

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



Diseño de Estrategia para Planificación de Operaciones que permita el cumplimiento de los plazos de entrega de la empresa Electrónica Industrial Driver Ltda.

por

Karen Andrea Martínez Andrade

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Aldo Cea Ramírez

Octubre, 2014

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Como todo en la vida, aquellas cosas que más cuestan, son las más valoradas.

Nadie dijo que sería fácil, tuve que ser fuerte para no decaer y así lograr culminar ésta etapa en mi vida.

Gracias a ti Papá Dios, primero por haberme enviado y permitido llegar hasta aquí, por colocar en mi camino todo para alcanzar cada meta propuesta. Te agradezco porque a pesar de todo eres incondicional y eterno, siempre te siento tan cerca Dios y a pesar de todo, creo en ti y mi confianza siempre en ti pondré. Gracias por concederme calma en momentos de tempestad, esperanza ante la desolación, por renovar día a día mis fuerzas para continuar, sabiduría, por lo bueno, por lo malo y por sobre todo, darme de tú inmenso amor.

Madre, tu sin duda, uno de los pilares más fuertes en mi vida, qué sería yo sin ti. Incondicional, entregada, bondadosa, luchadora, sabia y fiel, eres capaz de todo, no dudo que si tu vida tuvieras que dar por nosotros, ahí estarías. Gracias por tu comprensión y en particular por tu paciencia para conmigo, por cada momento, por cada consuelo y por cada caricia. Sólo queda ahora retribuir todo lo que has hecho por mí y decirte que nunca nada te faltará.

Padre el otro pilar fundamental en mi vida, tu apoyo, tu compromiso de hacer lo que fuera necesario para proveer, los imborrables momentos en que te vi y hasta el día de hoy haciendo de todo, siempre pensando cómo hacer y cuál es la manera correcta de proceder, he de ahí mi estructura y perseverancia. Agradecerte es sólo lo que puedo hacer por todo tu tiempo y tu esmero, sé que lo has dado todo, y al igual que a mi madre nunca nada te faltará y te daré lo que anhelas.

No puedo dejar de mencionar a mis hermanos, que creemos y apoyamos el uno al otro siempre.

Agradecer también a mi profesor guía Aldo Cea Ramírez por compartir sus conocimientos y ayudarme a llegar al final de ésta etapa con éxito. A todas las personas que estuvieron conmigo durante éste proceso y que por algún motivo llegaron o las encontré en el camino, a la empresa Electrónica Industrial Driver Ltda., por otorgar todos los recursos necesarios, acceso, entrega de información y tiempo.

KAREN ANDREA MARTÍNEZ ANDRADE

“Si tan sólo puedes tener fe, sin tan sólo puedes creer, porque al que cree todo le es posible”

Marcos Witt.

ÍNDICE

GLOSARIO	6
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	8
LISTA DE SÍMBOLOS	9
1. RESUMEN EJECUTIVO	10
2. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: EMPRESA, PROBLEMA Y METODOLOGÍA.....	12
3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	12
3.1 HISTORIA	12
3.2 ACTUALIDAD	13
3.3 ÁREAS DE NEGOCIO	13
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	14
4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
5. OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
5.1 OBJETIVO GENERAL	15
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
6. ASPECTOS METODOLÓGICOS	16
6.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
6.2 REUNIONES CON EL ÁREA DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO TERRENO	16
6.3 MEDICIÓN DE DESEMPEÑO	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
7. ASPECTOS DE SIMULACIÓN	17
7.1 SISTEMA, MODELOS Y SIMULACIÓN	18
7.2 DEFINICIÓN DE MODELO Y SU CLASIFICACIÓN	22
7.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN FRENTE A LA SOLUCIÓN ANALÍTICA	24
7.4 ¿CUÁNDO UTILIZAR LA SIMULACIÓN?	25
7.5 PASOS EN LA SIMULACIÓN	26
8. HERRAMIENTAS DE APOYO	31
8.1 DIAGRAMAS DE FLUJO	31

8.2 MEDICIÓN DE DESEMPEÑO (KPI'S).....	32
8.3 SOFTWARE ARENA® 12.0.....	34
CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO SITUACIÓN ACTUAL A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE DESEMPEÑO DRIVER LTDA. (KPI'S 2013).....	37
9. PROCESO SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y ASESORÍAS TÉCNICAS	37
9.1 AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SERVICIOS.....	37
10. PROCESO DE REPARACIONES DE COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS.....	42
10.1 DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Componentes Reparados (días), año 2013.....	42
10.2 AUMENTO PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE REPARACIONES.....	48
(UNID REP/HH) (Índice de desempeño N° P24). Ver anexo I.....	48
11. PROCESO SERVICIO DE VENTA	54
11.1. DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Productos Vendidos, año 2013.....	54
12. PROCESO DE COMPRAS	55
12.1 DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Solicitudes de Compras (días), año 2013.	55
13. ACOTACIONES	57
14. CONCLUSIÓN CAPÍTULO.....	57
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE ESTRATEGIA PARA PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES	60
15. PROPUESTA ESTRATÉGICA	60
15.1 ANTECEDENTES.....	60
15.2 OBJETIVO	60
15.3 ALCANCES DEL PROYECTO	61
15.4 SEGURIDAD	64
CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA ESTUDIO CASO REAL (MANTENIMIENTO CABINA OPERADOR Y GABINETES PARA CAMIONES MINEROS).....	67
16. LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA.....	68
16.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	69
CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE ESTRATEGIA EN CASO REAL (DESARROLLO DEL MODELO PRÁCTICO EN SOFTWARE ARENA®).....	72
17. TOPOLOGÍA DEL MODELO.....	72
17.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS LÓGICOS DE SIMULACIÓN “MANTENIMIENTO CABINAS DE OPERADOR”	73
17.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS LÓGICOS DE SIMULACIÓN “MANTENIMIENTO GABINETES” (CONTROL Y POTENCIA; 24 VOLTS)	100
18. VERIFICACIÓN DEL MODELO.....	138

18.1 REALIZACIÓN DE PRUEBAS, SIMULACIÓN 1: “MANTENIMIENTO CABINAS DE OPERADOR”	138
18.2 REALIZACION DE PRUEBAS SIMULACIÓN 2: “MANTENIMIENTO GABINETES” (CONTROL Y POTENCIA, 24 VOLTS).....	168
CAPÍTULO VII: BENEFICIOS Y COSTOS ASOCIADOS EN EJECUCIÓN DE TRABAJOS ASOCIADOS A LA PROPUESTA.....	200
19. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (a costo directo unitario)	200
19.1 MANO DE OBRA.....	200
19.2 MATERIALES Y SUMINISTROS	201
19.3 EQUIPOS Y MAQUINARIA.....	202
19.4 TOTALES Y UTILIDADES	202
20. CONCLUSIÓN.....	203
21. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	204
22. ANEXOS	205
ANEXO I: OBJETIVOS ORGANIZACIONALES ELECTRÓNICA INDUSTRIAL DRIVER LTDA.	205
ANEXO II: FLUJOGRAMA PROCESOS MANTENIMIENTO CABINA OPERADOR.....	206
ANEXO III: FLUJOGRAMA PROCESOS MANTENIMIENTO GABINETES (CONTROL Y POTENCIA; 24 VOLTS).....	207
ANEXO IV: TABLA DE DISTRIBUCIONES “T DE STUDENT, inversa”	208

GLOSARIO

Acumuladores Estadísticos: Variables que sirven para tener las medidas de rendimiento durante el proceso de simulación.

Basic Process Panel: Denominación proveniente del idioma inglés al panel de procesos básicos del software Arena®, representa el conjunto de módulos que permiten la elaboración de diagramas de flujo de poca complejidad.

Check List: Denominación proveniente del idioma inglés a una lista sistemática que se utiliza para referencia, control, comparación, verificación o identificación. También conocida como lista de control o lista de verificación.

Check Model: Denominación proveniente del idioma inglés para la verificación del modelo que trae incorporada el software Arena®, de tal manera de corroborar la existencia de errores lógicos en la simulación.

Eficacia: La capacidad de conseguir objetivos y metas proyectadas, sin privar para ello la utilización de recursos o medios.

Eficiencia: La capacidad de alcanzar los objetivos y metas proyectadas con el mínimo de recursos disponibles.

Factibilidad: Referido a la disponibilidad de recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas proyectadas. Generalmente sobre un proyecto.

Mantenimiento Predictivo (condición): Es aquel mantenimiento en donde la máquina se evalúa mientras está en funcionamiento, a través de síntomas que entrega al exterior.

Mantenimiento Preventivo (tiempo): Es aquel tipo de mantenimiento en donde se interviene la máquina periódicamente en forma anticipada a que ocurra alguna falla, para reemplazar componentes.

Nave: Lugar de estacionamiento transitorio de maquinaria pesada para efectos de mantenimiento.

Operador: Técnico encargado de manejar y hacer que funcionen ciertos aparatos.

Prueba de Aislación: Mide la resistencia que presenta un material de aislamiento al flujo de corriente que se genera al aplicar un voltaje de corriente continua.

Prueba de Hermeticidad: Consiste en colocar un ventilador en una salida al exterior. Este empuja el aire hacia afuera para reducir la presión de aire interior. La mayor presión de aire en el exterior fluye hacia el interior, a través de las grietas y aberturas no selladas, la cual permite encontrar los escapes de aire.

Qmarket: Aplicación que permite realizar cotizaciones y envío de ofertas en línea.

Quadrem: Plataforma internacional que permite hacer más eficiente la relación entre las compañías compradoras y sus proveedores en línea.

Recursos: Elementos que son transformados para producir un beneficio. Estos pueden ser máquinas, camiones, autos, personas, etc., los cuales son tomados y liberados al terminar el procesamiento. Además pueden ser modificadas las variables.

Restricciones: Aquellas limitaciones que se encuentran presentes en el sistema, las cuales deben ser consideradas para la realización correcta de la simulación.

Setup: Denominación proveniente del idioma inglés para la configuración de parámetros como las variables de operación.

Supply Centre: Denominación proveniente del idioma inglés a la plataforma que atiende el envío y recepción de documentos electrónicos en línea.

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AST: Análisis seguro de trabajo.

CPU: Unidad central de procesamiento.

EPP: Elemento de protección personal.

GCP: Gabinete control y potencia.

HH: Horas Hombre.

IP: Índice de productividad.

ISO: Organización internacional de normalización.

KPI: Denominación proveniente del idioma inglés, *Key Performance Indicators*, o Indicadores claves de Desempeño.

Máx: Máximo.

Mín: Mínimo.

ODI: Obligación de informar.

OSHAS: Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.

PT: Permiso de trabajo.

Q: Cantidad de servicios producidos.

UR: Unidad reparada.

LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$: Porcentaje

Σ : Suma total

\leq : Menor igual

\geq : Mayor igual

m : Cantidad de servicios o reparaciones.

n : Cantidad de factores

P₀ : Productividad promedio en un período cualquiera.

1. RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo del presente Trabajo de Título tiene como finalidad, optar al título de Ingeniero Civil Industrial, perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Valparaíso de Chile, campus Santiago.

El Diseñar una Estrategia de planificación de operaciones tiene por objeto lograr el cumplimiento en los tiempos de entrega de los servicios ofrecidos al cliente por parte de la empresa Driver Ltda., dicha estrategia será aplicada y validada por medio de la herramienta de simulación con el estudio y posterior desarrollo de un caso particular y real de procedimientos de trabajos en la industria minera.

Se desea mediante la experimentación con el software conocer el comportamiento a través del tiempo de un sistema en particular condicionado a supuestos previos en un ambiente controlado. Dichos trabajos se centrarán en el Mantenimiento de Cabinas de Operador y Gabinetes (control y potencia, 24 volts) para camiones mineros.

Para la construcción tanto de la Estrategia como del modelo de simulación fue necesario tener conocimiento sobre aquellos aspectos propios del negocio de la Empresa Electrónica Industrial Driver Ltda., de manera de proyectar el desarrollo de los trabajos de acuerdo a las realidades y restricciones propias de ella.

A partir del levantamiento de los distintos trabajos que involucran este nuevo sistema y del desarrollo metódico de diagramas de flujo que los represente se generó el Modelo de Simulación. Se ha escogido ésta herramienta de simulación ya que permite experimentar con sistemas reales sin alterarlos, o como en nuestro caso particular experimentar con sistemas que aún no existen, generando una visión macro y micro mucho más profunda sobre ellos.

El objetivo es presentar pronunciamiento a la Empresa acerca de los resultados obtenidos gracias al diseño y aplicación de la estrategia a través de la simulación.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto pretende aportar como antecedente a la Empresa Electrónica Industrial Driver Ltda., de manera de favorecer a minimizar el nivel de incertidumbre en la toma de decisiones respecto del advenimiento de nuevos sistemas de trabajo, el comportamiento de acuerdo a sus operaciones y tiempos de proyección destinados.

Esta investigación fue solicitada por el departamento de Ingeniería de la empresa Driver Ltda., con el propósito de visualizar con mayor claridad la problemática que radica debido al aumento en el nivel de incertidumbre respecto a los tiempos de trabajos estimados actuales y tiempos para nuevos proyectos adjudicados. Ésta situación generó una oportunidad viable para el desarrollo de un trabajo de título, basado en el diseño de una estrategia para la planificación de operaciones que involucran la situación de estudio.

La prioridad de éste proyecto es encontrar una estrategia de planificación operacional que permita cumplir a la empresa con tiempos establecidos para servicio cliente, la cual será aplicada por medio de la herramienta de simulación Software Arena® a través del estudio de un caso particular que represente los trabajos que se ejecutaran en el mantenimiento para camiones mineros en cabinas del operador, mantenimiento gabinete control y potencia, gabinete sistema 24 volts, considerando las restricciones, realidades propias de la empresa y variables de entrada que intervienen en el caso particular.

CAPÍTULO I: EMPRESA, PROBLEMA Y METODOLOGÍA

3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

3.1 HISTORIA

Electrónica Industrial Driver Limitada, es una empresa con más de 13 años en el mercado. Nació el 15 de julio de 2001 en Santiago de Chile como una empresa de servicios donde se reparaban componentes electromecánicos menores de equipos de transporte mineros.

En diciembre del 2001 la empresa se expande al Norte del país Antofagasta ampliando sus horizontes comerciales con empresas de mayor envergadura. Posteriormente comenzó a prestar servicios de mantenimiento y asesorías técnicas a diversas faenas, lo cual impulsó aún más el crecimiento generando lazos de confianza formalizados con la adjudicación de contratos a largo plazo , lo que promueve el crecimiento tanto en el capital humano como en infraestructura en distintas regiones del país.

Adicionalmente se desarrollaron políticas de mejoramiento con el propósito de ser una de las empresas con mayor nivel en su servicio y capital humano logrando la certificación en la Norma ISO 14001, OSHAS 18001 e ISO 9001 en año 2004, 2007 y 2008 respectivamente. También forjó alianzas estratégicas hacia el extranjero, quienes aspiraban que la empresa a través de la venta de sus productos los representara en el mercado nacional.

Finalmente con el transcurso de 12 años la empresa logra posicionarse y se expande tanto a nivel nacional como internacional, adaptándose a los cambios y requerimientos de la industria con políticas de innovación.

3.2 ACTUALIDAD

Su casa matriz está ubicada en la Comuna de Conchalí, teniendo su área productiva ubicada en Issa Pichara 830, local 3L y 5D Renca (bodega y taller de reparación de componentes electrónicos, electromecánicos y fabricación de señalética con iluminación Led).

Su giro principal es la venta, mantención y arriendo de equipos. Además ofrece servicios de capacitación y entrenamiento técnico.

Los canales de venta que utiliza Driver son: página web y quadrem. Esta plataforma provee aplicaciones para la minería como qmarket, supply centre y compras por catálogo (le permite a mineras comprar por catálogo productos de un proveedor).

Actualmente son 30 empleados que prestan distintos servicios en la empresa. Sus potenciales clientes son de la industria minera.

3.3 ÁREAS DE NEGOCIO

Las áreas de negocio de Driver son: Fabricación Led (números de identificación equipos, señalética Led, balizas de señalización con energía fotovoltaica, carros autónomos programables, etc.); Reparación de componentes (motores blowers, motores de inducción, parrillas de frenado, módulos de fase, controladores, etc.); Mantenimiento de equipos (chequeo de sistemas eléctricos 830 Komatsu, Optimización de pautas de mantenimiento de equipos, evaluación, diseño y desarrollo de procedimientos críticos y difusión de accidentes de trabajo, inventario de riesgo y mantenimiento predictivo); Ventas (señalización electrónica programable y equipo de mensajería portátil para control de tráfico VER-MAC, diseño y fabricación de productos de monitoreo y control A.I.TEK, fabricación de accesorios de seguridad para la minería como luces, LED de identificación de equipos).

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Este capítulo abordará el problema de investigación junto con el planteamiento del problema que se requiere de solución.

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas de la Empresa Driver Ltda., se presentan cuando no se puede cumplir adecuadamente con los tiempos establecidos de entrega para los distintos servicios ofrecidos al cliente.

Sin bien, los problemas pueden estar condicionados por cualesquiera sean los procesos que están involucrados desde que se da inicio con la solicitud de requerimiento por parte del cliente, hasta que se entrega el producto final. Cabe precisar que para la realización del presente proyecto quedarán fuera del alcance todos aquellos procesos administrativos, enfocándose en la planificación del servicio tanto interno como con el cliente, ejecución de trabajos involucrados y tiempos destinados a procesamiento.

4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Driver Ltda., no dispone de una adecuada estrategia operacional que le permita cumplir con los plazos de entrega, ni tampoco una herramienta de aplicación que le acceda orientar, a largo plazo, la planificación y programación de trabajos, análisis y evaluación de escenarios futuros donde se proyecten sus inversiones.

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia de planificación de operaciones que permita el cumplimiento de los plazos de entrega de los servicios de la empresa Electrónica Industrial Driver Ltda.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar situación actual.
- Identificar variables y levantar datos para el desarrollo de la propuesta.
- Proponer una estrategia de planificación de operaciones.
- Aplicar la estrategia propuesta de planificación de operaciones en un caso real.

6. ASPECTOS METODOLÓGICOS

6.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Mediante la revisión de la bibliografía disponible se logró concretar el primer acercamiento al tema a tratar en ésta tesis, la cual incluye mediciones de desempeño (KPI's) y diseño de un modelo de simulación mediante Arena[®] Software.

Con la revisión de distintos textos, memorias y papers a fines, se consiguió entender más sobre el manejo del problema en estudio, lo que fue útil para seleccionar las mejores estrategias de solución fundamentadas en una buena base teórica y práctica.

6.2 REUNIONES CON EL ÁREA DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO TERRENO

El proyecto de título se llevó a cabo en conjunto con la empresa, por lo cual se debió asistir a constantes reuniones con el personal encargado de las distintas áreas.

Para el desarrollo de la medición de desempeño se realizaron reuniones con los jefes de área para proporcionar información, directrices y lineamientos pertinentes. En el estudio del caso particular desarrollado a través de la simulación, se realizaron reuniones con el jefe y supervisor en terreno. Dichas reuniones en su primera etapa sirvieron para interiorizarse tanto de sus políticas internas como en sus procedimientos de trabajo, de manera tal, de comprender el funcionamiento general de los procesos.

6.3 MEDICIÓN DE DESEMPEÑO

Como la empresa maneja tanto productos como servicios en sus distintas unidades, es necesario señalar, que para realizar la medición de desempeño fue preciso agrupar aquellos productos que llegan a reparaciones en familias, y así diferenciarlos en cinco grandes grupos, estos son:

Aparatos eléctricos/electrónicos/mecánicos, parrillas, tarjetas electrónicas, banco de componentes y máquinas eléctricas rotatorias, de manera tal de facilitar el estudio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Actualmente, existen diferentes métodos que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales con un software. A continuación se presenta una breve introducción a las diferentes alternativas y métodos de soluciones existentes.

7. ASPECTOS DE SIMULACIÓN

Las primeras referencias trabajaron sobre la simulación con la utilización del método de "Montecarlo", método estadístico basado en el uso de números aleatorios para el cálculo de complicadas y costosas integrales de la física nuclear, resolviéndose el problema de cómo iniciar la fusión nuclear de la bomba de hidrógeno (John von Neumann y Stanislaw Marcin Ulam, 1940)

Actualmente, la simulación es utilizada como una metodología de experimentación fundamental en campos tan diversos como la Economía, la Estadística, la Informática o la Física, y con enormes aplicaciones industriales y comerciales. Sus orígenes se basan en la teoría de muestreo estadístico y sistemas probabilísticos complejos. El aspecto común de ambos es el uso de números y muestras aleatorias para aproximar soluciones.

Para el estudio científico de éstos sistemas frecuentemente se hace una serie de suposiciones de cómo procede éste. Dichas suposiciones toman usualmente relaciones matemáticas o lógicas, que constituyen un modelo que será utilizado para comprender el comportamiento del sistema en estudio.

7.1 SISTEMA, MODELOS Y SIMULACIÓN

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española sistema se define como: 1. “Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí; 2. Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.”

Existen diversas definiciones, pero la que mayormente se aproxima en el sentido específico de nuestro estudio de un sistema basado en un ordenador (computadora) es: 3. *“Un sistema basado en la computadora es aquel que está compuesto por aparatos o componentes físicos (hardware) relacionados entre sí, que interactúan mediante instrucciones establecidas (informática) con tal de conseguir un determinado objetivo”.*

A. **HARDWARE:** Es el conjunto de componentes o dispositivos físicos que intervienen en un sistema computacional, hoy en día más conocido como la computadora. Los componentes de una computadora se pueden clasificar en: dispositivos de entrada, dispositivos de salida, procesamientos y almacenamiento.

a. Dispositivos de entrada: A través de los cuales la información es incorporada a la computadora para ser procesada o transformada.

b. Dispositivos de salida: Aquellos elementos que muestran los datos ya procesados o transformados al usuario.

c. Dispositivos de almacenamiento: Elementos que permiten almacenar o guardar información. Esto se clasifica en: Memoria principal (ROM; RAM) y memoria secundaria.

d. Dispositivos de procesamiento (CPU): La unidad central de procesamiento, es el componente principal de la computadora, el cual interpreta las instrucciones contenidas en los programas y además procesa datos.

B. **INFORMATICA:** Rama de la Ingeniería que estudia el hardware, las redes de datos y el software necesarios para tratar información de forma automática.

El estado de un sistema queda definido por un conjunto de valores que adquieren aquellas propiedades de sistema que pueden variar y que son necesarias para describir el sistema en un punto particular de tiempo, referente a los objetivos del estudio.

Los sistemas se pueden clasificar en dos tipos, discretos y continuos. Los sistemas discretos son aquellos en que las variables de estado cambian instantáneamente en puntos separados en el tiempo, un sistema continuo es aquel en que continúa ininterrumpidamente con respecto al tiempo y las variables de estado cambian continuamente al largo del tiempo. En la práctica muchos sistemas no son completamente discretos o continuos, comúnmente es posible clasificarlos al tipo de cambios en que ellos predominen.

En algún punto de la vida de un sistema se hace necesario entender las relaciones entre sus componentes o prever su comportamiento bajo nuevas condiciones. Es por ello que existen diversas formas de estudiar un sistema.

- Experimentar sobre el sistema actual: Es viable siempre y cuando la variación al sistema con nuevas condiciones no sea muy costoso. Sin embargo, es poco frecuente que esto se lleve a cabo, ya que normalmente estos experimentos suelen ser muy costosos o destructivos para dicho sistema. Incluso se puede dar la alternativa que el sistema no exista, pero quiera estudiar posibles alternativas de su construcción. Por estas razones, se hace necesaria la construcción de un modelo que represente al sistema y estudiar éste para poder responder las interrogantes planteadas sobre el sistema.
- Modelo físico frente al modelo matemático: Quizá lo primero que evoca la palabra “físicos” es una réplica física, imágenes de miniaturas o un modelo a escala del sistema, a veces llamado modelo icónico, por ejemplo cabinas separadas de camiones para entrenamiento de operadores. Sin embargo, la mayoría de los modelos construidos para estudio de los sistemas son matemáticos o también llamados “lógicos”, los cuales representan un conjunto de aproximaciones y suposiciones estructurales y cuantitativas, las cuales pueden

ser cambiadas para ver cómo el modelo reacciona y ver así como debería comportarse el sistema, si el modelo es válido.

- Solución Analítica frente a Simulación: Una vez que se ha construido el modelo matemático, hay que encontrar la manera de analizar su comportamiento y así poder concluir el comportamiento del sistema.

