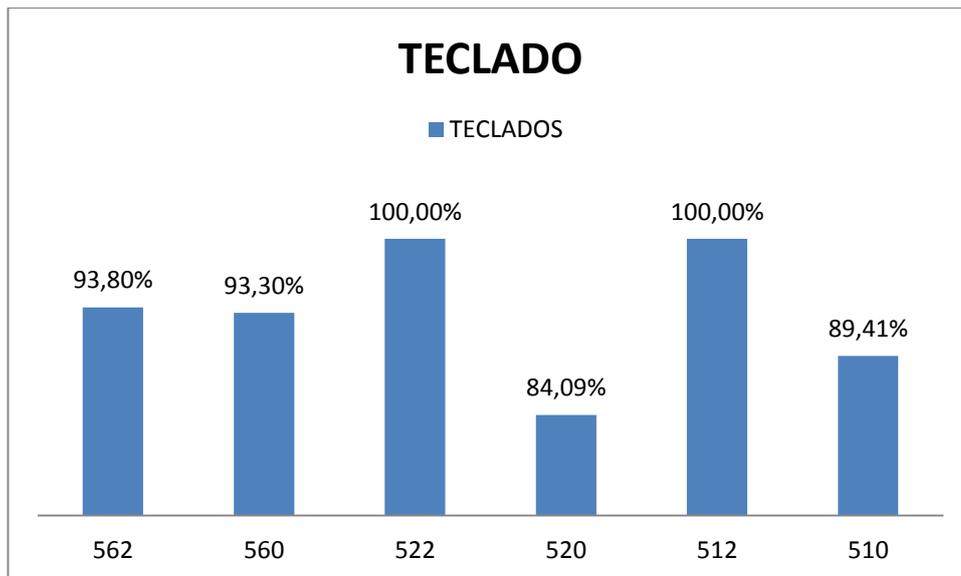


Figura 55 Comparación de la confiabilidad del Teclado entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

La falla común de este módulo es que lo vandalicen y se to tenga que cambiar por seguridad, así también es muy susceptible a fallas eléctricas. Esta condición provoca que pierda paramentos de encriptación y se tenga que volver a configurar, de la misma manera una falla común es que se termine la batería interna que posee y pierda las configuraciones.

La confiabilidad de este módulo es buena y las fallas se mencionaron anteriormente.

A continuación se analiza los hub USB estos son los encargados de la comunicación entre el CPU y los diferentes módulos

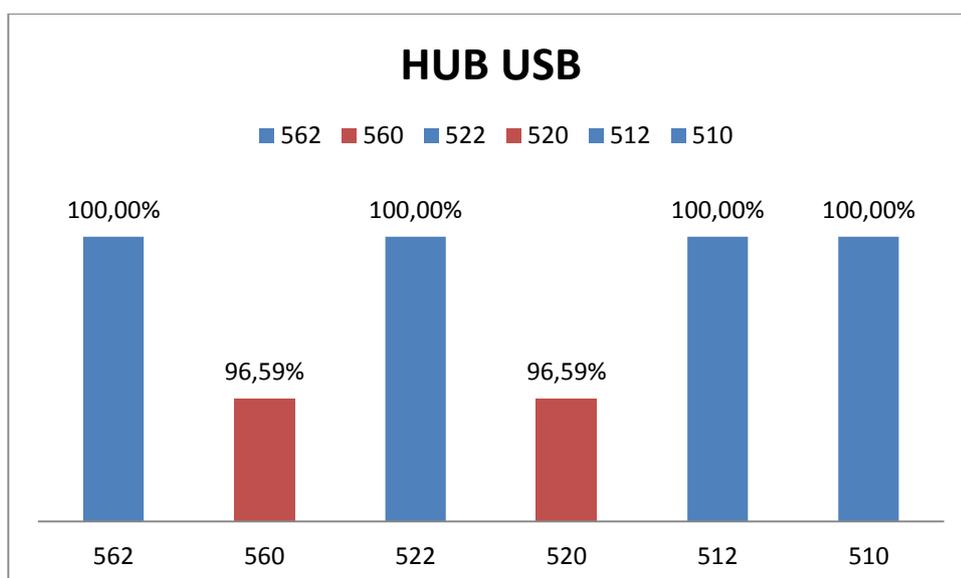


Figura 56 Comparación de la confiabilidad del Hub USB entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

Como observamos en la gráfica se presenta índices bajos en los modelos más antiguos, ATM 560,520. Esto es debido a la confiabilidad inherente de los componentes electrónicos de estas tarjetas razón por la cual cuando presentan fallas se los cambia.