La mayoría de los sistemas son bastantes complejos y necesitan muchos recursos de computación y como tal el sistema en estudio, es ahí donde entra la simulación, es decir, se ejercita el modelo numéricamente por medio de entradas para ver cómo éstas afectan a las salidas o ejecución.

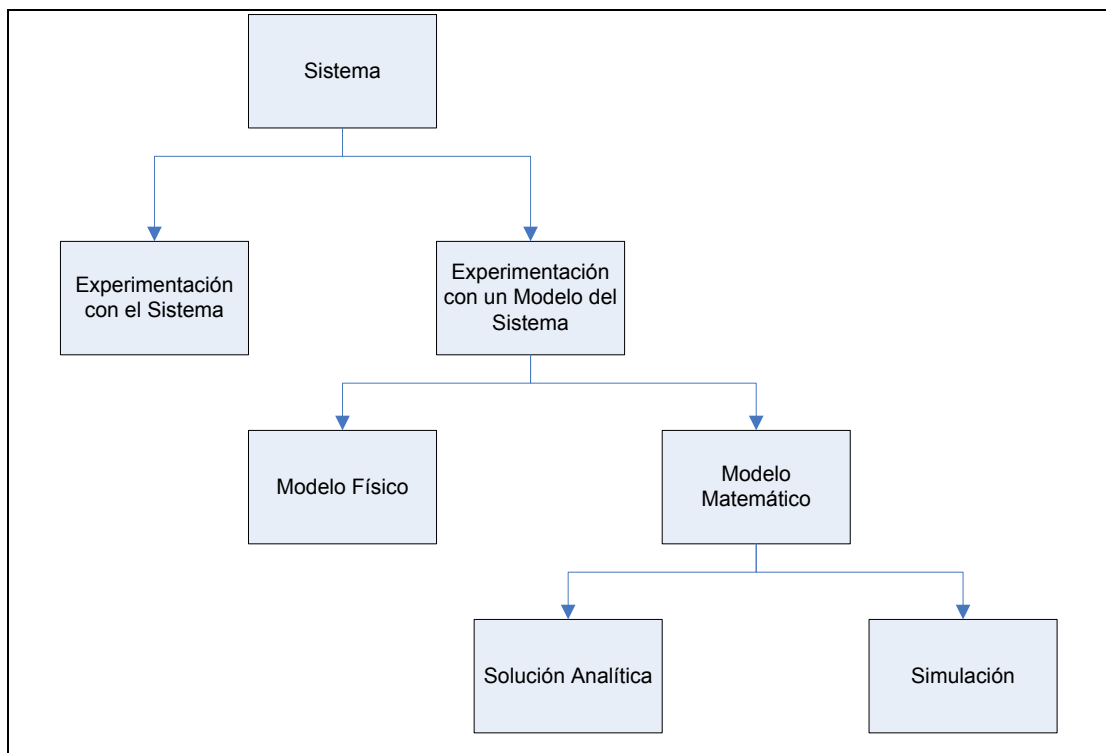


Figura 7.1: “Formas de estudiar un Sistema”

En conclusión, se puede definir la simulación como “ el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio, o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema” (E.R. Shannon, 1975), o como “la técnica de resolución de problemas siguiendo en el tiempo los cambios de un modelo de un sistema” (Gordon, 1969).

7.2 DEFINICIÓN DE MODELO Y SU CLASIFICACIÓN

Un Modelo puede definirse como una representación simplificada de un sistema real o un proceso o una teoría, con el que se pretende aumentar su comprensión, hacer predicciones y, posiblemente, ayudar a controlar el sistema.

Una clasificación, de las muchas existentes, considera esencialmente tres clases de modelos:

Modelos físicos: Son representaciones de sistemas físicos y están descritos por variables medibles. Por ejemplo, un sistema mecánico que tiene como variables: fuerza, presión, velocidad, etc.

Modelos mentales: Son modelos heurísticos o intuitivos que sólo existe en nuestra mente. Son imprecisos, difusos y difíciles de comunicar

Modelos simbólicos: Son aquellos en los cuales se incluyen operaciones lógicas o matemáticas que pueden utilizarse para formular una solución de un problema. Se subdividen en modelos matemáticos y no matemáticos.

Anteriormente se han detallado cada uno de los tipos de modelo, precisando que para el presente estudio nos centraremos en los modelos matemáticos y su exploración por medio de la simulación través de estas dimensiones:

- Estático frente Dinámico: Un modelo estático es una representación de un sistema en un punto particular del tiempo, o uno que representa un sistema en el cual el tiempo no desempeña ningún papel. De otro lado, los modelos dinámicos representan sistemas que evolucionan con el tiempo.
- Continuo frente Discretos: En un modelo continuo el estado del sistema puede cambiar continuamente con el tiempo, sin embargo, en un modelo discreto el cambio puede ocurrir sólo en puntos separados en el tiempo, tal como un sistema con partes que llegan y se van en tiempos específicos, máquinas que se apagan y encienden en momentos específicos y descansos para los trabajadores. También puede ocurrir que

se tenga tanto del cambio continuo como discreto en el mismo modelo, el cual recibe el nombre de *“modelo combinado continuo-discreto”*.

- **Determinista frente a Estocástico:** Si un modelo no contiene ningún componente aleatorio se conoce como determinístico; una agenda de citas con tiempos de atención fijos es un ejemplo. Por otra parte, muchos sistemas tienen ciertos componentes aleatorios de entrada y éstos se representan mediante modelos estocásticos o también denominados “probabilísticos”.
- **Prescriptivos frente a Descriptivos:** Los modelos prescriptivos pretenden tomar decisiones sobre el sistema; se utilizan cuando se desea responder y optimizar acerca del sistema, tratan de dar la mejor solución. Los segundos se limitan a describir el comportamiento del sistema y dejan la totalidad del proceso de optimización en manos del analista.
- **Ciclo Abierto frente Ciclo Cerrado:** En los primeros no hay retroalimentación, es decir, las salidas no afectan a las entradas. En los segundos las salidas sí afectan a las entradas.

7.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN FRENTE A LA SOLUCIÓN ANALÍTICA

7.3.1 MODELO ANALÍTICO

Ventajas:

- Permiten evaluar fácilmente el impacto producido por cambios en las entradas sobre las medidas de salida.
- Posibilidad de llegar a una solución óptima.

Desventajas:

- Las suposiciones hechas para describir los sistemas pueden ser poco realistas.
- Las fórmulas matemáticas pueden ser muy complicadas impidiendo llegar a una solución.

7.3.2 MODELO DE SIMULACIÓN

Ventajas:

- Pueden describir sistemas que sean muy complejos.
- Pueden ser usados para experimentar con sistemas que todavía no existan, o para experimentar con sistemas existentes sin que éstos se alteren.
- Permiten generar una visión macro y micro del sistema que se estudia mucho más profunda y detallada de cualquier modelo analítico o numérico.
- En la toma de decisiones los resultados de un modelo de simulación pueden ser verdaderamente valiosos, ya que permiten discriminar qué variables de control son más efectivas y en qué medida.
- Cuando no se conocen anticipadamente todos los valores de las variables y no hay manera de averiguarlos fácilmente, entonces la simulación permite realizar estimaciones.

Desventajas:

- No produce soluciones óptimas, se deberán realizar muchas ejecuciones, y de ellas, quedarse con la que se considere mejor.
- Los modelos de simulación complejos pueden requerir mucho tiempo para construirlos y ejecutarlos.
- Aunque los resultados sean correctos, una validación perfecta de un modelo de simulación es prácticamente imposible de conseguir.

7.4 ¿CUÁNDO UTILIZAR LA SIMULACIÓN?

El estudio de un sistema se va a realizar mediante simulación cuando se de una o varias de las condiciones siguientes (E.R. Shannon, 1975).

- No existe una formulación matemática del problema.
- Existe un modelo matemático, pero no métodos analíticos de resolución del mismo.
- Existen el modelo y los métodos, pero los procedimientos son tediosos, por lo que resulta más sencilla y menos costosa la simulación.
- Se desea observar en el tiempo una historia simulada del sistema.
- Se desea experimentar con un modelo antes de construir el sistema.
- Es imposible experimentar sobre el sistema real.
- Puede experimentarse sobre el sistema, pero motivos éticos lo impiden.
- Se quiere observar un sistema de evolución muy lenta, reduciendo la escala del tiempo.

7.5 PASOS EN LA SIMULACIÓN

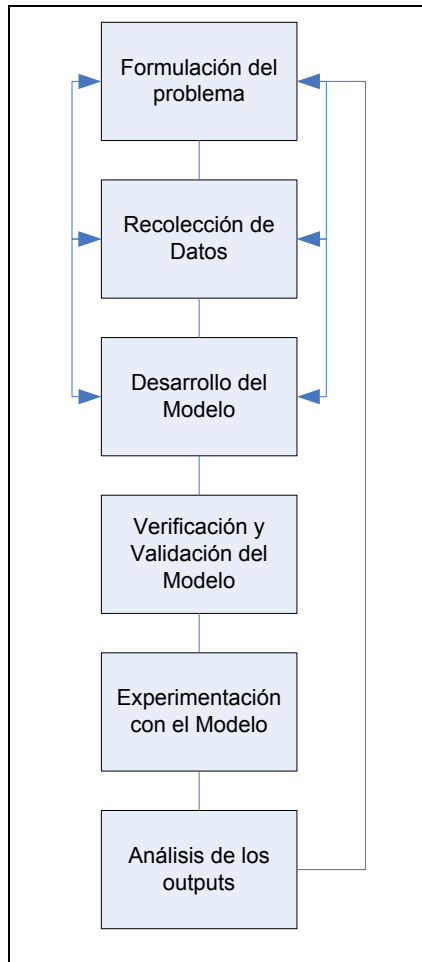


Figura 7.5: “Pasos en la simulación”

7.5.1 Formulación del Problema: Se deben definir las preguntas o dificultades

para las que se buscan dar respuestas, las variables implicadas y las medidas de ejecución que se van a utilizar. Esta etapa a su vez se puede dividir en 4 fases, de modo tal, de poder alcanzar un modelo válido.

- **Identificación del problema:** Se identifican los recursos a utilizar, los requisitos exigibles y se hace una abstracción del problema a tratar.

- **Reconocer variables del sistema:** Aquellas variables que intervienen en el sistema y que son de interés para nuestro modelo, éstas pueden ser endógenas y exógenas. Las variables endógenas, que son las que creemos que de alguna manera podemos controlar o estimar su probabilidad de ocurrencia y las exógenas las cuales escapan de nuestro control.
- **Variables de decisión:** Es de importancia considerar las restricciones sobre las variables de decisión, ya que definen el posible espacio de soluciones o la óptima usando el modelo de simulación.
- **Desarrollo de modelo óptimo:** La importancia en éste paso, es definir el nivel de detalle al que se debe llegar con el modelo, pues bien, no es lo igual si el modelo deseado es una previsión en el largo plazo, pues las variables pueden cambiar con el transcurso del tiempo o posiblemente aparezcan otras nuevas, que si se desea una previsión en el corto plazo, entonces se deberá profundizar más en el nivel de detalle.

7.5.2 Recolección de Datos: Se realiza obtención de datos, ya sea por medio de informes históricos o recolección cuando no existen estos.

7.5.3 Desarrollo del Modelo: Incluye la construcción y depuración del modelo en el software de simulación, incluyendo la selección de un lenguaje de programación y la simbolización del modelo.

7.5.4 Verificación y Validación del Modelo: La verificación del modelo consiste en ver cuál es la consistencia interna del modelo y el asegurarse de cómo debería comportarse, mientras que la validación busca correspondencia entre el modelo y la realidad. Una buena estrategia de verificación es hacer pruebas para ver cómo el modelo predice el comportamiento del sistema ante determinadas entradas, además de lograr determinar el número de réplicas óptimas para la simulación.

Para efectos de cálculos de la media o promedio muestral, suma de cuadrados y desviación estándar se utilizarán las siguientes ecuaciones cuyos resultados finales

obtenidos serán ingresados en la ecuación posteriormente definida para obtener número de réplicas óptimas.

Ecuación: Media o promedio muestral

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi$$

(ec. 7.1)

Fuente: "Elaboración propia"

Dónde:

\bar{X} = Media aritmética o promedio.

n = Cantidad total de datos de la muestra.

Xi = Datos de la muestra.

Ecuación: Suma de cuadrados

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{x})^2$$

(ec. 7.2)

Fuente: "Elaboración propia"

Dónde:

SC = Suma de Cuadrados.

Xi = Datos de la muestra.

n = Cantidad total de datos de la muestra.

Ecuación: Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{ec. 7.3})$$

Fuente: "Elaboración propia"

Dónde:

S = Desviación Estándar.

n = Cantidad total datos de la muestra.

 \bar{X} = Media aritmética o promedio.

Xi = Datos de la muestra.

Ecuación: Cálculo del Número de Replicaciones

$$N = \left[\frac{t(n-1, \alpha/2) * S}{e} \right]^2 \quad (\text{ec. 7.4})$$

Fuente: "Elaboración propia"

Dónde:

N = Número de replicaciones necesarias para alcanzar un nivel deseado de precisión.

S = Desviación estándar en "n" replicaciones del modelo.

 α = Nivel de significancia.

t = Valor crítico de la distribución de student con "n" réplicas

e = Cantidad de error deseado.

7.5.5 Experimentación con el Modelo: El objetivo de la experimentación con el modelo es otorgarle al analista información acerca del comportamiento del sistema para que nos ayude en la toma de decisiones. Diremos que no se puede especificar numéricamente el número de experimentaciones mínimas, pero sí que entre mayor sean éstas, mayor conocimiento se tendrá del sistema que se estudia.

7.5.6 Análisis de los Outputs: En los modelos de simulación las salidas se consideran como muestras. Las principales cuestiones en la obtención de estimaciones útiles a partir de muestras son: que la muestra sea representativa del comportamiento del sistema y que las medidas de ejecución alcancen un determinado nivel de precisión.

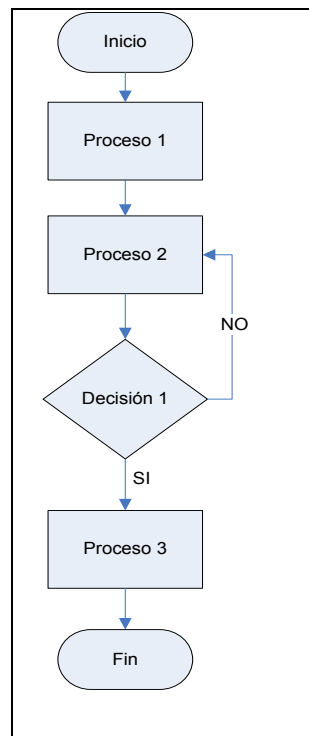
8. HERRAMIENTAS DE APOYO

8.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

Un diagrama de flujo permite mostrar gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Es muy importante que la construcción de éste sea de manera correcta, debido a que a partir del mismo se escribe en un lenguaje de programación. Si el diagrama de flujo está correcto y completo, el paso del mismo lenguaje de programación se realizará de manera rápida y simple.

También es preciso señalar que el diagrama de flujo muestra el sistema como una red de procesos funcionales conectados entre sí, que permite describir el movimiento de los datos a través del sistema. La representación de las funciones específicas o “procesos” del sistema se realizan por medio de rectángulos, las decisiones por medio de rombos y para direccionar el flujo a través de la flechas. En la siguiente figura 8.1 se ilustrará lo anteriormente descrito.

Figura 8.1: Ejemplo de Diagrama de Flujo



Fuente: “Elaboración propia”

8.2 MEDICIÓN DE DESEMPEÑO (KPI'S)

Dentro de la organización y según el criterio de autores como (Harper & D. Lynch, 1992), (Idalberto Chiavenato, 1995) y (Lloyd L. Byars & Leslie W. Rue, 1996) la medición de desempeño tiene como principal finalidad determinar el rendimiento de los empleados y su potencial de desarrollo, a su vez sirve para medir el nivel competitivo de la empresa, dado que la suma de todos los puestos con buen desempeño refleja eficiencia y logro de los objetivos de las unidades y de la empresa en su conjunto. De lo contrario, permite detectar desviaciones en sus respectivos procesos y unidades en comparación con metas establecidas por la organización, logrando efectuar planes de mejora para que éstas no vuelvan a ocurrir.

8.2.1. PRODUCTIVIDAD

La productividad refleja la relación entre cantidad de productos o servicios obtenidos por sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos, cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.

Ecuación Productividad

$$P_o = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Fuente: "Elaboración propia"

(ec. 8.1)

Dónde:

m = Productos o Servicios

n = Factores

Q_j = Cantidad de productos o servicios producidos j.

V_i = Cantidad de recurso utilizado i.

8.2.2. ORDEN DE PLAZO DE EJECUCIÓN (ORDER LEAD TIME (OLT) POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Este indicador tiene por objeto controlar el tiempo de espera que se establece para el cumplimiento de un proceso determinado, es decir el tiempo que transcurre desde la fecha en que se recibe la orden (fecha ingreso de la orden) hasta la fecha de entrega del producto final solicitado por el cliente (fecha deseada).

Ecuación Cálculo de OLT

$$\text{OLT} = \text{Fecha deseada} - \text{Fecha de ingreso de la orden}$$

(ec. 8.2)

Fuente: “Elaboración propia”

8.3 SOFTWARE ARENA® 12.0

Software Arena®, propiedad de la empresa americana Rockwell Automation que en la versión 12.0 material de estudiante facilita el uso de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad en su lenguaje, y otorga una gran cantidad de información sobre el modelo presentado, lo que se traduce en un mejor análisis de los procesos que se llevan a cabo en el sistema.

Software Arena® 12.0, brinda información sobre cada línea de espera, la cual están denominadas con un nombre respectivamente. Además, cuenta con la ventaja de que la mayoría de sus acumuladores estadísticos están contenidos en su programación. Son éstas particularidades, las que han ratificado el uso de ésta herramienta de simulación.

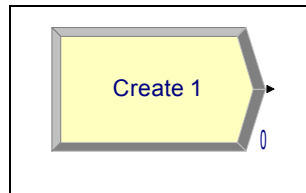
Arena® software tiene la ventaja de contar con diversos módulos que se unen a través de un conector, los cuales cumplen la función de representar los procesos dentro del modelo, y que a su vez, cumplen distintos roles. Algunos de éstos módulos del Basic Process son: *Create, Dispose, Process, Decide*.

8.3.1 DESCRIPCIÓN DE MÓDULOS LÓGICOS DE SOFTWARE ARENA®

A continuación se describirán las funciones que cumplen cada uno de los módulos más comunes utilizados del Basic Process en simulación.

Modulo Create (crear): Utilizado para dar inicio en un proceso de simulación. En éste módulo se deberán detallar parámetros como por ejemplo, nombre de la entidad, unidad de tiempo del proceso, cantidad de entidades que ingresan al proceso.

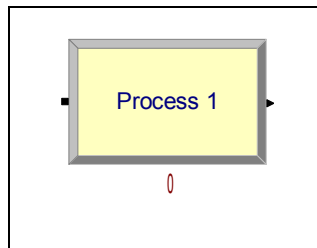
Figura 8.3.1: Módulo Create



Fuente: “Elaboración propia”

Módulo Process (proceso): Utilizado con el fin de involucrar a las entidades en la utilización de recurso(s), en la demora que se genera por procesamiento y la liberación del recurso(s) cuando corresponda. En éste módulo se deberán detallar parámetros como por ejemplo, nombre del proceso, recurso(s) utilizados, tipo de proceso, unidad de tiempo del proceso.

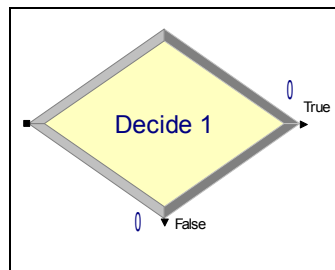
Figura 8.3.2: Módulo Process



Fuente: “Elaboración propia”

Módulo Decide (decidir): Utilizado con el fin de direccionar el flujo de las entidades de acuerdo a la regla de decisión basada en probabilidades de ocurrencia. En éste módulo se deberán detallar parámetros como por ejemplo, cantidades de posibilidades, porcentaje de ocurrencia de la probabilidad entre 0 y 100.

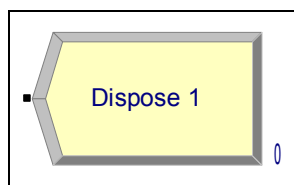
Figura 8.3.3: Módulo Decide



Fuente: “Elaboración propia”

Módulo Dispose (término/salida): Utilizado para finalizar un proceso de simulación y para representar la salida de las entidades del sistema. En éste módulo se deberá detallar sólo el nombre de la entidad saliente.

Figura 8.3.4: Módulo Dispose



Fuente: “Elaboración propia”

CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO SITUACIÓN ACTUAL A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE DESEMPEÑO DRIVER LTDA. (KPI'S 2013)

9. PROCESO SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y ASESORÍAS TÉCNICAS

9.1 AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SERVICIOS (índice de desempeño N° P27). Ver anexo I.

Para obtener la productividad promedio diremos que Driver Ltda., utiliza “n” factores con los cuales elaboran “m” servicios.

Según ésta notación, la productividad promedio de la Empresa en un periodo cualquiera, que denominamos P_0 , será:

PRODUCTIVIDAD

$$P_0 = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Fuente: “Elaboración propia”

Dónde:

Q_j = Cantidad de servicios producidos j.

V_i = Cantidad de recurso i, en horas hombre (HH)

Tabla 9.1.1: Índice de Productividad promedio Servicios de Mantenimiento

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (SERV PROD/HH)
ENERO	0,036
FEBRERO	0,026
MARZO	0,042
ABRIL	0,047
MAYO	0,052
JUNIO	0,054
JULIO	0,049
AGOSTO	0,052
SEPTIEMBRE	0,044
OCTUBRE	0,041
NOVIEMBRE	0,039
DICIEMBRE	0,041

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 9.1.1: Productividad Servicios de Mantenimiento



Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 9.1.2: Índice de Productividad promedio Servicios de Asesorías

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (SERV PROD/HH)
ENERO	0,120
FEBRERO	0,077
MARZO	0,134
ABRIL	0,125
MAYO	0,111
JUNIO	0,090
JULIO	0,073
AGOSTO	0,099
SEPTIEMBRE	0,085
OCTUBRE	0,089
NOVIEMBRE	0,073
DICIEMBRE	0,063

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 9.1.2: Productividad Servicios de Asesorías



Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 9.1.3: Índice de Productividad promedio Servicios Combustible

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (SERV PROD/HH)
ENERO	0,045
FEBRERO	0,049
MARZO	0,038
ABRIL	0,036
MAYO	0,048
JUNIO	0,054
JULIO	0,047
AGOSTO	0,047
SEPTIEMBRE	0,053
OCTUBRE	0,083

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 9.1.3: Productividad Servicios Combustible



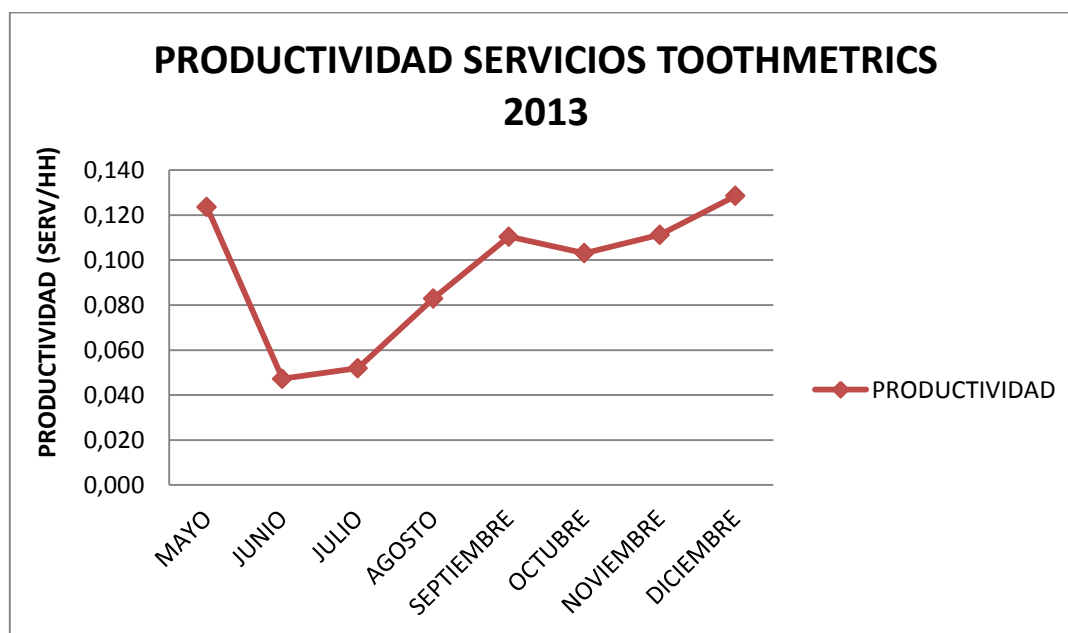
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 9.1.4: Índice de Productividad promedio Servicios Toothmetrics

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (SERV PROD/HH)
ENERO	0,000
FEBRERO	0,000
MARZO	0,000
ABRIL	0,000
MAYO	0,124
JUNIO	0,047
JULIO	0,052
AGOSTO	0,083
SEPTIEMBRE	0,110
OCTUBRE	0,103
NOVIEMBRE	0,111
DICIEMBRE	0,129

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 9.1.4: Productividad Servicios Toothmetrics



Fuente: "Elaboración propia"

10. PROCESO DE REPARACIONES DE COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS

10.1 DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Componentes Reparados (días), año 2013

(índice de desempeño N° P22). Ver anexo I.

Ecuación Cálculo de OLT

$$\text{OLT} = \text{Fecha deseada} - \text{Fecha de ingreso de la orden}$$

Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 10.1.1: Eficacia Proceso Reparación de Componentes (Tarjetas Electrónicas)

TARJETAS ELECTRÓNICAS (2013)			
MES	LEAD TIME PROMEDIO (Días)	LEAD TIME (Meta ≤ 33 días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	85,93	0	87%
FEBRERO	77,58	0	76%
MARZO	57,98	0	100%
ABRIL	94,00	0	100%
MAYO	60,85	0	100%
JUNIO	61,00	0	0%
0JULIO	61,00	0	-
AGOSTO	49,00	0	100%
SEPTIEMBRE	68,00	0	100%
OCTUBRE	68,00	0	-
NOVIEMBRE	68,00	0	-
DICIEMBRE	42,00	0	100%

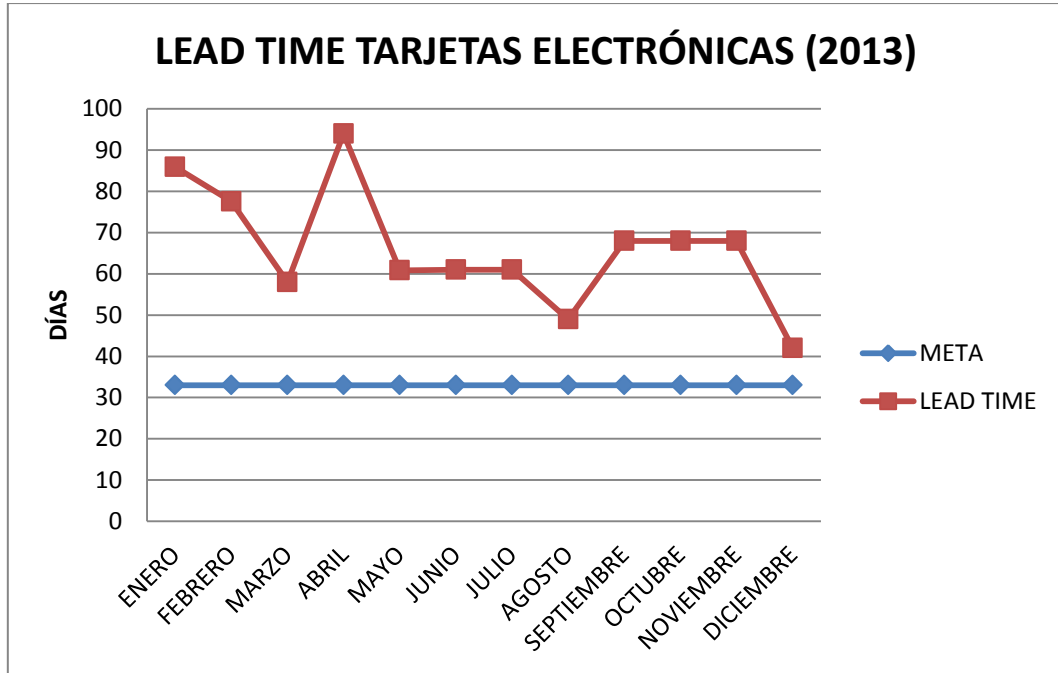
Fuente: “Elaboración propia”

Acotación:

SI CUMPLE: 1

NO CUMPLE: 0

Gráfico 10.1.1: LEAD TIME Promedio Proceso de Reparación (Tarjetas Electrónicas)



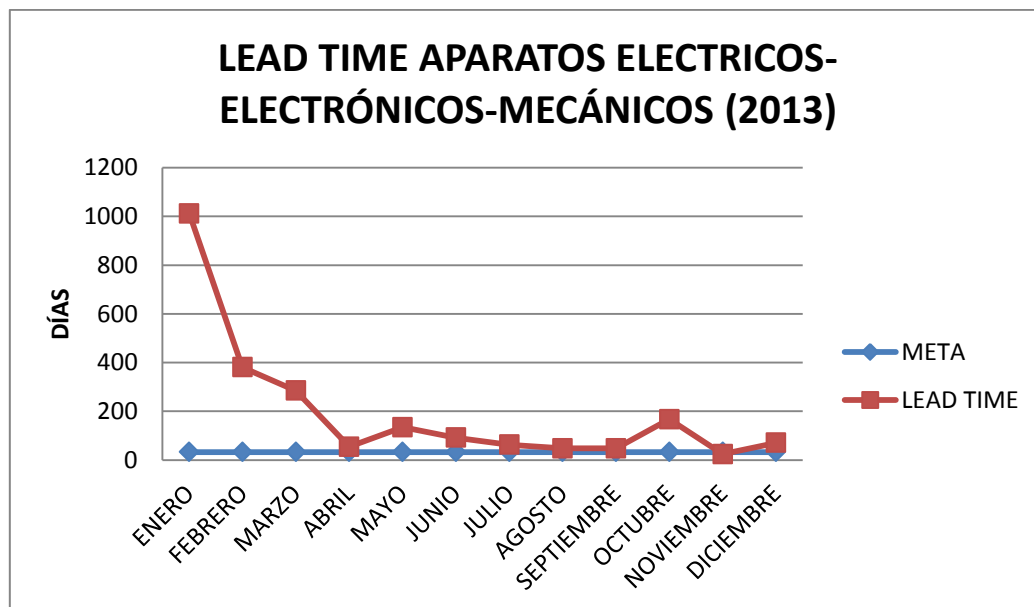
Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 10.1.2: Eficacia Proceso Reparación de Componentes (Aparatos Eléctricos-Electrónicos-Mecánicos)

Aparatos Eléctrico-electrónico-Mecánico (2013)			
MES	LEAD TIME PROMEDIO (Días)	LEAD TIME (Meta ≤ 33 días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	1012,00	0	0%
FEBRERO	381,00	0	75%
MARZO	285,00	0	80%
ABRIL	54,42	0	79%
MAYO	134,25	0	25%
JUNIO	91,67	0	67%
JULIO	63,00	0	0%
AGOSTO	48,00	0	50%
SEPTIEMBRE	48,00	0	-
OCTUBRE	167,33	0	33%
NOVIEMBRE	24,33	1	33%
DICIEMBRE	71,00	0	0%

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.1.2: LEAD TIME Promedio Proceso de Reparación (Aparatos Eléctricos-Electrónicos-Mecánicos)



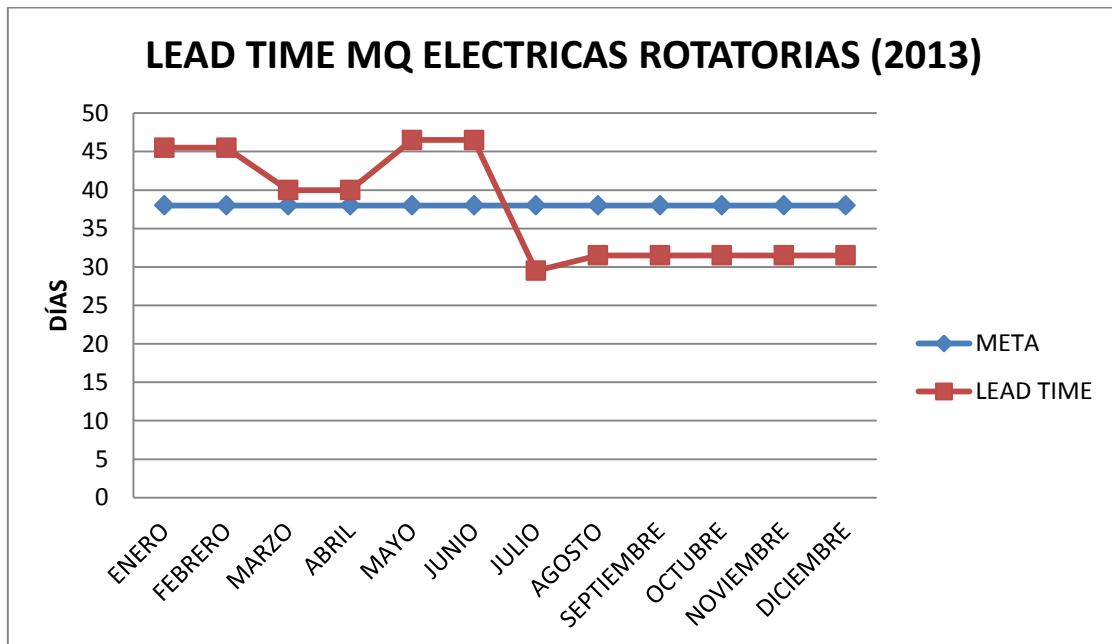
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.1.3: Eficacia Proceso Reparación de Componentes (Máquinas Eléctricas Rotatorias)

MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATORIAS (2013)			
MES	LEAD TIME PROMEDIO (Días)	LEAD TIME (Meta ≤ 38 días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	45,50	0	100%
FEBRERO	45,50	0	-
MARZO	40,00	0	100%
ABRIL	40,00	0	-
MAYO	46,50	0	100%
JUNIO	46,50	0	-
JULIO	29,50	1	100%
AGOSTO	31,50	1	100%
SEPTIEMBRE	31,50	1	-
OCTUBRE	31,50	1	-
NOVIEMBRE	31,50	1	-
DICIEMBRE	31,50	1	-

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.1.3: LEAD TIME Promedio Proceso de Reparación (Máquinas Eléctricas Rotatorias).



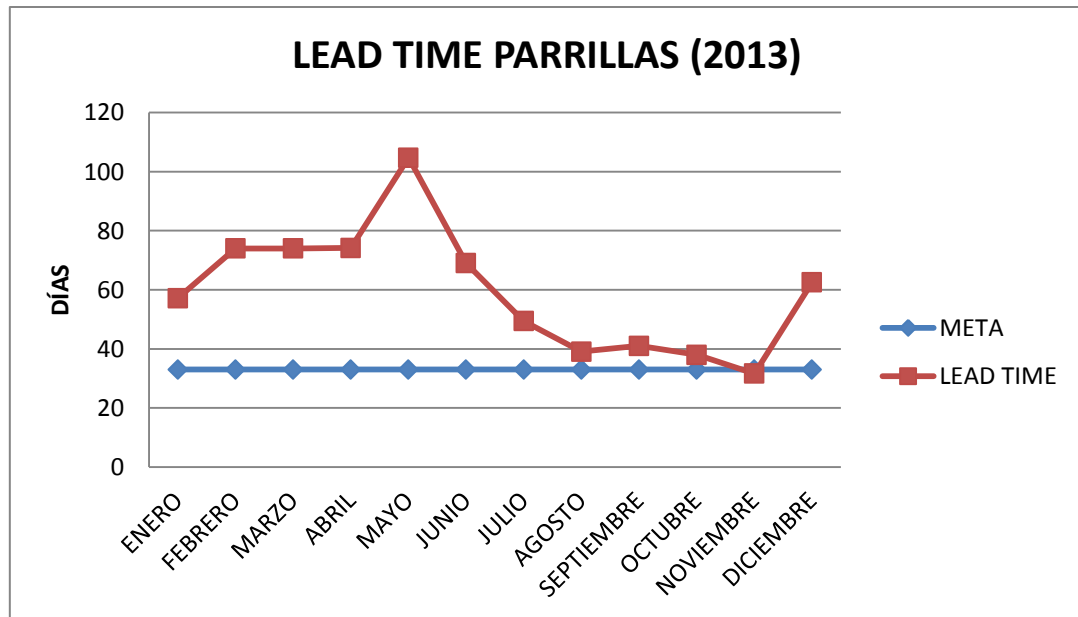
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.1.4: Eficacia Proceso Reparación de Componentes (Parrillas).

PARRILLAS (2013)			
MES	LEAD TIME PROMEDIO (Días)	LEAD TIME (Meta ≤ 33 días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	57,14	0	29%
FEBRERO	74,00	0	0%
MARZO	74,00	0	-
ABRIL	74,16	0	37%
MAYO	104,73	0	0%
JUNIO	69,05	0	37%
JULIO	49,42	0	58%
AGOSTO	39,06	0	94%
SEPTIEMBRE	41,00	0	67%
OCTUBRE	38,00	0	68%
NOVIEMBRE	31,67	1	33%
DICIEMBRE	62,52	0	9%

Fuente: “Elaboración propia”

Gráfico 10.1.4: LEAD TIME Promedio Proceso de Reparación (Parrillas).



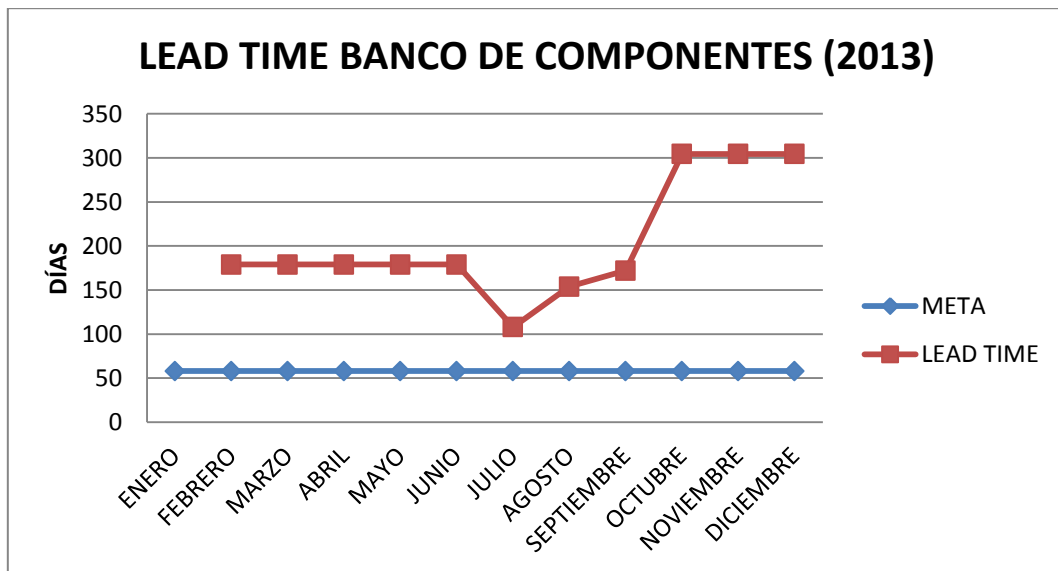
Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 10.1.5: Eficacia Proceso Reparación de Componentes (Banco de Componentes)

BANCO COMPONENTE (2013)			
MES	LEAD TIME PROMEDIO (Días)	LEAD TIME (Meta ≤ 58 días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	-	-	-
FEBRERO	179,00	0	0%
MARZO	179,00	0	-
ABRIL	179,00	0	-
MAYO	179,00	0	-
JUNIO	179,00	0	-
JULIO	108,00	0	100%
AGOSTO	154,00	0	0%
SEPTIEMBRE	172,00	0	0%
OCTUBRE	304,50	0	0%
NOVIEMBRE	304,50	0	-
DICIEMBRE	304,50	0	-

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.1.5: LEAD TIME Promedio Proceso de Reparación (Banco de Componentes)



Fuente: "Elaboración propia"

**10.2 AUMENTO PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE REPARACIONES
(UNID REP/HH) (Índice de desempeño N° P24). Ver anexo I.**

La productividad promedio en un período cualquiera, que denominamos P_0 , será:

$$P_0 = \frac{\sum_{j=1}^m UR_j}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Fuente: "Elaboración propia"

Dónde:

UR_j = Cantidad de unidad reparada j

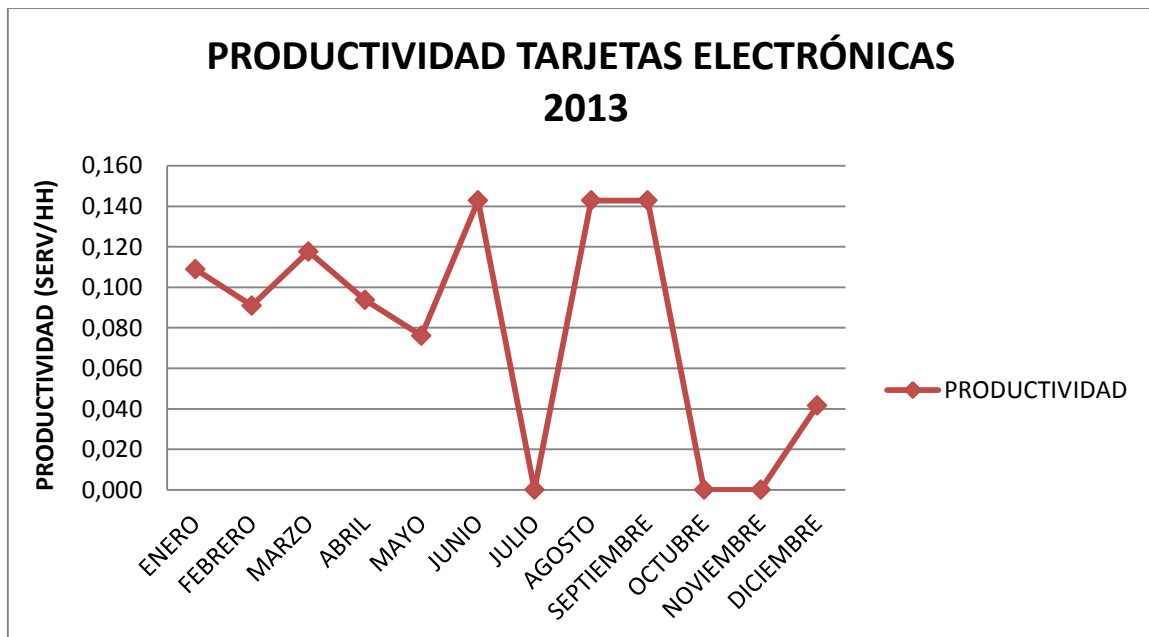
V_i = Cantidad de recurso i, en horas hombre (HH)

Tabla 10.2.1: Índice de Productividad promedio (Tarjetas Electrónicas)

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (UNID REP/HH)
ENERO	0,109
FEBRERO	0,091
MARZO	0,118
ABRIL	0,094
MAYO	0,076
JUNIO	0,143
JULIO	-
AGOSTO	0,143
SEPTIEMBRE	0,143
OCTUBRE	-
NOVIEMBRE	-
DICIEMBRE	0,042

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.2.1: Productividad Reparaciones (Tarjetas Electrónicas)



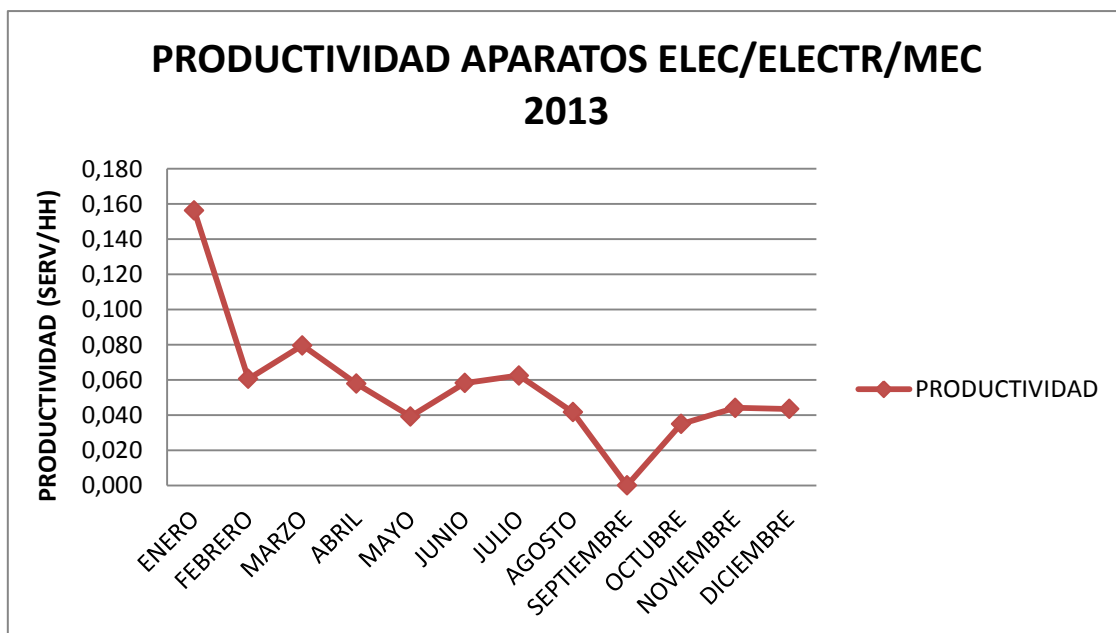
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.2.2: Índice de Productividad promedio (Aparatos Eléctricos-Electrónicos-Mecánicos)

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (UNID REP/HH)
ENERO	0,156
FEBRERO	0,061
MARZO	0,080
ABRIL	0,058
MAYO	0,039
JUNIO	0,058
JULIO	0,063
AGOSTO	0,042
SEPTIEMBRE	-
OCTUBRE	0,035
NOVIEMBRE	0,044
DICIEMBRE	0,043

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.2.2: Productividad Reparaciones (Aparatos Eléctricos / Electrónicos / Mecánicos)



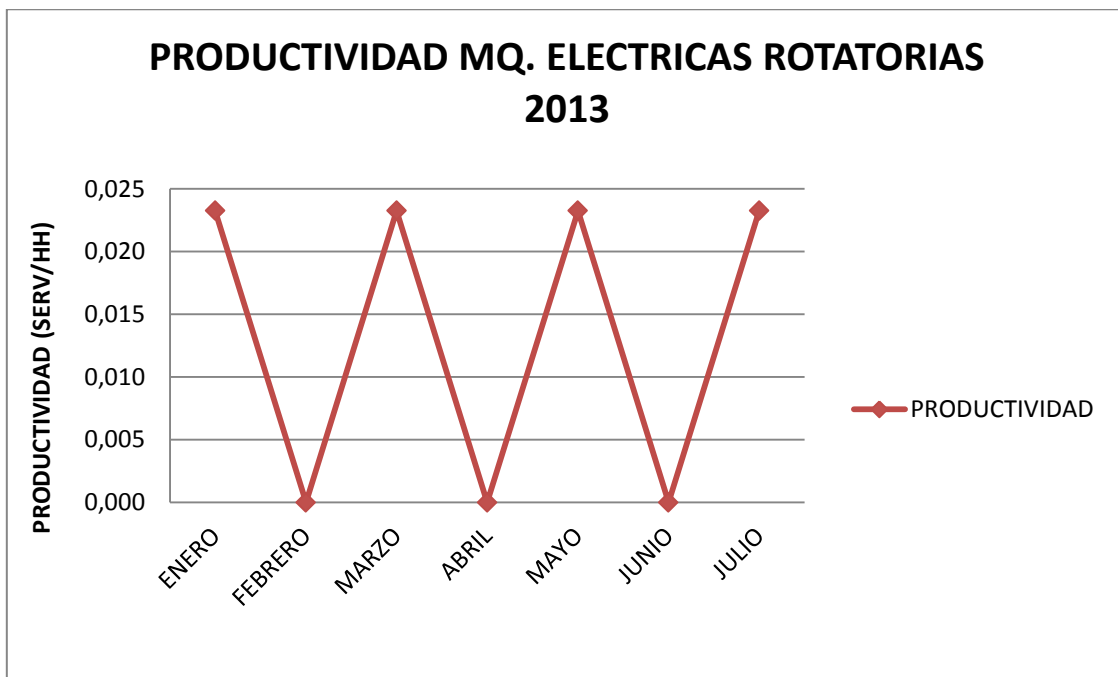
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.2.3: Índice de productividad promedio (Máquina Eléctrica Rotatoria)