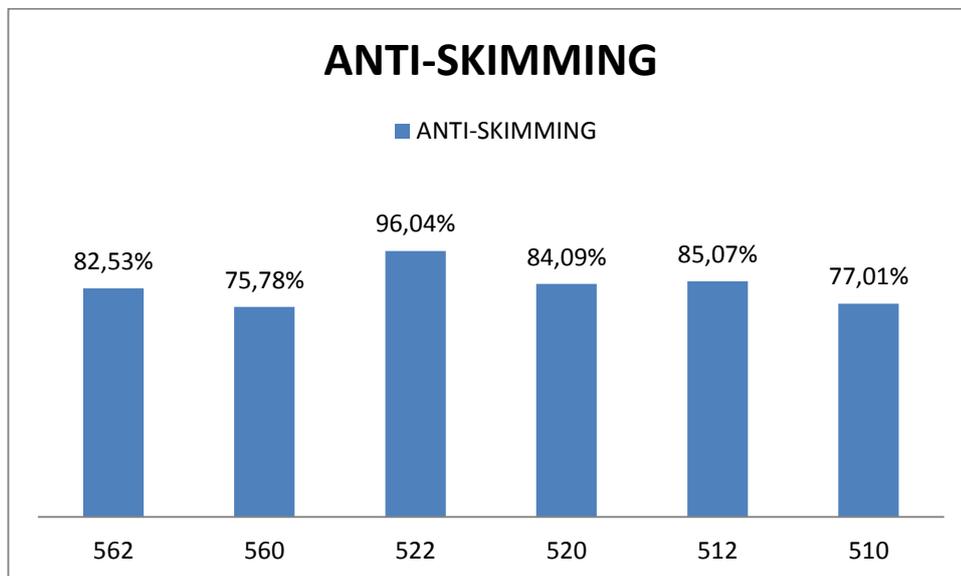


Figura 57 Comparación de la confiabilidad del Anti-skimming entre modelos de ATM. Fuente: El Autor

En la última gráfica podemos observar la confiabilidad del Anti-skimming, este módulo es el encargado de la detección de posibles fraudes a la lectora. A nivel general se observa que la confiabilidad de este módulo es buena y presenta fallos cuando el polvo se filtra en los sensores por lo que tiene que ser revisado y limpiado con frecuencia.

4.8 Catálogo de fallas

Para la elaboración del catálogo de fallas se toma en cuenta el análisis de las fallas presentadas en el sistema DocBase, se las codificara, se mostrara los efectos que causan y posibles acciones que se puedan tomar para reparar el fallo.

La elaboración de este catálogo se basó en la metodología FMEA, adicional por motivos de confidencialidad de la empresa no serán publicados todos los modos de falla ya que contienen información sensible de los módulos más importantes y comprometen el giro del negocio de la empresa así como la seguridad de los clientes.

El catálogo de fallos es el equivalente a utilizar una lupa y observar las causas por las raíces que están provocando los fallos de los módulos del ATM.