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (UNID REP/HH)
ENERO	0,023
FEBRERO	-
MARZO	0,023
ABRIL	-
MAYO	0,023
JUNIO	-
JULIO	0,023
AGOSTO	-
SEPTIEMBRE	-
OCTUBRE	-
NOVIEMBRE	-
DICIEMBRE	-

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.2.3: Productividad Reparaciones (Máquina Eléctrica Rotatoria)



Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.2.4: Índice de productividad promedio (Parrillas)

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (UNID REP/HH)
ENERO	0,125
FEBRERO	0,125
MARZO	-
ABRIL	0,125
MAYO	0,125
JUNIO	0,125
JULIO	0,114
AGOSTO	0,125
SEPTIEMBRE	0,125
OCTUBRE	0,100
NOVIEMBRE	0,100
DICIEMBRE	0,100

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.2.4: Productividad Reparaciones (Parrillas)



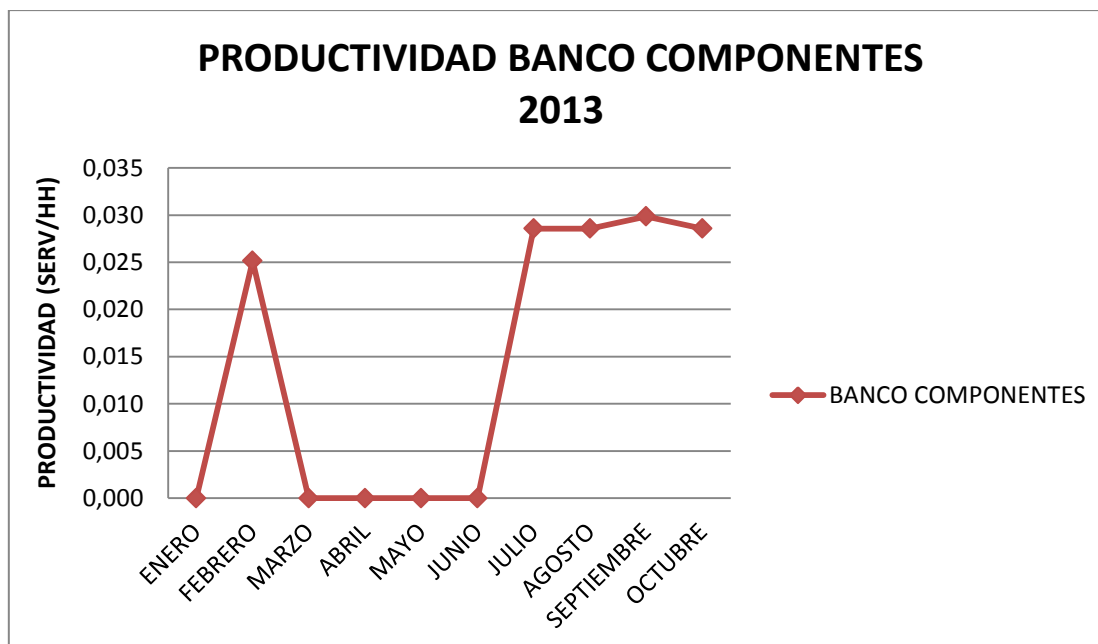
Fuente: "Elaboración propia"

Tabla 10.2.5: Índice de productividad promedio (Banco de Componentes)

MES	PRODUCTIVIDAD PROMEDIO (UNID REP/HH)
ENERO	-
FEBRERO	0,025
MARZO	-
ABRIL	-
MAYO	-
JUNIO	-
JULIO	0,029
AGOSTO	0,029
SEPTIEMBRE	0,030
OCTUBRE	0,029

Fuente: "Elaboración propia"

Gráfico 10.2.5: Productividad Reparaciones (Banco Componentes)



Fuente: "Elaboración propia"

11. PROCESO SERVICIO DE VENTA

11.1. DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Productos Vendidos, año 2013.

Tabla 11.1.1: Eficacia Proceso de Ventas.

VENTAS 2013			
MES	LEAD TIME PROMEDIO	CUMPLIMIENTO (Meta ≤ 15 Días)	CUMPLIMIENTO ENTREGA (Meta ≥ 95%)
ENERO	0,00	-	-
FEBRERO	23,00	0	100%
MARZO	7,00	1	100%
ABRIL	16,50	0	83,33%
MAYO	27,50	0	100%
JUNIO	33,17	0	66,67%
JULIO	37,83	0	66,67%
AGOSTO	23,00	0	100%
SEPTIEMBRE	42,00	0	100%
OCTUBRE	30,33	0	66,67%
NOVIEMBRE	24,67	0	100%
DICIEMBRE	35,67	0	100%

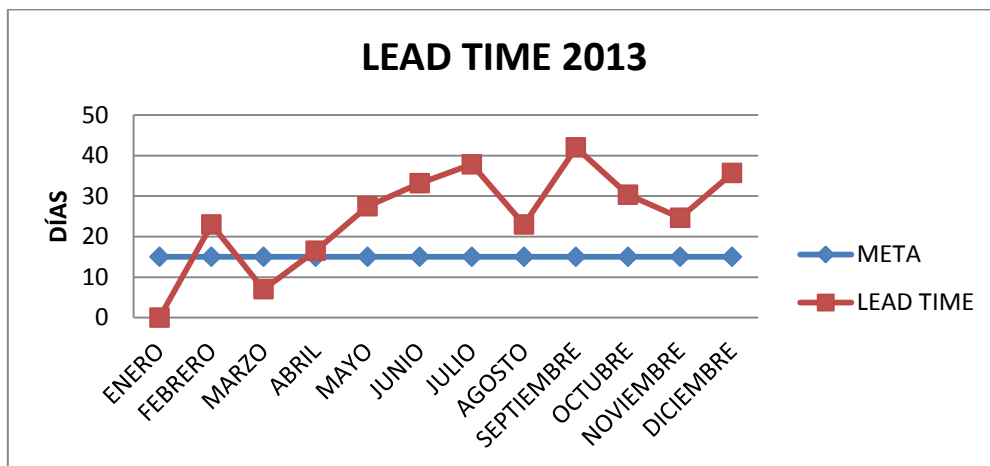
Fuente: "Elaboración propia"

Acotación 1:

SI CUMPLE: 1

NO CUMPLE: 0

Gráfico 11.1.1: LEAD TIME promedio Proceso de Ventas.



Fuente: "Elaboración propia"

12. PROCESO DE COMPRAS

12.1 DISMINUCIÓN DEL LEAD TIME de Solicitudes de Compras (días), año 2013.

Tabla 12.1.1: Eficacia Lead Time Proceso de Compras.

COMPRAS 2013		
MES	LEAD TIME PROMEDIO	CUMPLIMIENTO (Meta ≤ 15 días)
ENERO	16	0
FEBRERO	13	1
MARZO	18	0
ABRIL	17	0
MAYO	15	1
JUNIO	14	1
JULIO	26	0
AGOSTO	21	0
SEPTIEMBRE	23	0
OCTUBRE	12	1
NOVIEMBRE	23	0
DICIEMBRE	22	0

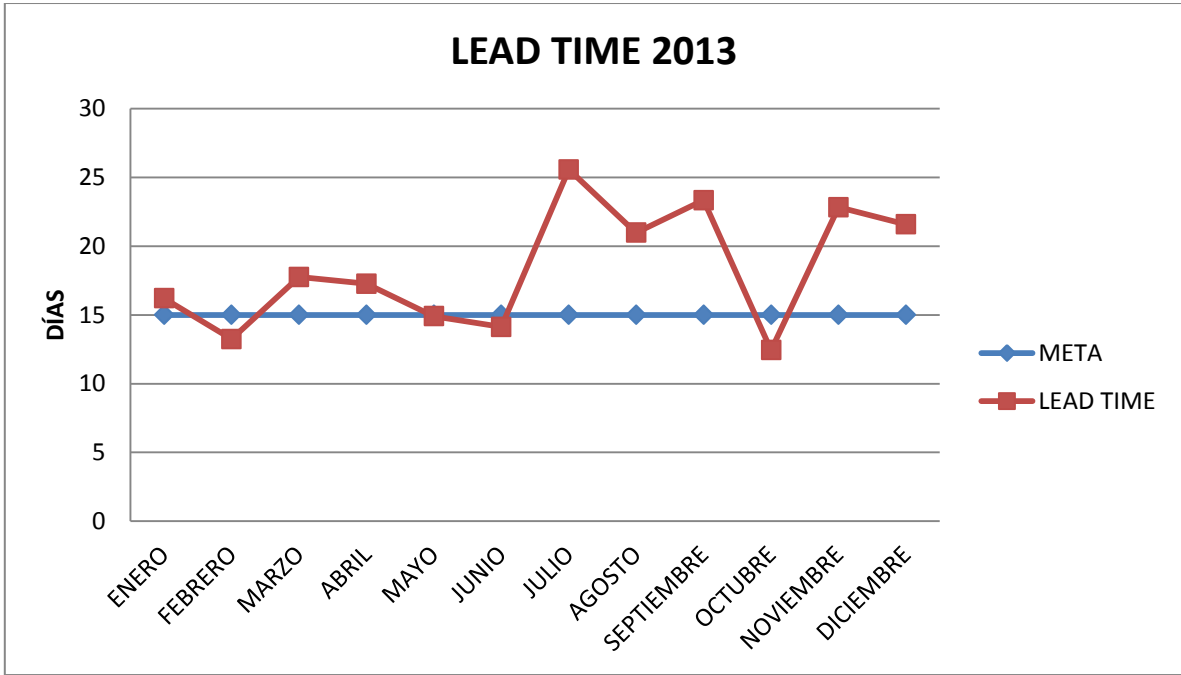
Fuente: "Elaboración propia"

Acotación 1:

SI CUMPLE: 1

NO CUMPLE: 0

Gráfico 12.1.1: LEAD TIME Proceso de Compras.



Fuente: “Elaboración propia”

13. ACOTACIONES

Se precisa que para la medición del Lead Time promedio (días) en reparación para los distintos componentes se establece una meta de entrega final del producto dependiente directamente de los requerimientos establecidos por el cliente que fluctúan entre 33 y 38 días respectivamente, con excepción del banco de componentes que por temas de repuestos importados Driver otorga una holgura de 3 semanas adicionales para la entrega final del producto.

Además se debe señalar que el presente trabajo de título se centrará principalmente en un subproceso del lead time definido en la empresa, éste es el porcentaje de cumplimiento de entrega de los servicios que tiene como meta un 95% anual.

14. CONCLUSIÓN CAPÍTULO

En el presente capítulo se realizó la medición de desempeño correspondiente al año 2013 de las unidades de negocio productivas como servicios de mantenimiento, reparaciones de componentes y ventas, adicionando a ello el área de apoyo de compras de la empresa Driver Ltda. El objetivo de dicho estudio fue evidenciar el comportamiento actual de los procesos involucrados en cada unidad.

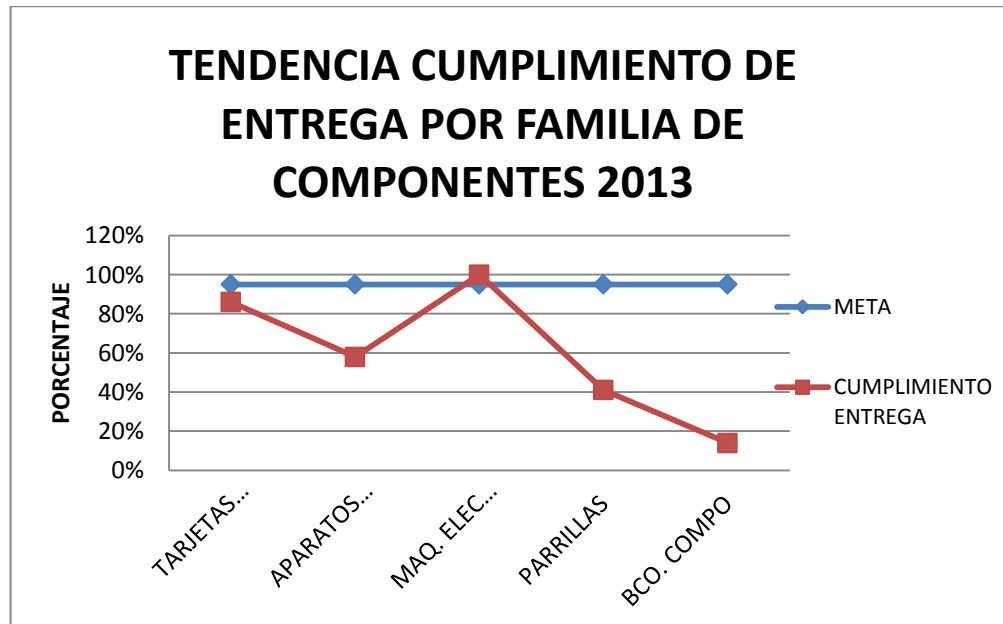
El estudio se basó en la medición de los indicadores de desempeño como la productividad y medición del lead time centrado principalmente en el cumplimiento de entrega, es éste el indicador que según los objetivos organizacionales establecidos por Driver Ltda., presenta mayores desviaciones. Esto queda demostrado en la tabla 14.1.

Tabla 14.1: Porcentaje de cumplimiento anual reparaciones por familias de componentes (índice de desempeño N° C8). Ver anexo I.

FAMILIA DE COMPONENTES	META \geq 95% DE CUMPLIMIENTO ANUAL	PORCENTAJE ACTUAL DE CUMPLIMIENTO ANUAL
Tarjetas Electrónicas	95%	86%
Aparatos eléctricos-Electrónicos-Mecánicos	95%	58%
Máquinas Eléctricas Rotatorias	95%	100%
Parrillas	95%	41%
Banco de Componente	95%	14%

Fuente: "Elaboración Propia"

Gráfico 14.1: Tendencia del cumplimiento de tiempos de entrega por familia de componentes.



Fuente: "Elaboración Propia"

Por ello, se propone a la empresa Driver Ltda., realizar un estudio particular del comportamiento de un nuevo sistema para mejorar e incrementar la vida útil de sus camiones. La finalidad es lograr prever la factibilidad, eficacia, eficiencia y encontrar un orden sistemático en sus procesos con el fin de generar óptimas operaciones en su totalidad según los recursos, restricciones y realidades propias que presenta la empresa.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE ESTRATEGIA PARA PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES

15. PROPUESTA ESTRATÉGICA

15.1 ANTECEDENTES

Esta propuesta ofrecerá soporte para los servicios a la empresa Electrónica Industrial Driver Ltda., para que logre la mejora en los tiempos de entrega de servicios o productos a sus clientes.

15.2 OBJETIVO

Teniendo como evidencia que los problemas que afectan a la empresa se enfocan principalmente en el cumplimiento de tiempos de entrega de los servicios ofrecidos al cliente, es que se ha propuesto como principal objetivo diseñar una estrategia de planificación de operaciones (paso a paso) que deberá ser validada mediante implementación tecnológica a través de herramienta de simulación logrando obtener una visión macro y micro del estudio de un sistema en particular.

Más profundamente:

Factores que afectan en la Eficiencia y Eficacia

- Dotación de personal calificado
- Insumos necesarios (materiales, herramientas, maquinaria, repuestos)
- Planificación del servicio (interno y cliente)
- Inducción al personal

15.3 ALCANCES DEL PROYECTO

PROCEDIMIENTOS	FORMA	MEDIO	ALCANCE PROYECTO
1.- Cliente solicita servicio	Licitación / cotización	Qmarket	Fuera del alcance
2.- Recepción del requerimiento	Evaluar factibilidad de ejecución	Si/No	Fuera del alcance
3.- Evaluación técnica-económica	Informe	Qmarket	Fuera del alcance
4.- Envío cotización cliente	Presupuesto	Qmarket	Fuera del alcance
5.- Verificar existencia de recursos	Cotejar	Designación	Primer alcance del proyecto
6.- Generar solicitud de compra	Particular	Manager	Fuera del alcance
7.- Cotizar proveedores	Particular	Manager	Fuera del alcance
8.- Generar orden de compra	Contabilidad y finanzas	Manager	Fuera del alcance
9.- Recepción y revisión de insumos	Chequeo	Dependencias Driver	Fuera del alcance
10.- planificación servicio interno con línea de mando	Reuniones de coordinación	Presencial	Segundo alcance del proyecto
11.- Planificación servicio cliente	Reuniones de coordinación	Presencial	Tercer alcance del proyecto
12.- Inducción a personal	ODI	Presencial	Cuarto alcance del proyecto
13.- Entrega del servicio a cliente	Reuniones de coordinación	Presencial	Fuera del alcance

Fuente: “Elaboración Propia”

15.3.1 DESCRIPCIÓN DE ALCANCES INVOLUCRADOS EN PROYECTO

Primer Alcance: Verificar existencias de recursos

En su defecto en ésta etapa, se asumirá que para dar comienzo a cualquiera sea el servicio que se prestará, se deberán contar con todos los insumos tangibles y dotación de personal necesarios para la puesta en marcha estipulados en la evaluación técnica. Estos serán:

- Dotación de personal certificado y calificado
- Tiempos
- Materiales
- Maquinaria
- Herramientas
- Elementos de protección personal (EPP)

Segundo Alcance: Planificación servicio interno

Esta etapa tiene por objeto organizar las actividades involucradas en la ejecución de los trabajos. Dicha planificación se realizará en conjunto con línea de mando, perteneciente al área de operación del requerimiento solicitado por el cliente.

En base al conocimiento y la experiencia se deberán enumerar las actividades a realizar, de manera tal, que la ejecución de los procesos sea de la manera más eficiente y eficaz posible, un ejemplo de ello se precia en la figura 15.3.1

Figura 15.3.1: “Ejemplo de planificación servicio interno”

Ítem	Descripción	Tiempo
1	Retiro de material	a
2	Aspirado y Limpieza	b
3	Realizar Pruebas	c
4	Sellar	d
5	Instalar	e
6	Tapizar	f
7	Instalar	g
8	Cambiar	j
9	Reparar	k

Fuente: “Elaboración propia”

En cuanto a la especificación de los tiempos, se puede contar con dos posibles alternativas. La primera es que las actividades que se deban ejecutar pertenezcan a un sistema existente y conocido, en el cual se tendrán precedentes de datos teóricos, prácticos y por ende parámetros comparativos que servirán como antecedentes para estipular los tiempos de procesamiento, en cambio en una segunda alternativa en donde se necesite experimentar con sistemas que aún no existan a modo de prever el posible comportamiento, los tiempos se fundarán en estimaciones otorgadas por el personal basados en la experiencia y en el conocimiento. Es necesario precisar que además se deberán considerar los tiempos destinados a colación del personal, tiempos para completar documentos exigibles en ámbitos legales (AST, PT, Check List) y para reuniones dedicadas a oratoria de seguridad.

Tercer Alcance: Planificación servicio con cliente

En el caso que el servicio requiera de la colaboración tanto de insumos como en la ejecución de los trabajos, se deberá coordinar previamente con el cliente.

Cuarto Alcance: Inducción al personal

Una vez definidas las actividades de trabajo a realizar, otorgado el direccionamiento y contando con todos los recursos, se realiza una inducción al personal acerca de lo planificado, asegurando que el trabajo se realice sin accidentes y técnicamente efectivo.

15.4 SEGURIDAD

El empleador tiene la obligación de informar (ODI) los riesgos a los cuales el trabajador estará sometido cuando realice la actividad, para lo cual se debe dar a conocer por medio de la herramienta WRAC – Workplace Risk Assessment and Control (Evaluación y Control de riesgos en el lugar de trabajo) y eventualmente asegurarse por medio de una prueba escrita que la información transmitida ha sido comprendida. En la figuras 15.4.1, 15.4.2, 15.4.3 se ejemplificarán eventos no deseados, WRAC y matriz de riesgos asociados.

Figura 15.4.1: “Ejemplo de Eventos No deseados”

ETAPAS DEL PROCESO	ENERGIAS	EVENTOS NO DESEADOS
Inspección pre-uso camioneta	Potencial	Caida a mismo nivel
	Cinetica	Vehiculo en movimiento
	Acustica	Impacto de Rayo
	Termica	Condiciones ambientales Frio / Calor
	Quimica	Incendio de Neumatico
	Humana Muscular	Error Humano
	Presión	Neumaticos Presurizados
	Radiación No Ionizante	UVA / UVB

Fuente: “Elaboración propia”

Figura 15.4.2: “Ejemplo de Matriz WRAC”

ETAPA DE LA TAREA	EVENTO NO DESEADO	CONTROLES EXISTENTES	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
Traslado de los equipos al lugar de trabajo.	1.- Caídas a igual y/o distinto nivel. 2.- Exposición a ruido. 3.- Carga suspendida. 4.- Golpeado por. 5.- Atrapamiento. 6.- Exposición a Polvo (Silicosis)	1.- Pasillos expeditos, Estado de las barandas de las escalas y piso. 2.- Uso de protector auditivo adosado al casco. 3.- Transitar por pasillos demarcados, Atento al aviso de carga suspendida. 4.- Bloqueo de equipos y area de trabajo. 5.- Atento a las condiciones del lugar, no exponerse a la linea de fuego. 6.- Bloqueo de equipos y area de trabajo. Verificación de energia cero en conjunto con electrico de turno planta. 7.- Uso de guantes de cabritilla. 8.- Mascarilla Filtro Polvo y Gases , Examens Anuales de condiciones fisicas (ACHS).	1.- Poco probable (2). 2.- Poco probable (2). 3.- Poco probable (2). 4.- Poco probable (2) 5.- Poco probable (2) 6.- Posible (3)	1.- Media (3) 2.- Menor (2) 3.- Media (3) 4.- Media (3) 5.- Media (3) 6.- Baja (2)	MEDIO (9)

Fuente: “Elaboración propia”

Figura 15.4.3: “Matriz de riesgos asociados”

Tipo de Impacto (Frente a otro "Tipo de Impacto" Identificado y evaluado)		CONSECUENCIA				
		1 Leve	2 Baja	3 Media	4 Alta	5 Mayor
(S) Daño a las Personas - Seguridad		Primeros Auxilios	Tratamiento Médico	Lesión con tiempo perdido	Discapacidad permanente o muerte	Varias discapacidades permanentes o múltiples muertes
(SO) Daño a las Personas - Salud Ocupacional		Exposición a peligros para la salud que tiene como resultado dolencias leves	Exposición a peligros para la salud que tiene como resultado síntomas que requieren intervención médica y recuperación completa (sin tiempo perdido)	Exposición a peligros para la salud / agentes (sobre el OEL) que tiene como resultado un impacto reversible para la salud (con tiempo perdido) o cambio permanente sin ninguna discapacidad o pérdida de calidad de vida.	Exposición a peligros para la salud / agentes (significativamente sobre el OEL) que tiene como resultado un impacto irreversible para la salud con pérdida de calidad de vida (discapacidad permanente) o una muerte.	Exposición a peligros para la salud / agentes (significativamente sobre el OEL) que tiene como resultado un impacto irreversible para la salud con pérdida de calidad de vida de un grupo numeroso o población o múltiples muertes.
(IA) Impacto Ambiental		Con una duración de días o menos; limitado a un área pequeña (metros); receptor de baja importancia/sensibilidad (área industrial).	Con una duración de semanas; área reducida (cientos de metros); sin especies/hábitat ambientalmente sensibles.	Con una duración de meses; impacto en un área extendida (kilómetros); áreas con algún grado de sensibilidad ambiental (ambiente escaso/valioso).	Con una duración de años; impacto en la cuenca; ambiente/receptor ambientalmente sensible (especies /hábitats en peligro).	Impacto permanente; afecta a toda una cuenca o región; ambiente altamente sensible (especies en peligro, humedales, hábitats protegidos).
(C) Impacto Social / a la Comunidad		Perturbación leve de las estructuras cultural o social.	Ciertos impactos en la población local, en su mayor parte reparables. Reclamo de parte interesada en periodo de informe.	Conflictos sociales en curso. Reclamos aislados de miembros de la comunidad/partes interesadas.	Impactos sociales importantes. Protestas organizadas de la comunidad que amenazan la continuidad de las operaciones.	Impactos sociales graves ampliamente generalizados. Reacción de la comunidad que afecta la continuidad del negocio: "Licencia para Operar" en peligro
(L&R) Legal y Reglamentario		Incumplimiento técnico. Sin llamado de atención de la autoridad no requiere informe reglamentario.	Infracción a los requisitos reglamentarios; informe/participación de la autoridad. Atrae multas administrativas.	Infracción leve a la ley; informe /investigación de la autoridad. Atrae compensación/penalidades/acciones de la aplicación de la ley.	Infracción de la ley; puede traer procesamiento criminal de la compañía y/o de los directores/gerentes. Además penalidades/acción de aplicación de la ley. Licencia individual temporalmente revocada.	Infracción importante de la ley. Demandas judiciales de acción de persona o clase de procesamiento criminal de los directores /gerentes de la compañía. Pleito contra la compañía principal; permiso para operar modificado sustancialmente o revocado.
(M) Perdidas materiales/Daños/Interrupción del negocio		<0.01% de ingreso anual/total de los activos	0.01 - 0.1% de ingreso anual/total de los activos	0.1 - 1.0% de ingreso anual/total de los activos	1 - 5% de ingreso anual/total de los activos	> 5% de ingreso anual/total de los activos
(R) Impacto en Reputación		Impacto leve: conocimiento/preocupación de personas específicas.	Impacto limitado; preocupación/reclamos de grupos/organizaciones específicas (por ejemplo ONG)	Impacto local; preocupación pública/publicidad negativa localizada en comunidades vecinas.	Presunto daño a la reputación; preocupación y reacciones del público /regional.	Apreciable daño a la reputación; atención pública y repercusiones nacional/ internacional.
PROBABILIDAD		Clasificación del Riesgo del evento (1)				
Considerar la presencia y magnitud del peligro y la exposición a dicho peligro (cantidad de personas y frecuencia de las tareas que exponen esas personas) al igual que el estado de los controles existentes.		1	2	3	4	5
5 Casi seguro	Es casi seguro que se producirá el evento en la vida de la mina. En el caso de tareas repetitivas/frecuentes en evento no deseado se ha producido se producirá en el orden de una o mas veces al año	5 11(M)	16(I)	20(I)	23(A)	25(A)
4 Probable	Hay una alta probabilidad de que el evento no deseado se produzca en la vida de la mina. En el caso de tareas repetitivas /frecuentes, el evento no deseado se ha producido o es posible que se produzca al menos 1 vez por año.	4 7(M)	12(M)	17(I)	21(A)	24(A)
3 Posible	Es posible que el evento no deseado se produzca en la vida de la mina. En el caso de tareas repetitivas /frecuentes, el evento no deseado se ha producido o es posible que se produzca una vez cada 5 a 10 años.	3 4(B)	8(M)	13(I)	18(I)	22 (A)
2 Poco probable	Hay una baja probabilidad de que el evento no deseado se produzca en la vida de la mina. En el caso de tareas repetitivas /frecuentes, el evento no deseado se ha producido o es posible que se produzca una vez cada 10 a 20 años.	2 2(B)	5(B)	9(M)	14(I)	19(I)
1 Inusual	Hay una muy baja probabilidad de que el evento no deseado se produzca en la vida de la mina. En el caso de tareas repetitivas /frecuentes, no hay registros que se haya producido el evento o es altamente improbable que se produzca en los siguientes 20 años.	1 1(B)	3(B)	6(M)	10(M)	15(I)
(1) LA clasificación de riesgos no indica aceptabilidad de riesgos; todos los riesgos deben reducirse a ALARP. Tan bajo como sea razonablemente practicable.						
Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo	Pautas para la Matriz de Riesgos				
21 a 25	(A) - Alto	Eliminar, evitar, implementar procedimientos y planes de acción específicos para administrar y monitorear				
13 a 20	(I) - Importante	Administrar proactivamente				
6 a 12	(M) - Medio	Administrar activamente				
1 a 5	(B) - Bajo	Administrar y monitorear apropiadamente				

Fuente: “Elaboración propia”

CAPÍTULO V: LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA ESTUDIO CASO REAL (MANTENIMIENTO CABINA OPERADOR Y GABINETES PARA CAMIONES MINEROS)

La implementación de ésta tecnología busca ver si los recursos asociados son suficientes para el cumplimiento de plazos de entrega de los servicios ofrecidos al cliente y junto con ello analizar y optimizar los procesos en caso que sea requerido.

En una primera etapa se realizará el levantamiento del sistema, lo que será acotado mediante la construcción de diagramas de flujo que de acuerdo a la topología de la herramienta de simulación, como es el Software Arena[®] nos otorgará dirección a nuestro sistema. Es muy importante que la construcción de dichos diagramas sea de manera correcta, debido a que el paso del mismo al lenguaje de programación se realizará de manera rápida y simple.

Como segunda etapa se deberán considerar las realidades y restricciones propias de dicho sistema, éstas serán:

- Propósito del trabajo.
- Alcances.
- Restricciones
- Modo de operar trabajos (simultáneos e indistintamente).
- Recursos asociados (recurso humano, tiempo global del sistema y tiempo a cada proceso, maquinaria, herramientas, repuestos).
- Análisis de los procesos.
- Comportamiento global del sistema condicionado a supuestos previos.
- Optimización de los procesos, si es requerido.

Una vez concluida la realización de la propuesta estratégica, se dará paso de manera experimental a la aplicación de ésta mediante la simulación con Software Arena[®], idealmente se realizará con el estudio de un caso real, con el cual se pretende saber si al aplicar la estrategia propuesta con cada punto descrito anteriormente y con la correcta utilización de recursos disponibles se logra el cumplimiento de los plazos de

entrega ofrecidos al cliente. Además como el sistema que se estudiará aún no existe, su factibilidad será traducida a una nueva oportunidad de negocio.

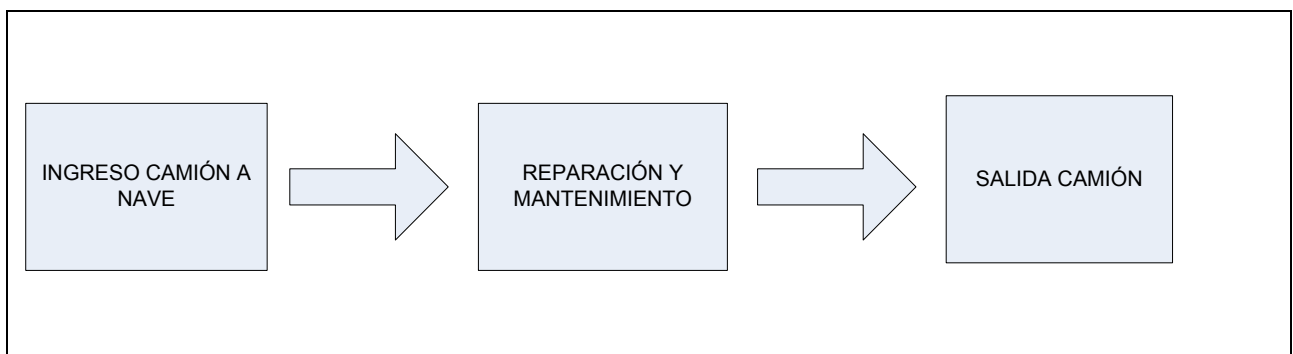
16. LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA

Para el levantamiento de los distintos procesos involucrados en el mantenimiento de camiones mineros, se realizó la construcción de una serie de diagramas de flujo, lo que permitirá direccionar y condicionar el flujo que debe seguir una entidad por el sistema que está en estudio.

Respecto a los trabajos involucrados tienen como propósito incrementar la vida útil del camión y ambiente físico del operador, los trabajos comprenden el mantenimiento preventivo de siete camiones mineros en un total de 49 días promedio, es decir un camión por semana, el cual será realizado con una dotación de cuatro técnicos calificados (electromecánicos) con turno 7x7 de 10 horas diarias considerando horas de colación, charlas diarias, análisis seguro de trabajo (AST), permiso de trabajo (PT) y Check List, centrando principalmente sus actividades en el mantenimiento de la cabina del operador, gabinete control y potencia, gabinete sistema 24 volts.

Los diagramas de flujo describen los trabajos que intervienen en sus distintos ámbitos al camión de la industria minera. Estas se inician con el ingreso del camión a la nave con requerimientos de mantenimiento (cabina, G.C.P y gabinete sistema de 24 volts), para luego liberarlo, como se puede apreciar en el diagrama de la figura 16.

Figura 16: Diagrama de flujo básico de entrada y salida del sistema



Fuente: "Elaboración Propia"

16.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El sistema contempla que sólo un camión podrá permanecer detenido en las naves por temas de mantenimiento, efectuando los trabajos antes mencionados simultáneamente, con recursos independientes y considerando que dicho sistema constará con todos los insumos y recursos necesarios para su correcta ejecución. Es por ello que tanto para los procesos de mantenimiento de cabinas y para los gabinetes se realizaron modelos diferentes.

Los trabajos de mantenimiento cabina, referida principalmente al control de la cantidad de ruido, polvo y confort del operador, es efectuada de manera simultánea a las operaciones de mantenimiento G.C.P y gabinete 24 volts.

El mantenimiento de la cabina será realizada por dos técnicos, la duración será de siete días en promedio para la habilitación completa. En cuanto al mantenimiento del gabinete control y potencia será realizado por otros dos técnicos. Posteriormente, se procederá a la puesta en marcha, entrega del servicio y liberación del camión.

Tabla 16.1: Cantidad de días destinados en cada operación

DÍAS	MANT. CABINA	MANT. G.C.P	MANT. GAB. 24 VOLTS
1	↓	↓	
2	↓	↓	
3	↓	↓	
4	↓	↓	
5	↓		↓
6	↓		↓
7	↓		↓

Fuente: "Elaboración Propia"

Las actividades de trabajos y tiempos involucrados son datos otorgados por los trabajadores y se hace preciso señalar que dichos datos se basan en estimaciones dadas al conocimiento que se tiene del camión. Las siguientes tablas muestran la distribución de las actividades de trabajo y tiempos involucrados en ellas.

Tabla 16.2: Mantenimiento Cabina Operador

Ítem	Descripción	Tiempo Mín. [hrs]	Tiempo Máx. [hrs]
1	Retiro de material antiguo y dañado	6	10
2	Aspirado y Limpieza interior cabina	3	5
3	Realizar Prueba de Hermeticidad	6,5	10
4	Sellado grietas y aberturas (si aplica)	6	8
5	Instalación de Radio Musical	2	4
6	Tapizado interior cabina	8	10
7	Instalación de Torpedo (panel)	8	10
8	Instalación Asiento Operador	4,25	6
9	Instalación de Puertas	2	3
10	Cambiar Goma de Piso	5	7
11	Cambiar Burletes (puertas, ventanas y vidrios)	4	5

Fuente: "Elaboración Propia"

Tabla 16.3: Mantenimiento Gabinetes (Control y Potencia, 24Volts)

Ítem	Descripción	Tiempo Mín. [hrs]	Tiempo Máx. [hrs]
1	Limpiar G.C.P y Banco de Parrilla	2	4
2	Realizar Mediciones G.C.P (Ω ; $M\Omega$)	3	5
3	Cambiar Parrillas (si aplica)	4	6
4	Inspeccionar cables y componentes G.C.P	1	2
5	Cambiar cables y/o componentes G.C.P (si aplica)	2	3
6	Cambiar Puerta G.C.P	4	6
7	Realizar Prueba de Hermeticidad	6	8
8	Sellar grietas y aberturas (si aplica)	3	4
9	Codificación de Cables	3	5
10	Cambiar Puerta G 24V	2	4
11	Limpieza de Gabinete 24 V	1	2
12	Inspeccionar cables y componentes G 24V	1	2
13	Cambiar cables y/o componentes G 24V (si aplica)	2	3
14	Cambiar Burletes y Sellar Gabinete 24V	3	4
15	Codificación de Cables Gabinete 24V	3	5

Fuente: "Elaboración Propia"

CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE ESTRATEGIA EN CASO REAL (DESARROLLO DEL MODELO PRÁCTICO EN SOFTWARE ARENA®)

En éste capítulo se expresará la forma de proceder para desarrollar el modelo de simulación mediante el Software Arena® 12.0, en versión estudiante.

El proceso comenzó con el levantamiento mediante diagramas de flujo de los procesos involucrados en el mantenimiento cabina del operador, gabinete control y potencia, gabinete sistema 24 volts (ver anexos II y III).

17. TOPOLOGÍA DEL MODELO

Para lograr la construcción del modelo de simulación óptimo y que represente las operaciones antes mencionadas, significó realizar una serie de diagramas de flujo en forma sistemática con su respectiva asociación de datos, que identificase en una gran mayoría los procesos involucrados en cada operación.

Para ello se requirió la utilización de los distintos módulo lógicos que brinda software Arena®, como: *Create* (crear), *Decide* (decidir), *Process* (proceso) y *Dispose* (término/salida). La tabla 17.1 resume el tipo y la cantidad de utilización de los diversos módulos respectivamente.

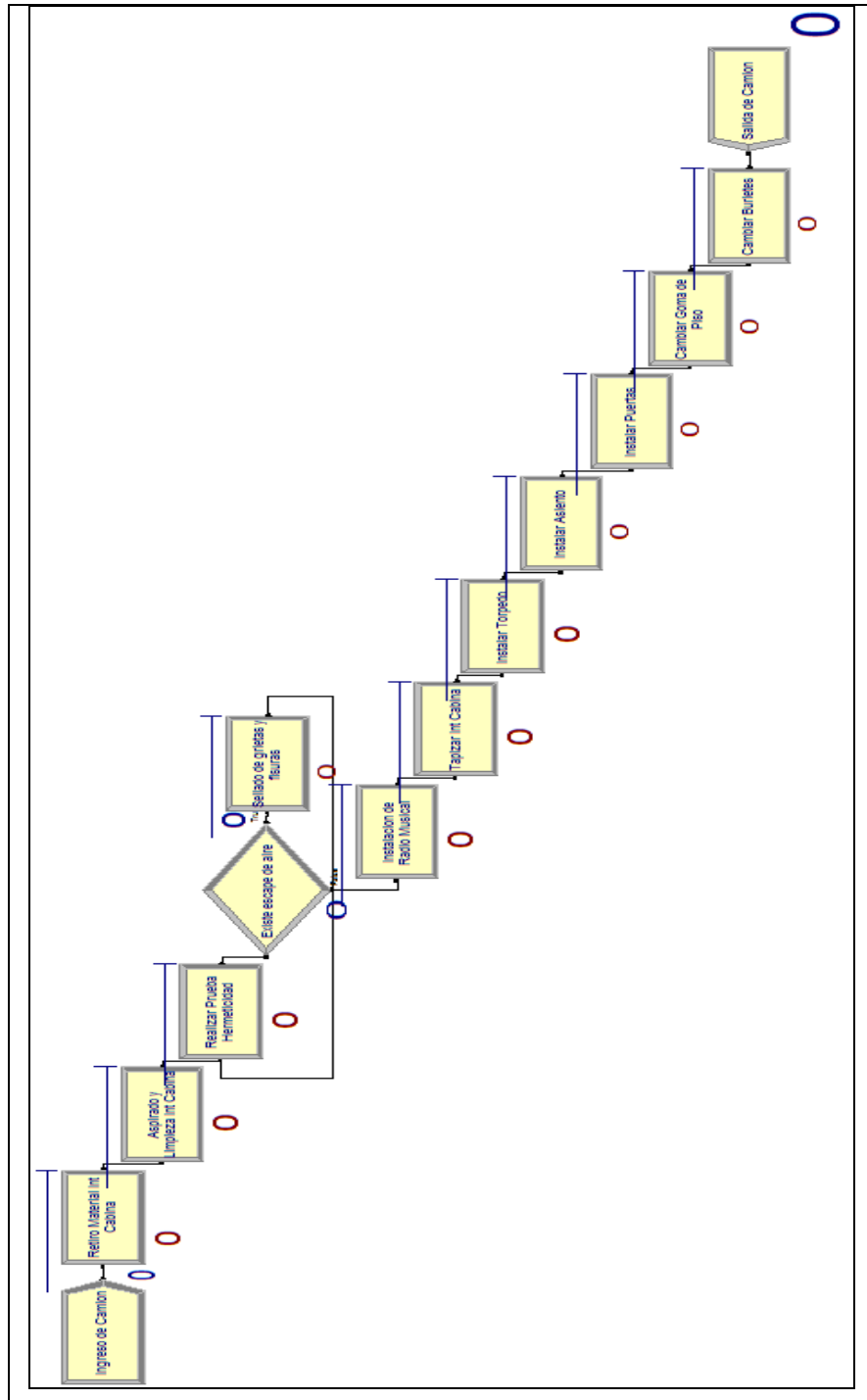
Tabla 17.1: Cantidad de utilización de módulos lógicos.

MÓDULOS LÓGICOS	Mantenimiento Cabina	Mantenimiento Gabinetes
Create	1	1
Process	11	15
Decide	1	4
Dispose	1	1

Fuente: "Elaboración Propia"

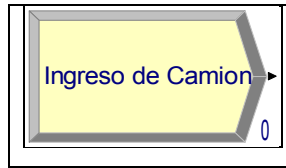
17.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS LÓGICOS DE SIMULACIÓN “MANTENIMIENTO CABINAS DE OPERADOR”.

Simulación 1: Diagrama de procesos con Software Arena®



Fuente: “Elaboración Propia”

Módulo Create “Ingreso de camión”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo “*Create*” (crear) se utilizó con el fin de representar los ingresos de los camiones al sistema en la simulación. En la figura 17.1.1 se aprecia la descripción de cómo se llenaron los datos del módulo.

Figura 17.1.1: Descripción del Módulo Lógico “*Create*”

La imagen muestra un diálogo de configuración con el título "Create". Los campos de configuración son:

- Name:** Ingreso de Camión
- Entity Type:** Camion
- Time Between Arrivals:**
 - Type:** Constant
 - Value:** 7
 - Units:** Days
- Entities per Arrival:** 1
- Max Arrivals:** 7
- First Creation:** 0.0

En la parte inferior del diálogo hay tres botones: OK, Cancel y Help.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Entity type: Tipo de entidad, en el caso particular de estudio corresponde a camión.

Type: Tipo de distribución, que para el caso particular en estudio es una distribución constante.

Value: Corresponde al valor del tipo de distribución, en el caso de estudio corresponde al valor 7, representando a siete camiones a realizar mantenimiento.

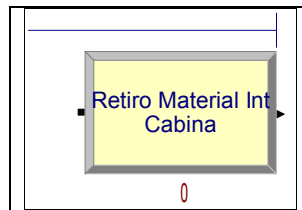
Units: Unidad de tiempo del proceso. Días.

Entities per Arrival: Cantidades que ingresan al sistema a la vez. Un camión.

Max per Arrival: Máximo de entidades que ingresan al sistema. Siete camiones

First Creation: Corresponde al tiempo en que la primera entidad entra al sistema.

Módulo Process “Retiro de Material interior Cabina”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo “Process” (proceso) tiene por objeto involucrar a las entidades en la toma de un recurso, la demora que se genera por procesamiento y la liberación del recurso cuando corresponda.

Figura 17.1.2: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The image shows a 'Process' configuration dialog box. It has a title bar with a question mark and a close button. The main area is divided into sections: 'Name' (Retiro Material Int Cabina) and 'Type' (Standard); 'Logic' (Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)); 'Resources' (Resource, Tecnicos, 1); 'Delay Type' (Uniform), 'Units' (Hours), and 'Allocation' (Value Added); 'Minimum' (6) and 'Maximum' (10); and a checked 'Report Statistics' checkbox. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Retiro Material interior Cabina”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Seis Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Diez horas.

Figura 17.1.3: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

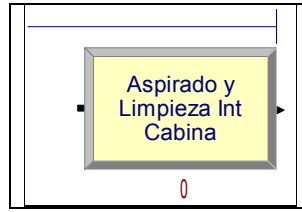
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Aspirado y limpieza interior Cabina”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.4: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

Report Statistics

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Aspirado y limpieza interior cabina”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cinco horas.

Figura 17.1.5: Descripción de “Resources”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Técnicos	Fixed Capacity	2

Fuente: “Elaboración Propia”

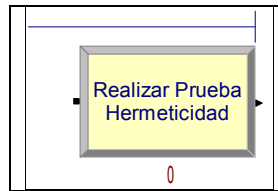
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Realizar prueba de Hermeticidad”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.6: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Realizar Prueba Hermeticidad Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Tecnicos, 1
- <End of list>

Delay Type: Uniform Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: 6.5 Maximum: 10

Report Statistics

OK Cancel Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Realizar prueba de hermeticidad”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Seis y media horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Diez horas.

Figura 17.1.7: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

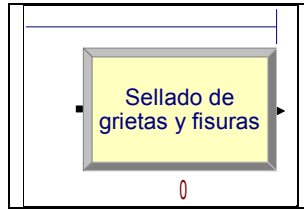
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Sellado de grietas y fisuras”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.8: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Sellado de grietas y fisuras”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Seis horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Ocho horas.

Figura 17.1.9: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Instalación de Radio musical”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.10: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows a dialog box titled "Process" with a purple header bar containing a question mark and a close button. The dialog is divided into several sections:

- Name:** A dropdown menu showing "Instalacion de Radio Musical".
- Type:** A dropdown menu showing "Standard".
- Logic:**
 - Action:** A dropdown menu showing "Seize Delay Release".
 - Priority:** A dropdown menu showing "Medium(2)".
 - Resources:** A list box containing "Resource, Tecnicos, 1" (highlighted in blue) and "<End of list>". To the right of the list are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete".
- Delay Type:** A dropdown menu showing "Uniform".
- Units:** A dropdown menu showing "Hours".
- Allocation:** A dropdown menu showing "Value Added".
- Minimum:** A text input field containing the number "2".
- Maximum:** A text input field containing the number "4".
- Report Statistics:** A checked checkbox.

At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Instalación Radio Musical”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cuatro horas.

Figura 17.1.11: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

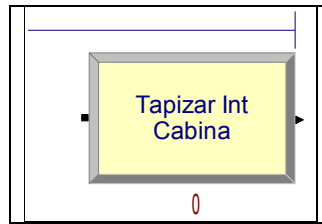
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Tapizar interior cabina”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.12: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is set to 'Tapizar Int Cabina' and the 'Type' is 'Standard'. The 'Logic' section shows 'Action' as 'Seize Delay Release' and 'Priority' as 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, Tecnicos, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' is 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 8 and the 'Maximum' value is 10. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Tapizar interior cabina”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

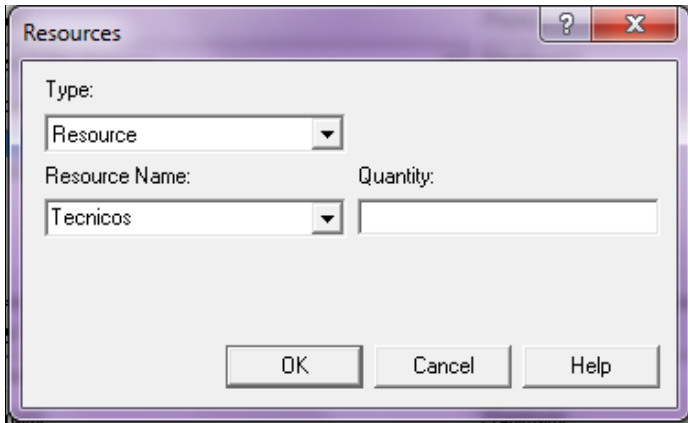
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Ocho horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Diez horas.

Figura 17.1.13: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Instalar torpedo”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.14: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Instalar Torpedo
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, Tecnicos, 1 (selected), <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 8
- Maximum:** 10
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Instalar torpedo”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

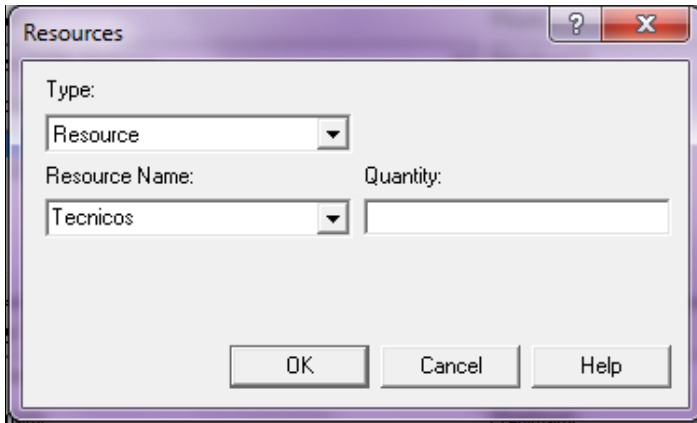
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Ocho horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Diez horas.