| Modulo | Código | Falla Funcional | Modo de fallo | Efecto | Posibles Acciones | | |
|---------|--------|-----------------|----------------------------|--------|--|---|--------------------------------|
| Lectora | DIP | A | Falla de cabeza de lectura | 1 | Cabeza de Lectura con desgaste | Lectora no lee tarjetas con banda | Limpieza de cabeza de lectura |
| | | | | 2 | Cabeza de lectura sucia | Lectora presenta dificultar la ingresar la tarjeta | Ensamblaje correcto de lectora |
| | | | | 3 | Lectora Mal ensamblada | Error de lectura en track 3 | Cambio de Lectora |
| | | | | 4 | Lectora con Objeto en su interior | Error de lectura en Track 2 | |
| | | | | | | Error de lectura Track 1 | |
| | DIP | B | Falla de Latch | 1 | Desgaste de la parte posterior del latch | Lectora no lee tarjetas con chip | Limpieza de latch |
| | | | | 2 | Latch sucio | Exceso de Fall Back | Cambio de Lectora |
| | | | | 3 | Latch sin simbra posterior | Lectora traba Tarjetas | |
| | | | | | | Power on error | |
| | DIP | C | Falla de Selenoide | 1 | Selenoide en corto circuito | ATM se reinicia | Cambio de Lectora |
| | | | | 2 | Selenoide fuera de posición | Tarjeta no es liberada | |
| | | | | 3 | Brazo del selenoide Doblado | No retiene tarjetas | |
| | DIP | D | Falla de Cca | 1 | CCA en corto Circuito | Lectora aparece offline en diagnostico | Reset de modulo |
| | | | | 2 | Cca inhibida | Lectora no aparece en administrador de dispositivos | Carga forzada de firmware |
| | | | | 3 | CCA con problemas en el firmware | Errores aleatorios de lectura de chip y banda | Cambio de Lectora |

Tabla 11 Catalogo de fallas de la Lectora. Fuente: El Autor

| Modulo | Código | Falla Funcional | Modo de Falla | Efecto | Posibles Acciones | |
|---------------|--------|-----------------|----------------------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| Anti skimming | ASD | A | Falla de sensores | 1 Sensores Sucios | Activaciones constantes del modulo | Limpieza de ASD |
| | | | | 2 Sensores Dañados | Modulo no se activa | Carga de Firmware |
| | | | | | Modulo activado todo el tiempo | Cambio de ASD |
| | ASD | B | Falla de CCA | 1 CCA en corto Circuito | ASD aparece offline en diagnostico | Reset de modulo |
| | | | | 2 Cca inhibida | ASD no aparece en administrador de dispositivos | Carga forzada de firmware |
| | | | | 3 CCA con problemas en el firmware | Lectora y ASD offline en diagnostico | Cambio de ASD |
| | | | | | ASD con hardware dañado o vandalizado | |
| Modulo | Código | Falla Funcional | Modo de Falla | Efecto | Posibles Acciones | |
| MONITOR | LCD | A | Falla de Video | 1 Monitor quemado | Monitor en negro | Cambio de Monitor |
| | | | | 2 Monitor desconectado | Monitor opaco | |
| | | | | 3 Back light quemado | Monitor no presenta colores adecuados | |
| Modulo | Código | Falla Funcional | Modo de Falla | Efecto | Posibles Acciones | |
| EPP | EPP | A | Falla de validación de PIN | 1 Teclas Presionadas | EPP inactivo | Limpieza de Teclas |
| | | | | 2 Batería interna desgastada | EPP no valida PIN del Cliente | Cambio de Batería Interna |
| | | | | 3 Perdida de configuración | EPP offline en diagnostico | Ingreso de DESKEYS |
| | | | | 4 Modo Kun Attack activo | | Cambio de EPP |

Tabla 12 Catálogo de Falla de Anti-skimming, Monitor, Epp. Fuente: El Autor

5. CONCLUSIONES

1. El hecho de conocer el activo que vamos a analizar es de suma importancia, ya que se debe tener claro para que fue diseñado, cuáles son sus estándares de funcionamiento, en qué contexto operacional se encuentra y de que partes se conforma. En este estudio se hizo esta revisión y se presentó el funcionamiento del cajero automático, indicio fundamental para poder establecer los modos de falla generales de la máquina.
2. La tabulación y análisis de los datos que se obtuvieron del sistema permitió clasificar las fallas y relacionar estas a los modos de fallo existentes, para de esta manera calcular una tasa de fallos coherente.
3. El criterio de formar un cajero equivalente por cada modelo de cajero automático, agrupando todos los fallos de las maquinas que tienen las mismas características y comparten contextos operacionales, permitió que el análisis muestre datos de mucho valor. Se calculó la confiabilidad de cada uno de los modos de falla, aplicando la distribución exponencial, ya que las máquinas se encuentran en el periodo de vida útil. Como se observó mientras más máquinas conformaban el cajero equivalente más preciso se volvía el análisis y aparecen los modos razonablemente probables.
Este modelo se aplicó a cada uno de los cajeros equivalentes y se calculó la confiabilidad total de cada uno de los modelos aplicando la teoría expuesta.
4. El resultado de la aplicación del modelo de confiabilidad se presenta a continuación:

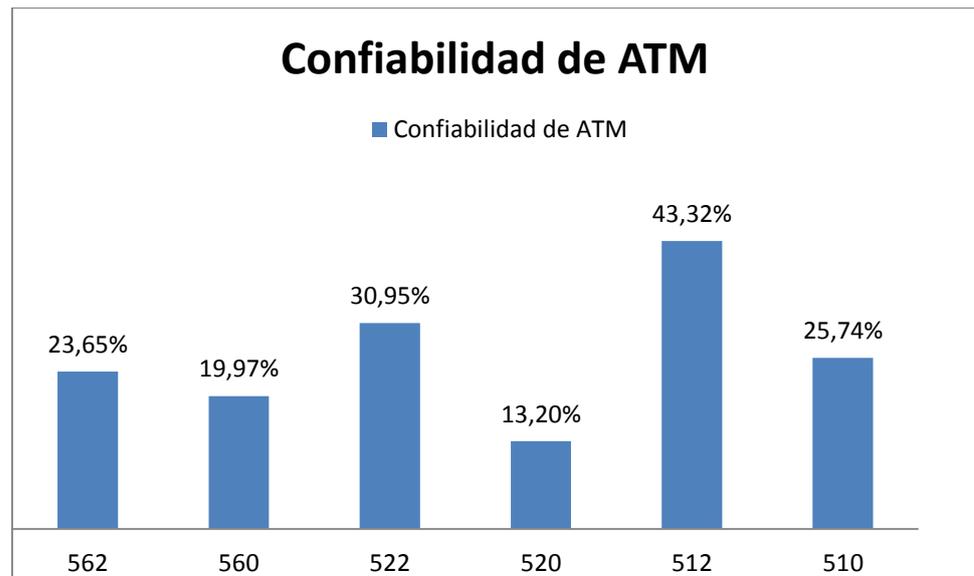


Figura 58 Confiabilidad total de los diferentes modelos de ATM. Fuente: El Autor.

Como se observa en la Figura 58 Confiabilidad total de los diferentes modelos de ATM. Fuente: El Autor. el modelo de ATM que presenta menor confiabilidad es el 520 con un porcentaje del 13.20%, esto nos indica que es muy probable que este tipo de ATM falle en seis meses, esto se debe a que este ATM es uno de los modelos más antiguos instalados, además tiene el contexto operacional de un front load por lo que va a ser susceptible a fallos de software por sobrecalentamiento. Adicional, también observamos que el modelo 560 también posee confiabilidad inferior al 20% esto obedece a que este ATM también es de los más antiguos, en general los modelo 520 y 560 fueron descontinuados y sustituidos por los modelos 562 y 522, sin embargo las diferencias entre unos y otros se encuentran en la construcción de la estructura, mas no en los componentes internos, por ejemplo el 560 posee una riel para remover la fascia, mientras que el 562 no.

5. El modelo más confiable es el 512 esto es debido a su diseño, el cual no deja completamente expuesto sus elementos al sol, adicional este modelo solo lo posee un cliente y por políticas de seguridad el cliente maneja el software debido a esto no se ve reflejado fallas de software en este modelo provocando que la confiabilidad sea mayor que los otros modelos.
6. Mediante el análisis de los modos de falla se determinó que el componente crítico en los modelos 512, 560,562 es la lectora ya que la confiabilidad de este submódulo es inferior al 70%. Mientras que en los modelos 510, 520,522 es el software debido a los problemas de sobrecalentamiento.

7. Adicional se elaboró un catálogo de fallas de cada uno de los submódulos con fallos comunes de estos y efectos que producen en la máquina. Basados en la experiencia que el autor tiene en las máquinas se sugieren acciones posibles para reparar los fallos. Este catálogo permite ser efectivo al momento de realizar una reparación, sin mencionar que posee una codificación que aplicando los mismos criterios expuestos en este trabajo, permitirán encontrar los componentes críticos de los submódulos, para de esta manera mejorar la confiabilidad.