Figura 17.1.15: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

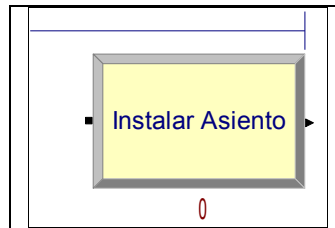
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Instalar asiento”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.16: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the "Process" dialog box in a simulation software. The dialog has a title bar with a question mark and a close button. The main area contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with "Instalar Asiento" selected.
- Type:** A dropdown menu with "Standard" selected.
- Logic:**
 - Action:** A dropdown menu with "Seize Delay Release" selected.
 - Priority:** A dropdown menu with "Medium(2)" selected.
 - Resources:** A list box containing "Resource, Tecnicos, 1" (highlighted) and "<End of list>". To the right of the list are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete".
- Delay Type:** A dropdown menu with "Uniform" selected.
- Units:** A dropdown menu with "Hours" selected.
- Allocation:** A dropdown menu with "Value Added" selected.
- Minimum:** A text input field containing "4.25".
- Maximum:** A text input field containing "6".
- Report Statistics**

At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Instalar asiento”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

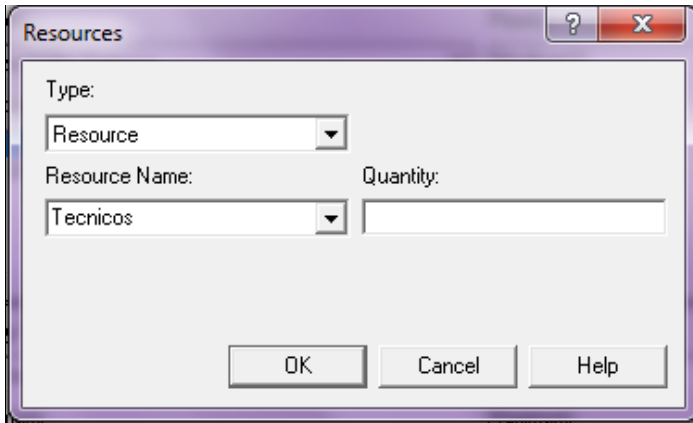
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Cuatro y cuarto horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Seis horas.

Figura 17.1.17: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

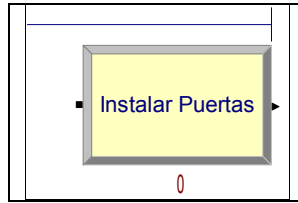
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Instalar puertas”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.18: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows a dialog box titled "Process" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with "Instalar Puertas" selected.
- Type:** A dropdown menu with "Standard" selected.
- Logic:** A section containing:
 - Action:** A dropdown menu with "Seize Delay Release" selected.
 - Priority:** A dropdown menu with "Medium(2)" selected.
 - Resources:** A list box containing "Resource, Tecnicos, 1" (highlighted) and "<End of list>". To the right of the list are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete".
- Delay Type:** A dropdown menu with "Uniform" selected.
- Units:** A dropdown menu with "Hours" selected.
- Allocation:** A dropdown menu with "Value Added" selected.
- Minimum:** A text input field containing the number "2".
- Maximum:** A text input field containing the number "3".
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Instalar puertas”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

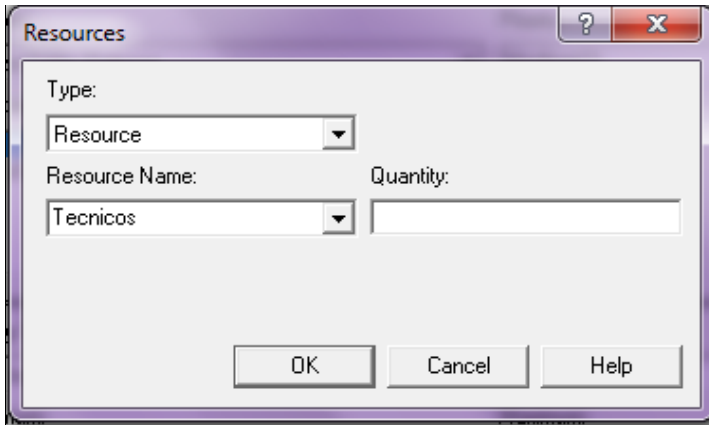
Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Tres horas.

Figura 17.1.19: Descripción de “Resources”



Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Técnicos	Fixed Capacity	2

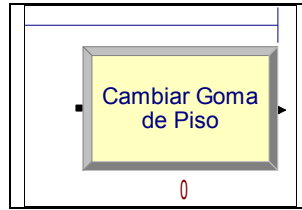
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambiar goma de piso”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.20: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is set to 'Cambiar Goma de Piso' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, Tecnicos, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' is 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 5 and the 'Maximum' value is 7. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambiar goma de piso”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

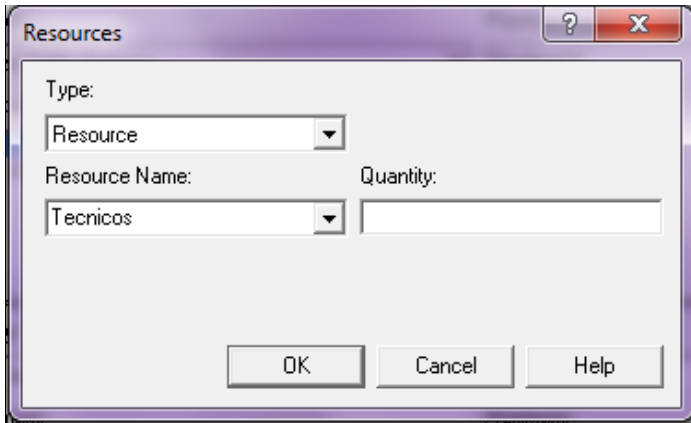
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Cinco horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Siete horas.

Figura 17.1.21: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

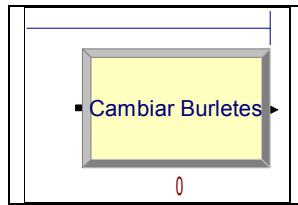
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambiar burletes”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.1.22: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following fields and options:

- Name:** Cambiar Burletes
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, Tecnicos, 1 (selected), <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 4
- Maximum:** 5
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambiar burletes”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

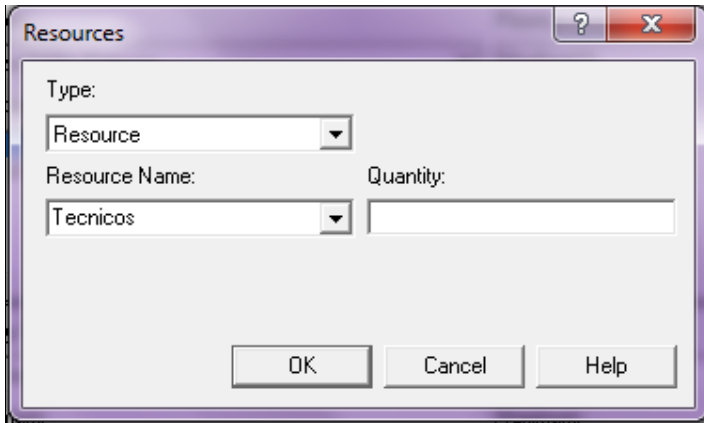
Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Cuatro horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cinco horas.

Figura 17.1.23: Descripción de “Resources”



Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

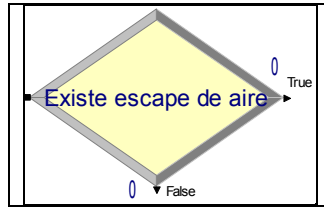
Dónde:

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Decide “Existe escape de aire”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo decide tiene el propósito de direccionar el flujo de las entidades de acuerdo a la regla de decisión basada en probabilidades o porcentajes de ocurrencia de un determinado suceso.

Figura 17.1.24: Descripción del Módulo Lógico “Decide”

Fuente: “Elaboración Propia”

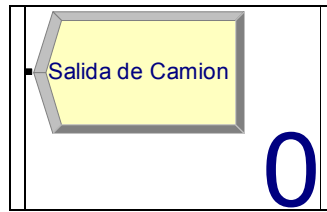
Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Type: Cantidad de posibilidades, dos.

Percent True (0-100): Porcentaje de ocurrencia que suceso sea verdadero. 30%.

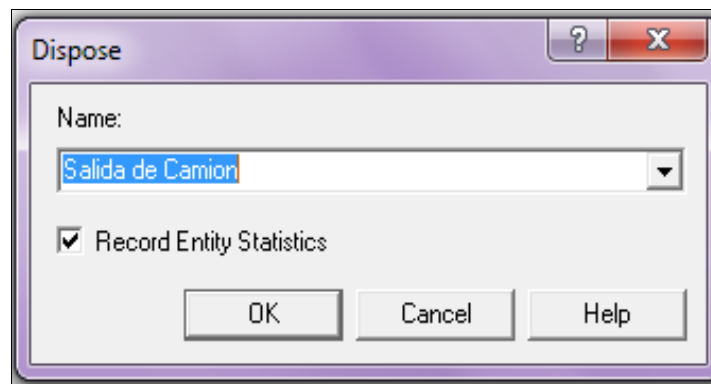
Módulo Dispose “Salida de camión”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo Dispose tiene el propósito de representar las salidas de las entidades (camiones) del sistema y finalizar el proceso de simulación.

Figura 17.1.25: Descripción del Módulo Lógico “Dispose”

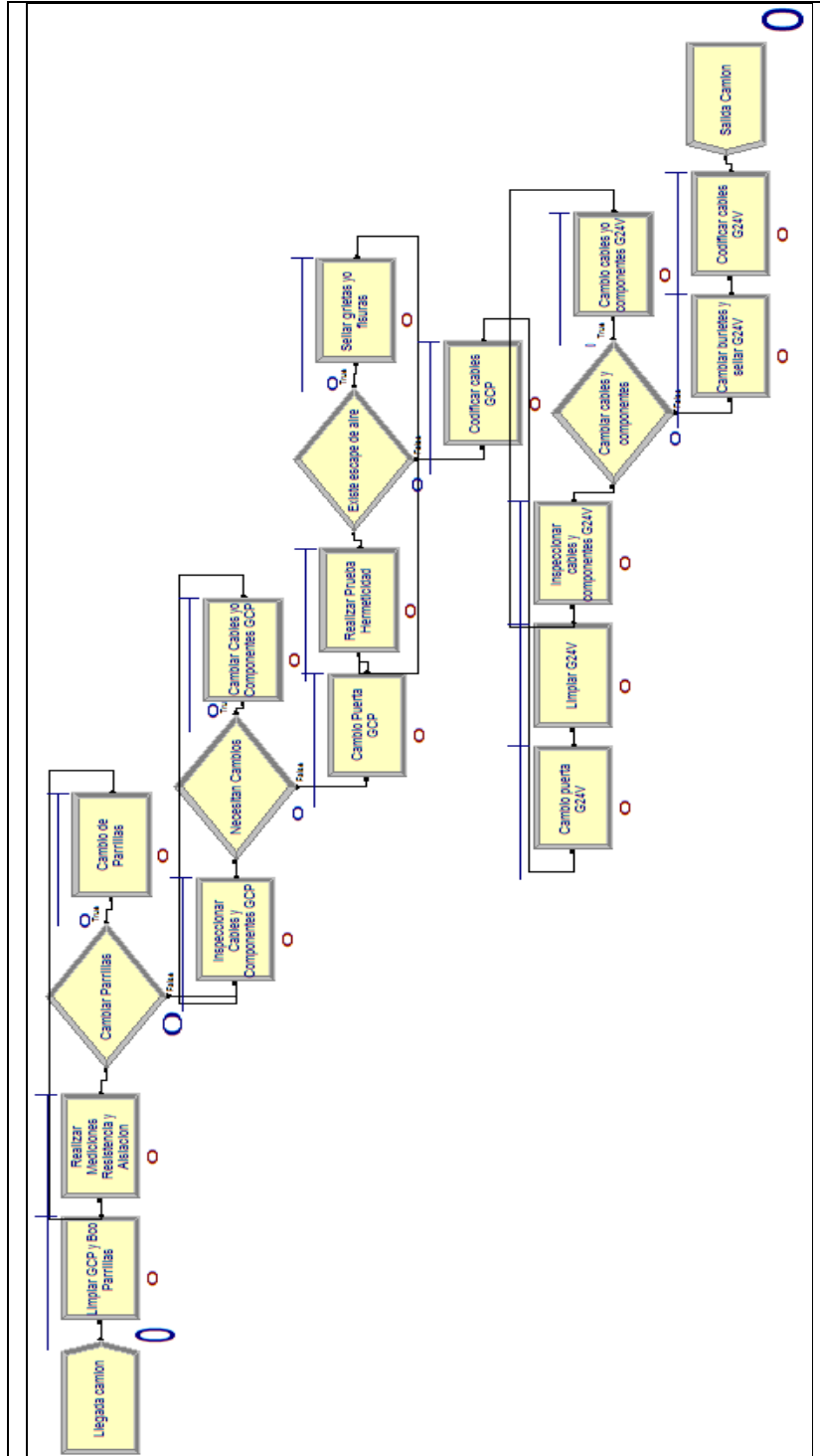


Fuente: “Elaboración Propia”

Name: Nombre de la entidad que sale del sistema.

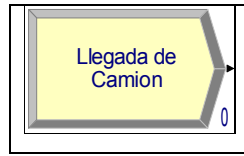
17.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS LÓGICOS DE SIMULACIÓN “MANTENIMIENTO GABINETES” (CONTROL Y POTENCIA; 24 VOLTS)

Simulación 2: Diagrama de procesos con Software Arena®



Fuente: “Elaboración Propia”

Módulo Create “Ingreso de camión”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo “*Create*” (crear) se utilizó con el fin de representar los ingresos de los camiones al sistema en la simulación. Es en la figura 17.2.1 se aprecia la descripción de cómo se llenaron los datos del módulo.

Figura 17.2.1: Descripción del Módulo Lógico “*Create*”

La imagen muestra una ventana de diálogo con el título 'Create'. El campo 'Name' contiene 'Ingreso de Camion' y 'Entity Type' está configurado en 'Camion'. La sección 'Time Between Arrivals' muestra 'Type' como 'Constant', 'Value' como '7' y 'Units' como 'Days'. Los campos 'Entities per Arrival', 'Max Arrivals' y 'First Creation' están configurados con los valores '1', '7' y '0.0' respectivamente. En la parte inferior hay botones para 'OK', 'Cancel' y 'Help'.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Entity type: Tipo de entidad, en el caso particular de estudio corresponde a camión.

Type: Tipo de distribución, que para el caso particular en estudio es una distribución constante.

Value: Corresponde la valor del tipo de distribución, en el caso de estudio corresponde al valor 7, representando a los siete camiones a realizar mantenimiento.

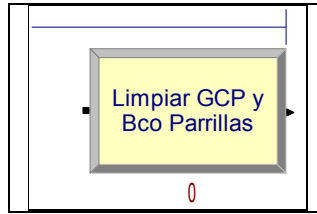
Units: Unidad de tiempo del proceso. Días.

Entities per Arrival: Cantidades que ingresan al sistema a la vez. Un camión.

Max per Arrival: Máximo de entidades que ingresan al sistema. Siete camiones

First Creation: Corresponde al tiempo en que la primera entidad entra al sistema.

Módulo Process “Limpiar Gabinete control y potencia, banco de parrillas”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo “Process” (proceso) tiene por objeto involucrar a las entidades en la toma de un recurso, la demora que se genera por procesamiento y la liberación del recurso cuando corresponda.

Figura 17.2.2: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

Report Statistics

OK Cancel Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Limpiar Gabinete control y potencia, banco de parrillas”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cuatro horas.

Figura 17.2.3: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

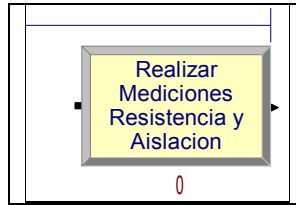
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Realizar mediciones de Resistencia y Aislación”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.4: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource_tecnicos, 1
<End of list>

Add...
Edit...
Delete

Delay Type: Uniform Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: 3 Maximum: 5

Report Statistics

OK Cancel Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Realizar mediciones de Resistencia y Aislación”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cinco horas.

Figura 17.2.5: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

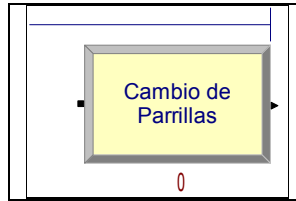
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambio de parrillas”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.6: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is set to 'Cambio de Parrillas' and the 'Type' is 'Standard'. The 'Logic' section shows 'Action' as 'Seize Delay Release' and 'Priority' as 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, tecnicos, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' is 'Hours', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 4 and the 'Maximum' value is 6. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambio de parrillas”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

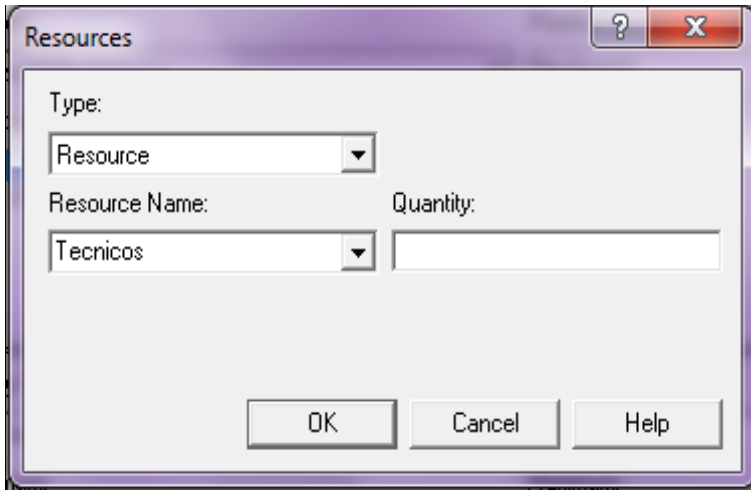
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Cuatro Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Seis horas.

Figura 17.2.7: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

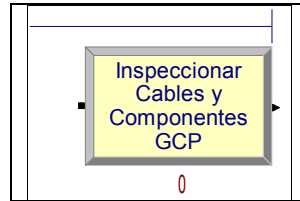
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Inspeccionar cables y componentes de Gabinete control y potencia”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.8: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Inspeccionar Cables y Componentes GCP Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, tecnicos, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Uniform Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: 1 Maximum: 2

Report Statistics

OK Cancel Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Inspeccionar cables y componentes de Gabinete control y potencia”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Una Hora.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Dos horas.

Figura 17.2.9: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

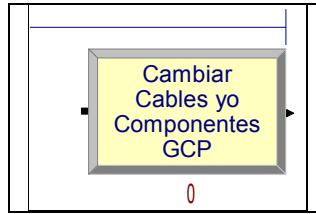
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambiar cables y/o componentes Gabinete control y potencia”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.10: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambiar cables y/o componentes de Gabinete control y potencia”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Tres horas.

Figura 17.2.11: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

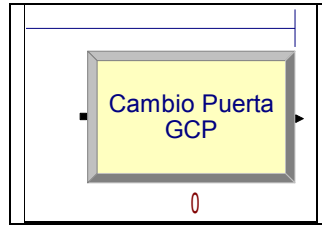
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambio de puerta Gabinete control y potencia”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.12: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambio de puerta Gabinete control y potencia”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Cuatro Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Seis horas.

Figura 17.2.13: Descripción de “Resources”

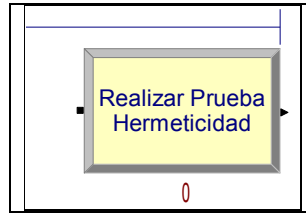
Fuente: “Elaboración Propia”

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Realizar prueba de hermeticidad”

Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.14: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows a dialog box titled "Process" with a purple title bar. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with "Realizar Prueba Hermeticidad" selected.
- Type:** A dropdown menu with "Standard" selected.
- Logic:**
 - Action:** A dropdown menu with "Seize Delay Release" selected.
 - Priority:** A dropdown menu with "Medium(2)" selected.
 - Resources:** A list box containing "Resource, tecnicos, 1" (highlighted in blue) and "<End of list>". To the right of the list are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete".
- Delay Type:** A dropdown menu with "Uniform" selected.
- Units:** A dropdown menu with "Hours" selected.
- Allocation:** A dropdown menu with "Value Added" selected.
- Minimum:** A text input field containing the number "6".
- Maximum:** A text input field containing the number "8".
- Report Statistics**

At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Realizar prueba de hermeticidad”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Seis Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Ocho horas.

Figura 17.2.15: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

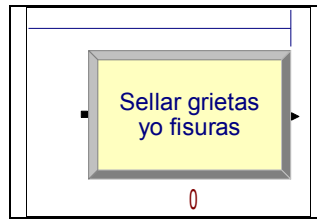
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Sellar grietas y/o fisuras”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.16: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Sellar grietas y/o fisuras
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, tecnicos, 1 (selected), <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 3
- Maximum:** 4
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Sellar grietas y/o fisuras”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cuatro horas.

Figura 17.2.17: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

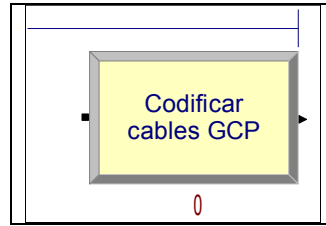
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Codificar cables de Gabinete control y potencia”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.18: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Codificar cables GCP
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, tecnicos, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 3
- Maximum:** 5
- Report Statistics

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help.

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Codificar cables de Gabinete control y potencia”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cinco horas.

Figura 17.2.19: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

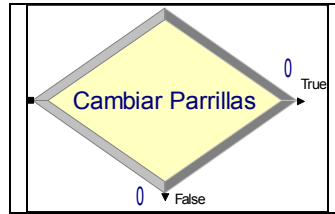
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Decide “Cambiar parrillas”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo decide tiene el propósito de direccionar el flujo de las entidades de acuerdo a la regla de decisión basada en probabilidades o porcentajes de ocurrencia de un determinado suceso.

Figura 17.2.20: Descripción del Módulo Lógico “Decide”

Fuente: “Elaboración Propia”

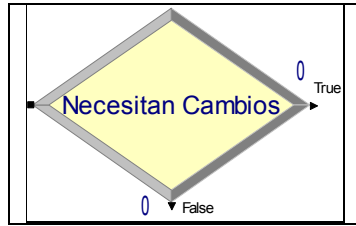
Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Type: Cantidad de posibilidades, dos.

Percent True (0-100): Porcentaje de ocurrencia que suceso sea verdadero, 70%.

Módulo Decide “Necesitan cambios”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.21: Descripción del Módulo Lógico “Decide”

Fuente: “Elaboración Propia”

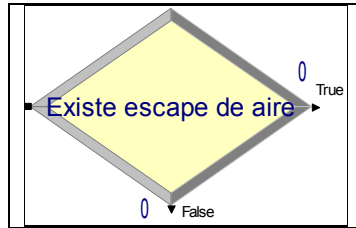
Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Type: Cantidad de posibilidades, dos.

Percent True (0-100): Porcentaje de ocurrencia que suceso sea verdadero. 20%.

Módulo Decide “Existe escape de aire”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.22: Descripción del Módulo Lógico “Decide”

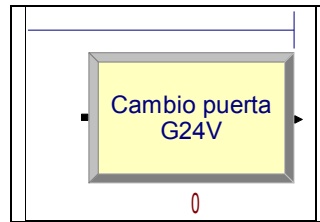
Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Type: Cantidad de posibilidades, dos.

Percent True (0-100): Porcentaje de ocurrencia que suceso sea verdadero. 30%.

Módulo Process “Cambio puerta de Gabinete 24 volts”

Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.23: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the "Process" dialog box with the following configuration:

- Name:** Cambio puerta G24V
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, tecnicos, 1 (selected), <End of list>
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 2
- Maximum:** 4
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambio puerta de Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cuatro horas.

Figura 17.2.24: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

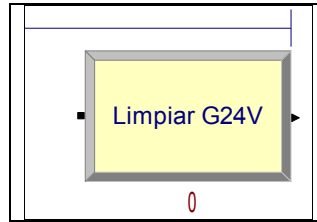
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Limpiar Gabinete 24 volts”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.25: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Limpiar G24V
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, tecnicos, 1 (selected), <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 1
- Maximum:** 2
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Limpiar Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

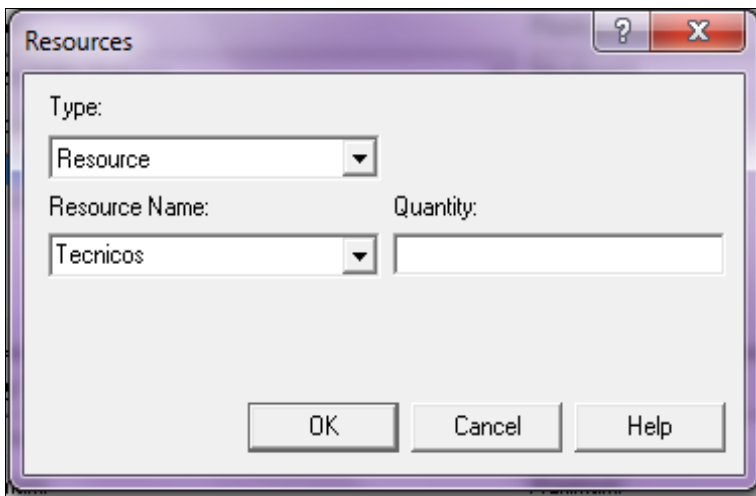
Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Una Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Dos horas.

Figura 17.2.26: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

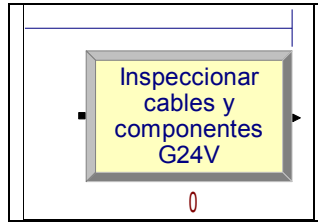
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Inspeccionar cables y componentes Gabinete 24 volts”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.27: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

Report Statistics

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Inspeccionar cables y componentes Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Una Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Dos horas.

Figura 17.2.28: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

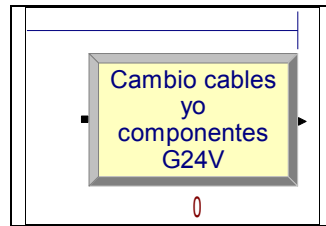
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambio de cables y/o componentes Gabinete 24 volts”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.29: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambio de cables y/o componentes Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Dos Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Tres horas.

Figura 17.2.30: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

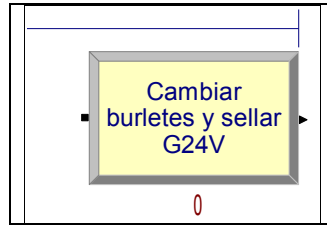
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Cambiar burletes y Sellar Gabinete 24 volts”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.31: Descripción del Módulo Lógico “Process”

Process

Name: Type:

Logic

Action: Priority:

Resources:

Delay Type: Units: Allocation:

Minimum: Maximum:

Report Statistics

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Cambiar burletes y Sellar Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cuatro horas.

Figura 17.2.32: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

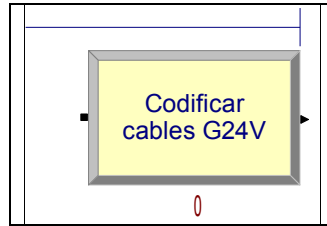
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Process “Codificar cables Gabinete 24 volts”



Fuente: “Elaboración Propia”

Figura 17.2.33: Descripción del Módulo Lógico “Process”

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Codificar cables G24V
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
 - Resources:** Resource, tecnicos, 1 (selected), <End of list>
 - Buttons: Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 3
- Maximum:** 5
- Report Statistics
- Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: “Elaboración Propia”

Dónde:

Name: Corresponde al nombre del proceso. En caso particular “Codificar cables Gabinete 24 volts”.

Type: Tipo de Proceso.

Action: Acción que tomará la entidad. Seize Delay Release, es decir, tomar, demorar y liberar.

Priority: Tipo de prioridad.

Resources: Recurso(s) utilizados.

Delay Type: Tipo de distribución, en caso particular corresponde a una Uniforme.

Units: Unidad de tiempo del proceso, medido en horas.

Allocation: Valor agregado del recurso utilizado.

Minimum: Tiempo mínimo que demora el procesamiento. Tres Horas.

Maximum: Tiempo máximo que puede demorar el procesamiento. Cinco horas.

Figura 17.2.34: Descripción de “Resources”

Fuente: “Elaboración Propia”

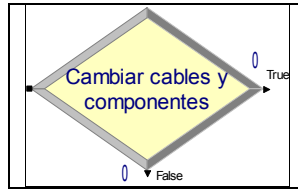
Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Tecnicos	Fixed Capacity	2

Type: Tipo “Recurso”

Resource Name: Corresponde al nombre del Recurso, en caso particular de estudio “técnicos”.

Quantity: Cantidad de recurso, en caso particular de estudio corresponde a 2.

Módulo Decide “Cambiar cables y componentes”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo decide tiene el propósito de direccionar el flujo de las entidades de acuerdo a la regla de decisión basada en probabilidades o porcentajes de ocurrencia de un determinado suceso.

Figura 17.2.35: Descripción del Módulo Lógico “Decide”

Fuente: “Elaboración Propia”

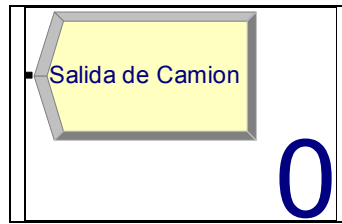
Dónde:

Name: Corresponde al nombre de la entidad.

Type: Cantidad de posibilidades, dos.

Percent True (0-100): Porcentaje de ocurrencia que suceso sea verdadero. 20%.

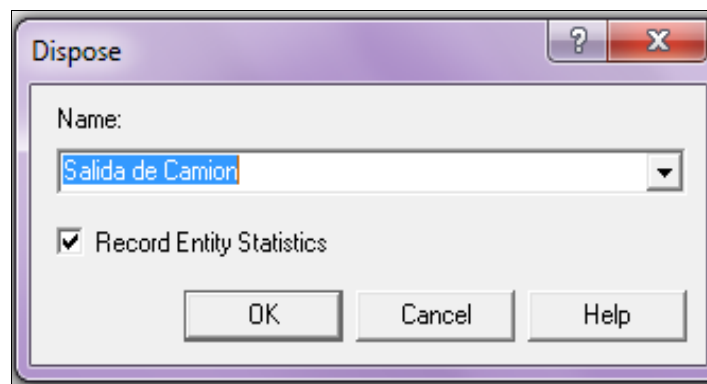
Módulo Dispose “Salida de camión”



Fuente: “Elaboración Propia”

El módulo Dispose tiene el propósito de representar las salidas de las entidades (camiones) del sistema y finalizar el proceso de simulación.

Figura 17.2.36: Descripción del Módulo Lógico “Dispose”



Fuente: “Elaboración Propia”

Name: Nombre de la entidad que sale del sistema.

18. VERIFICACIÓN DEL MODELO

Verificar el modelo se logró gracias a la opción “*Check Model*” (F4) o comprobación del modelo ubicada en la barra de herramientas específica, opción “*Run*” que nos brinda el Software Arena[®], entregando a través del destello una ventana de advertencia el “error” o la “validez” del modelo según los procesos, entidades y variables involucradas en éste. Adicionalmente, por medio de la opción “*Fast-Forward*” o de avance rápido se pudo variar la velocidad de la simulación, de modo tal, que la comprobación visual de la operación del sistema sea más cómoda y eficaz.

Además se verificó que los datos ingresados en cada módulo lógico y Setup coincidieran con la distribución de actividades y tiempos de procesamiento destinados para ellos.

18.1 REALIZACIÓN DE PRUEBAS, SIMULACIÓN 1: “MANTENIMIENTO CABINAS DE OPERADOR”

Esta fase tiene como propósito determinar el número de réplicas óptimas y que sean representativas al sistema. Dichas pruebas serán realizadas con 30, 50 y 70 replicaciones respectivamente.

Tabla 18.1.1: Número de réplicas a pruebas

Nº PRUEBA	Nº REPLICACIONES
1	30
2	50
3	70

Fuente: “Elaboración Propia”

18.1.1 PRUEBA 1

Número de replicaciones 30 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following fields and options:

- Number of Replications:** 30
- Initialize Between Replications:**
 - Statistics
 - System
- Start Date and Time:** lunes , 23 de junio de 2014 9:13:34
- Warm-up Period:** 0.0
- Time Units:** Hours
- Replication Length:** 49
- Time Units:** Days
- Hours Per Day:** 10
- Base Time Units:** Hours
- Terminating Condition:** (empty text box)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7
2	7
3	7
4	6
5	7
6	7
7	7
8	6
9	7
10	7
11	6
12	7
13	7
14	6
15	7
16	7
17	7
18	7
19	6
20	6
21	7
22	7
23	7
24	7
25	7
26	7
27	6
28	6
29	6
30	7

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	6	36
	7	49
	7	49
	7	49
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	6	36
	6	36
	7	49
Sumas	201	1353

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{201}{30} = 6.7$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 1353 - (201^2/30)$$

$$SC = 6.3$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{6.3}{29}} = 0.47$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(30 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.47}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(29, 0.005) * 0.47}{1} \right]^2$$

Para $t(29; 0.005)$ según tabla de “t student” (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.756, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.756 * 0.47}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.7 \approx 2$$

Considerando 30 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.1.2 PRUEBA 2

Número de replicaciones 50 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following configuration:

- Number of Replications:** 50
- Initialize Between Replications:** Statistics, System
- Start Date and Time:** miércoles, 27 de agosto de 2014 9:49:30
- Warm-up Period:** 0.0, **Time Units:** Hours
- Replication Length:** 49, **Time Units:** Days
- Hours Per Day:** 10, **Base Time Units:** Hours
- Terminating Condition:** (empty field)

Buttons: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7	26	7
2	7	27	6
3	7	28	6
4	6	29	6
5	7	30	7
6	7	31	7
7	7	32	6
8	6	33	7
9	7	34	7
10	7	35	7
11	6	36	7
12	7	37	7
13	7	38	6
14	6	39	7
15	7	40	7
16	7	41	7
17	7	42	7
18	7	43	7
19	6	44	6
20	6	45	7
21	7	46	7
22	7	47	6
23	7	48	7
24	7	49	7
25	7	50	7

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²	X	X ²
	7	49	7	49
	7	49	6	36
	7	49	6	36
	6	36	6	36
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	6	36
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	6	36
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	6	36	6	36
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	6	36
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
Sumas	169	1147	168	1134

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{337}{50} = 6.74$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 2281 - (337^2/50)$$

$$SC = 9.62$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{9.62}{49}} = 0.44$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(50 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.44}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(49, 0.005) * 0.44}{1} \right]^2$$

Para $t(49; 0.005)$ según tabla de "t student" (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.679, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.679 * 0.44}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.4 \approx 2$$

Considerando 50 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.1.3 PRUEBA 3

Número de replicaciones 70 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following configuration:

- Number of Replications:** 70
- Initialize Between Replications:**
 - Statistics
 - System
- Start Date and Time:** miércoles, 27 de agosto de 2014 10:19:17
- Warm-up Period:** 0.0 (Time Units: Hours)
- Replication Length:** 49 (Time Units: Days)
- Hours Per Day:** 10 (Base Time Units: Hours)
- Terminating Condition:** (Empty text box)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7	26	7	51	7
2	7	27	6	52	7
3	7	28	6	53	7
4	6	29	6	54	7
5	7	30	7	55	7
6	7	31	7	56	7
7	7	32	6	57	7
8	6	33	7	58	7
9	7	34	7	59	7
10	7	35	7	60	7
11	6	36	7	61	6
12	7	37	7	62	7
13	7	38	6	63	6
14	6	39	7	64	7
15	7	40	7	65	7
16	7	41	7	66	7
17	7	42	7	67	7
18	7	43	7	68	6
19	6	44	6	69	7
20	6	45	7	70	7
21	7	46	7		
22	7	47	6		
23	7	48	7		
24	7	49	7		
25	7	50	7		

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²	X	X ²	X	X ²
	7	49	7	49	7	49
	7	49	6	36	7	49
	7	49	6	36	7	49
	6	36	6	36	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	6	36	7	49
	6	36	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	6	36	7	49	6	36
	7	49	7	49	7	49
	7	49	6	36	6	36
	6	36	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	6	36
	6	36	6	36	7	49
	6	36	7	49	7	49
	7	49	7	49		
	7	49	6	36		
	7	49	7	49		
	7	49	7	49		
	7	49	7	49		
Sumas	169	1147	168	1134	137	941

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{474}{70} = 6.77$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 3222 - (474^2 / 70)$$

$$SC = 12.34$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{12.34}{69}} = 0.422$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(70 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.422}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(69, 0.005) * 0.422}{1} \right]^2$$

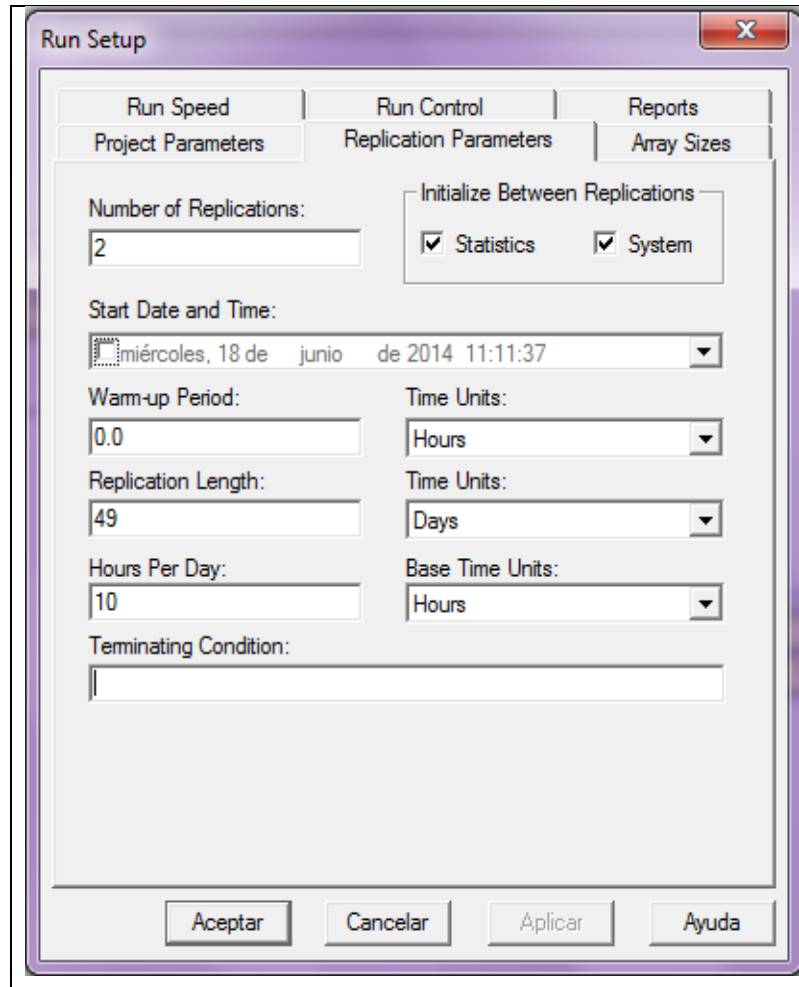
Para $t(69; 0.005)$ según tabla de “t student” (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.648, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.648 * 0.422}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.24 \approx 2$$

Considerando 70 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.1.4 CONCLUSIÓN

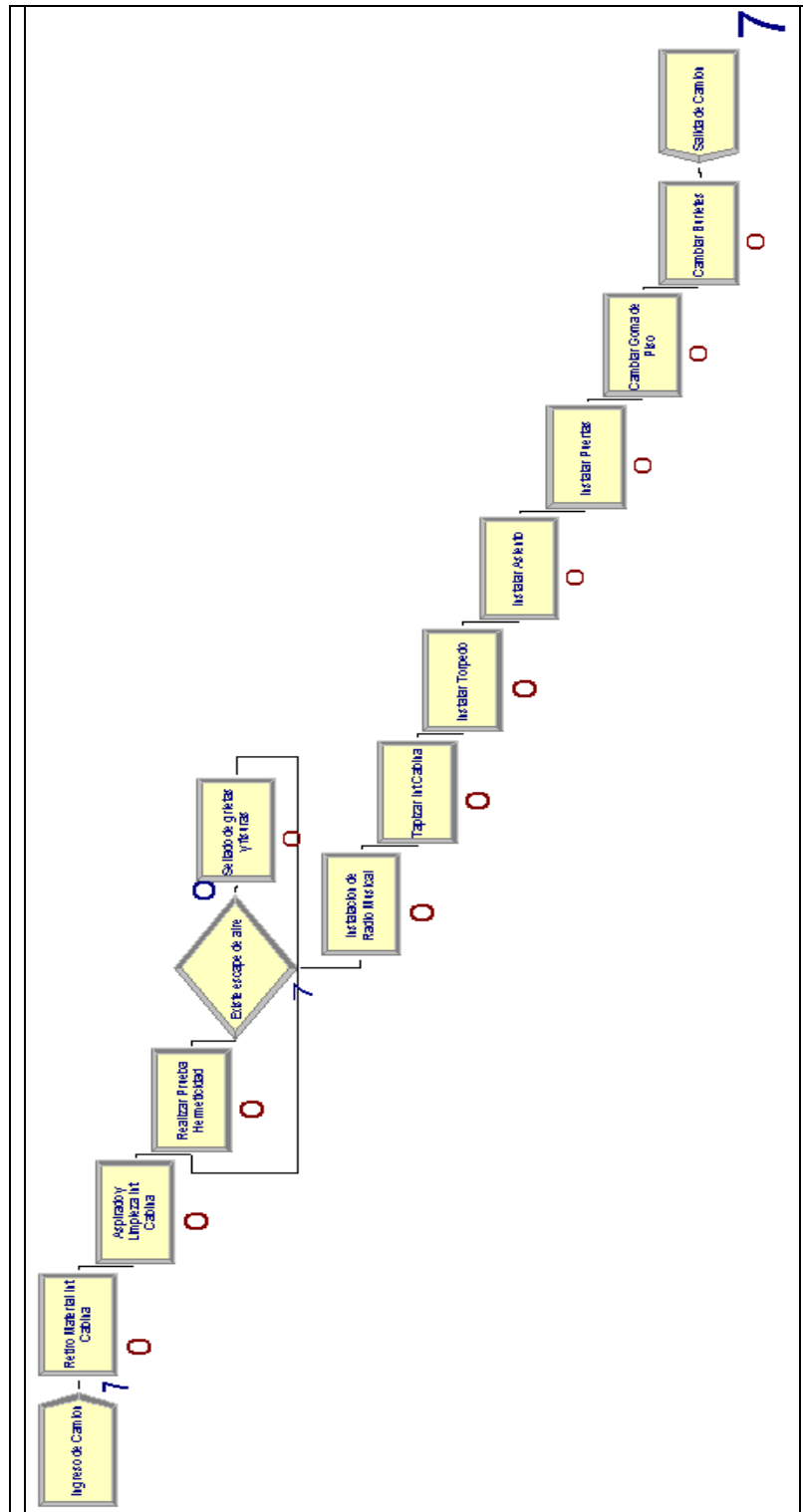
Una vez de ejecutar las respectivas pruebas se concluye que el número óptimo de replicaciones a ejecutar en el modelo de simulación es igual a 2, siendo éste valor ingresado en el “*Run*→ *Setup* → *Number of Replications*”, de modo tal de ejecutar la prueba final y detallar reportes entregados.



Fuente: “Elaboración Propia”

18.1.5 PRUEBA FINAL: Con número de réplicas igual a 2.

Reportes de Simulación 1: “Mantenimiento Cabinas de Operador”.

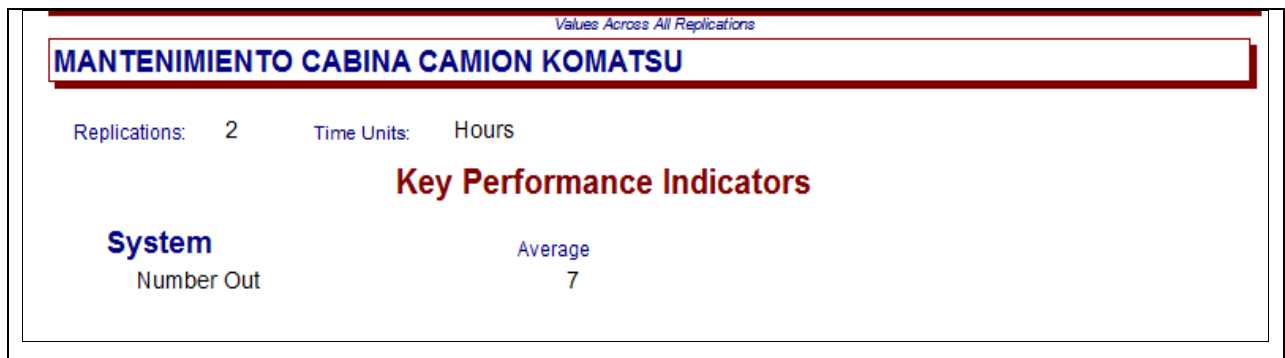


Fuente: “Elaboración Propia”

PRIMER REPORTE

El Software Arena[®] Rockwell Automation otorga como primer reporte “*Key performance Indicators*” el número promedio de entidades que salen del sistema “*System → Number Out*”, en el caso particular de estudio y después de haber calculado el número de réplicas óptimas que fueron 2 se obtiene un promedio (Average) de 7 camiones que salen, como se aprecia en la Figura 18.1.5.1

Figura 18.1.5.1: “Key Performance Indicators”



Fuente: “Elaboración Propia”

SEGUNDO REPORTE: Entidad (Entity)

Como segundo reporte Software Arena[®] Rockwell Automation otorga “*Time Entity*”, obteniendo de éste el tiempo de procesamiento por camión asciende a 63.05 horas en promedio o de valor agregado (*VA Time*), el tiempo mínimo 56.36 horas y el tiempo máximo 77.01 horas. Se evidencia en la figura 18.1.5.2 que el tiempo promedio, mínimo y máximo total de procesamiento por camión es congruente a los valores antes mencionados, esto se debe a que el modelo no presenta colas, o esperas., como se aprecia en la Figura 18.1.5.2

Figura 18.1.5.2: "Entity"

VALUES ACROSS All Replications

MANTENIMIENTO CABINA CAMION KOMATSU						
Replications:	2	Time Units:	Hours			
Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	63.0560	39,33	59.9602	66.1517	56.3658	77.0150
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	63.0560	39,33	59.9602	66.1517	56.3658	77.0150

Fuente: "Elaboración Propia"

Otras

La figura 18.1.5.3 representa otras estadísticas con la entrega de valores sobre el número de camiones (entidades) que entran y salen del sistema (*Number In*) y (*Number Out*), correspondiente a 7 respectivamente. Además nos otorga la cantidad promedio que están dentro del sistema en procesamiento (*WIP: Work in Process*) que asciende a 1 y un máximo de camiones correspondiente a 2.

Figura 18.1.5.3: “Other”

Other						
Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Camion	7.0000	0,00	7.0000	7.0000		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Camion	7.0000	0,00	7.0000	7.0000		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Camion	0.9008	0,56	0.8566	0.9450	0.00	2.0000

Fuente: “Elaboración Propia”

TERCER REPORTE: Procesos (Process)

Figura 18.1.5.4: “Process (VA Time y Wait Time per Entity)”

MANTENIMIENTO CABINA CAMION KOMATSU						
Replications :	2	Time Units:	Hours			
Process						
Time per Entity						
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aspirado y Limpieza Int Cabina	4.0571	2,27	3.8783	4.2389	3.4219	4.9913
Cambiar Buletes	4.4318	2,29	4.2517	4.6119	4.0179	4.9749
Cambiar Goma de Piso	5.9103	1,04	5.8284	5.9922	5.2636	6.9101
Instalacion de Radio Musical	3.1485	0,31	3.1238	3.1732	2.1563	3.9087
Instalar Asiento	5.1631	1,03	5.0821	5.2441	4.3991	5.9425
Instalar Puertas	2.5847	0,34	2.5581	2.6114	2.2343	2.9437
Instalar Torpedo	9.0514	3,44	8.7803	9.3224	8.1185	9.9152
Realizar Prueba Hermeticidad	8.4737	3,63	8.1882	8.7592	6.6433	9.9093
Retro Material Int Cabina	7.8747	0,88	7.8057	7.9437	6.0139	9.7487
Sellado de grietas y fisuras	3.2035	40,70	0.00	6.4070	0.00	6.5966
Tapizar Int Cabina	9.2332	0,93	9.1599	9.3065	8.1147	9.9947
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aspirado y Limpieza Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Buletes	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Goma de Piso	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalacion de Radio Musical	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Asiento	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Puertas	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Torpedo	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Retro Material Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de grietas y fisuras	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tapizar Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: “Elaboración Propia”

VA Time Per Entity corresponde al tiempo de valor agregado promedio en que cada camión pasa por los distintos procesos, sin considerar las colas o esperas. Se pueden apreciar los datos en la figura 18.1.5.4, columna “Average”.