8. El estudio cumple con su objetivo de identificar el valor de confiabilidad total de las máquinas y muestra que componentes son críticos en la misma, con esta información podemos utilizar de una manera adecuada nuestros recursos para mejorar la confiabilidad de los equipos y volvernos más efectivos al momento de realizar el plan de mantenimiento.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar el catálogo de fallos al momento de ingresar los datos en el sistema esto permitirá tener un análisis más amplio de las fallas de los módulos y permitirá tomar acciones más efectivas para mejorar la confiabilidad.

Se debe establecer un proceso de mejora continua aplicando el modelo de confiabilidad planteado para encontrar nuevos modos de fallos que pueden aparecer en el futuro y de esta manera poder tomar decisiones para controlar la confiabilidad de la máquina.

Este modelo puede ser aplicado a cualquier otra máquina siguiendo los pasos descritos en este trabajo, esto permitirá a las empresas dedicadas a servicios de mantenimiento mejorar su operación, satisfaciendo de mejor manera a sus clientes ya que mientras menos fallos tenga una maquina se beneficia al proveedor como al cliente.

Se recomienda revisar los procedimientos de mantenimiento preventivo del dispensador ya que el nivel de confiabilidad es muy bajo, de la misma manera se debe revisar la calidad de los repuestos para de esta manera aumentar la confiabilidad de las máquinas.

Se debe insistir en la recomendación a los clientes de no bloquear con publicidad, los orificios de ventilación de las maquinas, para de esta manera prevenir los fallos de CPU y Software que son los que afectan de manera consecuente con los ATM front load.

Adicional se debe capacitar a los operadores en las buenas prácticas de manejo y de carga de efectivo, para disminuir las fallas de dispensador provocadas por malas operaciones y aumentar la confiabilidad del módulo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abd-Allah, A. (1997). Extending Reliability Block Diagrams to Software Architectures. *System*, 93.
- Carlson, C. (2012). *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analy*. John Wiley & Sons.
- DIEBOLD. (2016). *DIEBOLD*. Retrieved 06 27, 2016, from <http://www.diebold.com>
- Duque-Ceballos, J. L., González-Campo, C. H., & García-Solarte, M. (2014). OUTSOURCING Y BUSINESS PROCESS OUTSOURCING DESDE LA TEORÍA ECONÓMICA DE LA AGENCIA. *Revista Entramado*, 12-29.
- MIL-STD-1629A. (1980). Procedures for performing a failure mode, effect and criticality analysis. USA.: Department of Defense.
- MIL-STD-2173, S. (1989). Reliability-Centered Maintenance: Requirements for Naval Aircraft, Weapon Systems and Support Equipment. Department of Defense.
- MIL-STD-721. (1981). Definitions of Effectiveness Terms for Reliability. *MIL-STD-721*. Department of Defense.
- Mora, A. (2009). *MANTENIMIENTO, Planeacion, Ejecucion y Control*. Mexico: Alfoamega Grupo Editor.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. USA: Aladon LLC.
- Nachlas, J. (1995). *Fiabilidad*. Madrid: Isdefe.
- Nowlan, F. S. (1978). *Reliability-centered maintenance*. SAN FRANCISCO CA: UNITED AIR LINES INC.
- Pc Magazine . (n.d.). *The Computer Language Company Inc*. Retrieved 02 02, 2016, from <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/38117/atm-machine>
- Rothery, B., & Robertson, I. (1996). *Oursourcing- La Subcontratación*. Mexico: Noriega Editores.
- Sexto, L. F. (2005). Confiabilidad integral del activo. *Proceedings del Seminario Internacional de Mantenimiento*, (pp. 23-25). Arequipa, Perú: TECSUP.
- Siber, S., Valor, J., & Porta, V. (2006). *Los sistemas de información en la empresa actual*. Madrid: McGraw Hill.

Suárez, M. (2016, 2 2). *Monografias*. tomado de <http://www.monografias.com/trabajos89/probabilidad-total-y-teorema-bayes/probabilidad-total-y-teorema-bayes.shtml#ixzz3EGlyO7M2>