Wait Time Per Entity corresponde al tiempo promedio en cola que el camión pasa por cada proceso, sus datos se encuentran en la columna “Average”.

Figura 18.1.5.5: “Total Time per Entity”

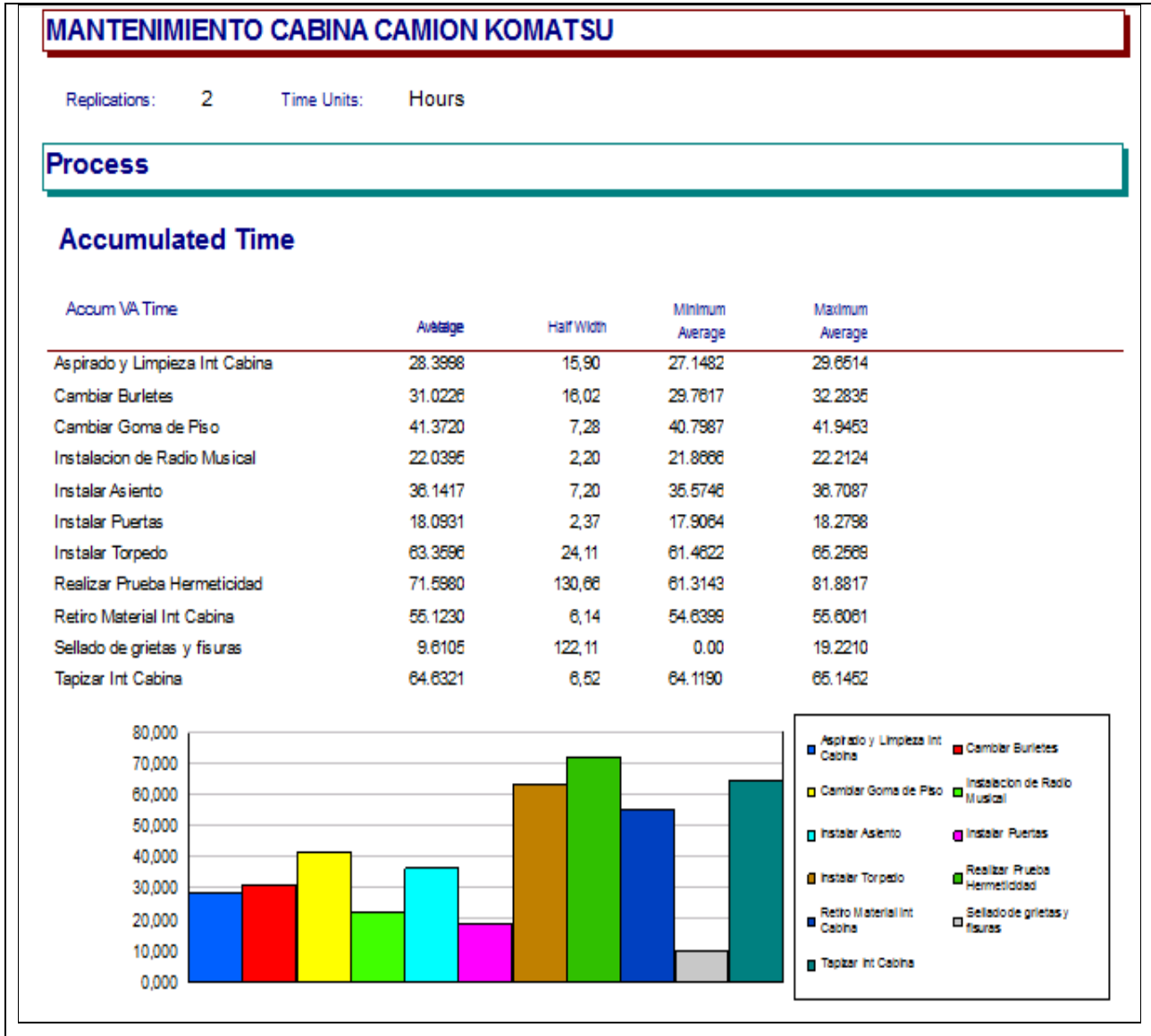
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aspirado y Limpieza Int Cabina	4.0571	2,27	3.8783	4.2359	3.4219	4.9913
Cambiar Burletes	4.4318	2,29	4.2517	4.6119	4.0179	4.9749
Cambiar Goma de Piso	5.9103	1,04	5.8284	5.9922	5.2636	6.9101
Instalacion de Radio Musical	3.1485	0,31	3.1238	3.1732	2.1563	3.9087
Instalar Asiento	5.1631	1,03	5.0821	5.2441	4.3991	5.9425
Instalar Puertas	2.5847	0,34	2.5581	2.6114	2.2343	2.9437
Instalar Torpedo	9.0514	3,44	8.7803	9.3224	8.1185	9.9152
Realizar Prueba Hermeticidad	8.4737	3,63	8.1882	8.7592	6.6433	9.9093
Retiro Material Int Cabina	7.8747	0,88	7.8057	7.9437	6.0139	9.7467
Sellado de grietas y fisuras	3.2035	40,70	0.00	6.4070	0.00	6.5966
Tapizar Int Cabina	9.2332	0,93	9.1599	9.3065	8.1147	9.9947

Fuente: “Elaboración Propia”

Total Time Per Entity corresponde al tiempo total promedio (*Average*), tiempo mínimo (*Minimum Value*) y tiempo máximo (*Maximum Value*) que el camión (entidad) pasa en los distintos procesos.

CUARTO REPORTE: Tiempo acumulado (Accumulated Time)

Figura 18.1.5.6: “Accumulated Time”



Fuente: “Elaboración Propia”

Accum VA Time corresponde al tiempo de valor agregado acumulado por todos los camiones que pasan por los distintos procesos, sus datos se encuentran en la columna “Average”.

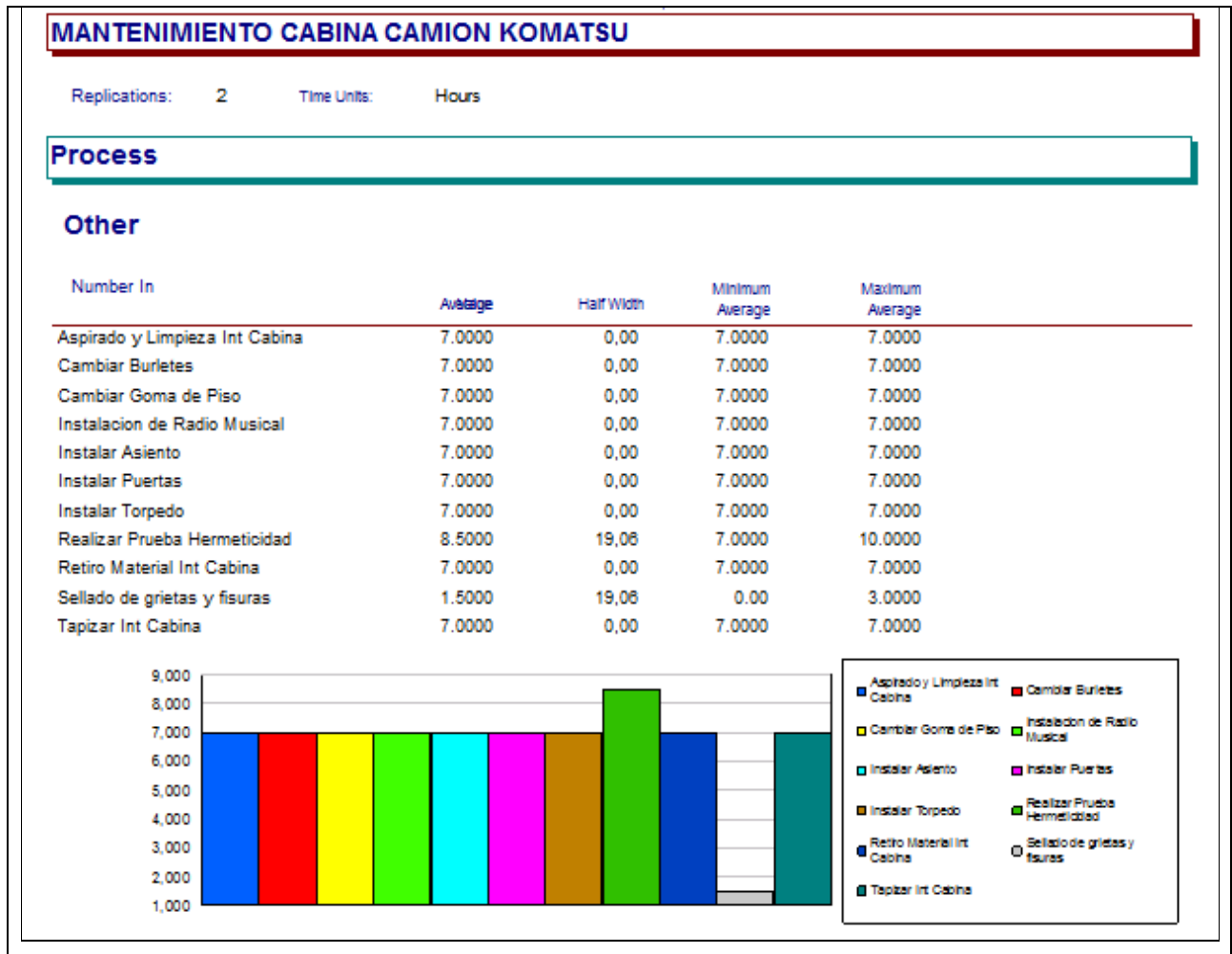
Figura 18.1.5.7: “Accum Wait Time”

Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirado y Limpieza Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00
Cambiar Burletes	0.00	0,00	0.00	0.00
Cambiar Goma de Piso	0.00	0,00	0.00	0.00
Instalacion de Radio Musical	0.00	0,00	0.00	0.00
Instalar Asiento	0.00	0,00	0.00	0.00
Instalar Puertas	0.00	0,00	0.00	0.00
Instalar Torpedo	0.00	0,00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad	0.00	0,00	0.00	0.00
Retiro Material Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00
Sellado de grietas y fisuras	0.00	0,00	0.00	0.00
Tapizar Int Cabina	0.00	0,00	0.00	0.00

Fuente: “Elaboración Propia”

Accum Wait Time corresponde al tiempo acumulado de espera por todos los camiones que pasan por los distintos procesos, es apreciable a simple vista que en nuestro modelo en estudio no se producen colas.

Figura 18.1.5.8: "Other"



Fuente: "Elaboración Propia"

Number In corresponde al número de camiones promedio que ingresan a los distintos procesos, sus datos se registran en la columna "Average" de la figura 18.1.5.8.

Figura 18.1.5.9: “Number Out”

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Aspirado y Limpieza Int Cabina	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Cambiar Burletes	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Cambiar Goma de Piso	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Instalacion de Radio Musical	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Instalar Asiento	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Instalar Puertas	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Instalar Torpedo	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Realizar Prueba Hermeticidad	8.5000	19,06	7.0000	10.0000
Retiro Material Int Cabina	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Sellado de grietas y fisuras	1.5000	19,06	0.00	3.0000
Tapizar Int Cabina	7.0000	0,00	7.0000	7.0000

Fuente: “Elaboración Propia”

Number Out corresponde al número de camiones promedio que salen de los distintos procesos, sus datos se registran en la columna “Average” de la figura 18.1.5.9.

QUINTO REPORTE: COLAS (Queue)

Figura 18.1.5.10: “Waiting Time y Number Waiting”

MANTENIMIENTO CABINA CAMION KOMATSU						
Replications:	2	Time Units:	HOURS			
Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aspirado y Limpieza Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Burletes.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Goma de Piso.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalacion de Radio Musical.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Asiento.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Puertas.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Torpedo.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Retiro Material Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de grietas y fisuras.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tapizar Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Aspirado y Limpieza Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Burletes.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Goma de Piso.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalacion de Radio Musical.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Asiento.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Puertas.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Instalar Torpedo.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Retiro Material Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de grietas y fisuras.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tapizar Int Cabina.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: “Elaboración Propia”

Wait Time corresponde al tiempo de espera en la cola de los camiones que pasan por los distintos procesos, en nuestro caso particular de estudio no se registran colas, como se aprecia en Figura 18.1.5.10.

Number Waiting corresponde al número de espera en la cola de los camiones que pasan por los distintos procesos, en nuestro caso particular de estudio no se registran colas, como se aprecia en Figura 18.1.5.10.

SEXTO REPORTE: Recurso (Resource → Usage)

Figura 18.1.5.11: “Usage”

MANTENIMIENTO CABINA CAMION KOMATSU						
Replications: 2		Time Units: Hours				
Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tecnicos	0.4504	0,28	0.4283	0.4725	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tecnicos	0.9008	0,56	0.8566	0.9450	0.00	2.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tecnicos	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Tecnicos	0.4504	0,28	0.4283	0.4725		
Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Tecnicos	73.0000	38,12	70.0000	76.0000		

Fuente: “Elaboración Propia”

Utilización Instantánea (*Instantaneous Utilization*) corresponde al porcentaje de utilización de recursos (técnicos) durante la simulación del modelo, en nuestro caso

particular de estudio el valor asciende a 45.04% en promedio, dato situado en la columna "*Average*".

Número de unidad de recurso ocupada (*Number Busy*) corresponde al porcentaje de ocupación de recursos (técnicos) durante la simulación del modelo, el valor asciende a 90.08% de las unidades de recurso de técnicos en promedio, dato situado en la columna "*Average*".

Number Scheduled corresponde al número de entidades programadas que un recurso puede atender. El recurso "técnicos" puede atender 2 entidades de manera programada en promedio, dato situado en la columna "*Average*".

Scheduled Utilization corresponde al porcentaje programado de utilización de recurso en la simulación del modelo, el valor asciende a 45.04% de utilización de los técnicos en promedio en la simulación, dato situado en la columna "*Average*".

Total Number Seized corresponde a la cantidad de veces en que se utilizó un recurso para dar inicio o completar un proceso, el valor asciende a 73 veces del recurso técnicos en promedio, dato situado en la columna "*Average*".

18.2 REALIZACION DE PRUEBAS SIMULACIÓN 2: “MANTENIMIENTO GABINETES” (CONTROL Y POTENCIA, 24 VOLTS)

Esta fase tiene como propósito determinar el número de réplicas óptimas y que sean representativas al sistema. Dichas pruebas serán realizadas con 30, 50 y 70 replicaciones respectivamente.

Tabla 18.2.1: Número de réplicas a pruebas

N° PRUEBA	N° REPLICACIONES
1	30
2	50
3	70

Fuente: “Elaboración Propia”

18.2.1 PRUEBA 1

Número de replicaciones 30 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following fields and options:

- Number of Replications:** 30
- Initialize Between Replications:** Statistics, System
- Start Date and Time:** lunes, 23 de junio de 2014 9:13:34
- Warm-up Period:** 0.0
- Time Units:** Hours
- Replication Length:** 49
- Time Units:** Days
- Hours Per Day:** 10
- Base Time Units:** Hours
- Terminating Condition:** (empty text box)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7
2	7
3	6
4	6
5	7
6	7
7	6
8	7
9	7
10	7
11	7
12	6
13	7
14	6
15	7
16	7
17	7
18	6
19	7
20	6
21	7
22	7
23	6
24	6
25	7
26	6
27	6
28	7
29	7
30	6

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²
	7	49
	7	49
	6	36
	6	36
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	7	49
	6	36
	7	49
	6	36
	7	49
	7	49
	6	36
	6	36
	7	49
	6	36
	6	36
	7	49
	7	49
	6	36
Sumas	198	1314

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{198}{30} = 6.6$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 1314 - (198^2/30)$$

$$SC = 7.2$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{7.2}{29}} = 0.5$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(30 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.5}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(29, 0.005) * 0.5}{1} \right]^2$$

Para $t(29; 0.005)$ según tabla de “t student” (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.756, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.756 * 0.5}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.9 \approx 2$$

Considerando 30 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.2.2 PRUEBA 2

Número de replicaciones 50 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following configuration:

- Number of Replications:** 50
- Initialize Between Replications:**
 - Statistics
 - System
- Start Date and Time:** miércoles, 27 de agosto de 2014 9:49:30
- Warm-up Period:** 0.0 (Time Units: Hours)
- Replication Length:** 49 (Time Units: Days)
- Hours Per Day:** 10 (Base Time Units: Hours)
- Terminating Condition:** (Empty text box)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7	26	6
2	7	27	6
3	6	28	7
4	6	29	7
5	7	30	6
6	7	31	7
7	6	32	7
8	7	33	7
9	7	34	7
10	7	35	7
11	7	36	7
12	6	37	6
13	7	38	6
14	6	39	6
15	7	40	7
16	7	41	6
17	7	42	6
18	6	43	7
19	7	44	6
20	6	45	7
21	7	46	7
22	7	47	7
23	6	48	7
24	6	49	7
25	7	50	7

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²	X	X ²
	7	49	6	36
	7	49	6	36
	6	36	7	49
	6	36	7	49
	7	49	6	36
	7	49	7	49
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	6	36	6	36
	7	49	6	36
	6	36	6	36
	7	49	7	49
	7	49	6	36
	7	49	6	36
	6	36	7	49
	7	49	6	36
	6	36	7	49
	7	49	7	49
	7	49	7	49
	6	36	7	49
	6	36	7	49
	7	49	7	49
Sumas	166	1108	166	1108

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{332}{50} = 6.64$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 2216 - (332^2/50)$$

$$SC = 11.5$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{11.5}{49}} = 0.48$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(50 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.48}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(49, 0.005) * 0.48}{1} \right]^2$$

Para $t(49; 0.005)$ según tabla de “t student” (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.679, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.679 * 0.48}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.7 \approx 2$$

Considerando 50 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.2.3 PRUEBA 3

Número de replicaciones 70 se tiene Setup:

The image shows a 'Run Setup' dialog box with the following fields and options:

- Number of Replications:** 70
- Initialize Between Replications:**
 - Statistics
 - System
- Start Date and Time:** miércoles, 27 de agosto de 2014 10:19:17
- Warm-up Period:** 0.0
- Time Units:** Hours
- Replication Length:** 49
- Time Units:** Days
- Hours Per Day:** 10
- Base Time Units:** Hours
- Terminating Condition:** (empty text box)

Buttons at the bottom: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

Fuente: "Elaboración Propia"

Dónde:

Number of Replications: Número de replicaciones que dará el sistema.

Replication Length: Corresponde al largo de la réplica, es decir al tiempo total en que trabaja el sistema. Realizando regla de tres tenemos:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ camión} \rightarrow 7 \text{ días} \\ 7 \text{ camión} \rightarrow x \end{array} \Rightarrow x = \left(\frac{7 \text{ camión} * 7 \text{ días}}{1 \text{ camión}} \right) \Rightarrow X = 49 \text{ días}$$

Fuente: "Elaboración Propia"

Ejecutando la simulación, se obtienen los siguientes datos:

N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen	N° replicas	N° de Camiones Salen
1	7	26	6	51	7
2	7	27	6	52	7
3	6	28	7	53	7
4	6	29	7	54	7
5	7	30	6	55	7
6	7	31	7	56	7
7	6	32	7	57	7
8	7	33	7	58	7
9	7	34	7	59	7
10	7	35	7	60	7
11	7	36	7	61	7
12	6	37	6	62	7
13	7	38	6	63	7
14	6	39	6	64	7
15	7	40	7	65	7
16	7	41	6	66	7
17	7	42	6	67	6
18	6	43	7	68	6
19	7	44	6	69	7
20	6	45	7	70	6
21	7	46	7		
22	7	47	7		
23	6	48	7		
24	6	49	7		
25	7	50	7		

Fuente: "Elaboración Propia"

Primero encontramos promedio (\bar{X}) y desviación estándar (S) para la muestra. La tabla organiza los cálculos:

	X	X ²	X	X ²	X	X ²
	7	49	6	36	7	49
	7	49	6	36	7	49
	6	36	7	49	7	49
	6	36	7	49	7	49
	7	49	6	36	7	49
	7	49	7	49	7	49
	6	36	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	7	49	7	49
	6	36	6	36	7	49
	7	49	6	36	7	49
	6	36	6	36	7	49
	7	49	7	49	7	49
	7	49	6	36	7	49
	7	49	6	36	6	36
	6	36	7	49	6	36
	7	49	6	36	7	49
	6	36	7	49	6	36
	7	49	7	49		
	7	49	7	49		
	6	36	7	49		
	6	36	7	49		
	7	49	7	49		
Sumas	166	1108	166	1108	137	941

Fuente: "Elaboración Propia"

El promedio de la muestra es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{469}{70} = 6.7$$

La suma de cuadrados es:

$$SC = \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$$

$$SC = 3157 - (469^2 / 70)$$

$$SC = 14.7$$

En consecuencia, la desviación estándar de la muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{14.7}{69}} = 0.46$$

Con un nivel de confianza de un 99%, con un nivel de imprecisión asociado de 0.005 ($\alpha/2$) y error ($e=1$). Se desea conocer el mínimo número de replicaciones necesarias para cumplir ello.

Reemplazando:

$$N = \left[\frac{t\left(70 - 1, \frac{0.01}{2}\right) * 0.46}{1} \right]^2 \Rightarrow N = \left[\frac{t(69, 0.005) * 0.46}{1} \right]^2$$

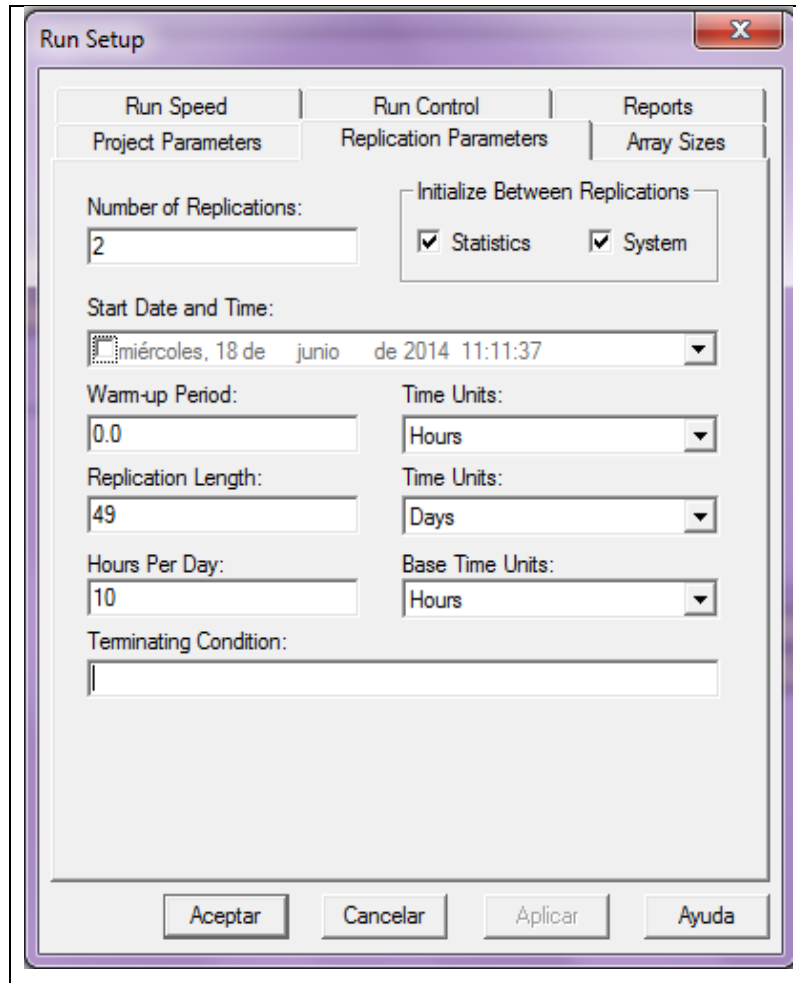
Para $t(69; 0.005)$ según tabla de "t student" (Ver Anexo IV) corresponde al valor de 2.648, por lo tanto, el cálculo queda:

$$N = \left[\frac{2.648 * 0.46}{1} \right]^2 \Rightarrow N = 1.5 \approx 2$$

Considerando 70 réplicas en la realización de la prueba 2, se concluye que el número de réplica óptimo para la simulación es 2 aproximado al entero más grande.

18.2.4 CONCLUSIÓN

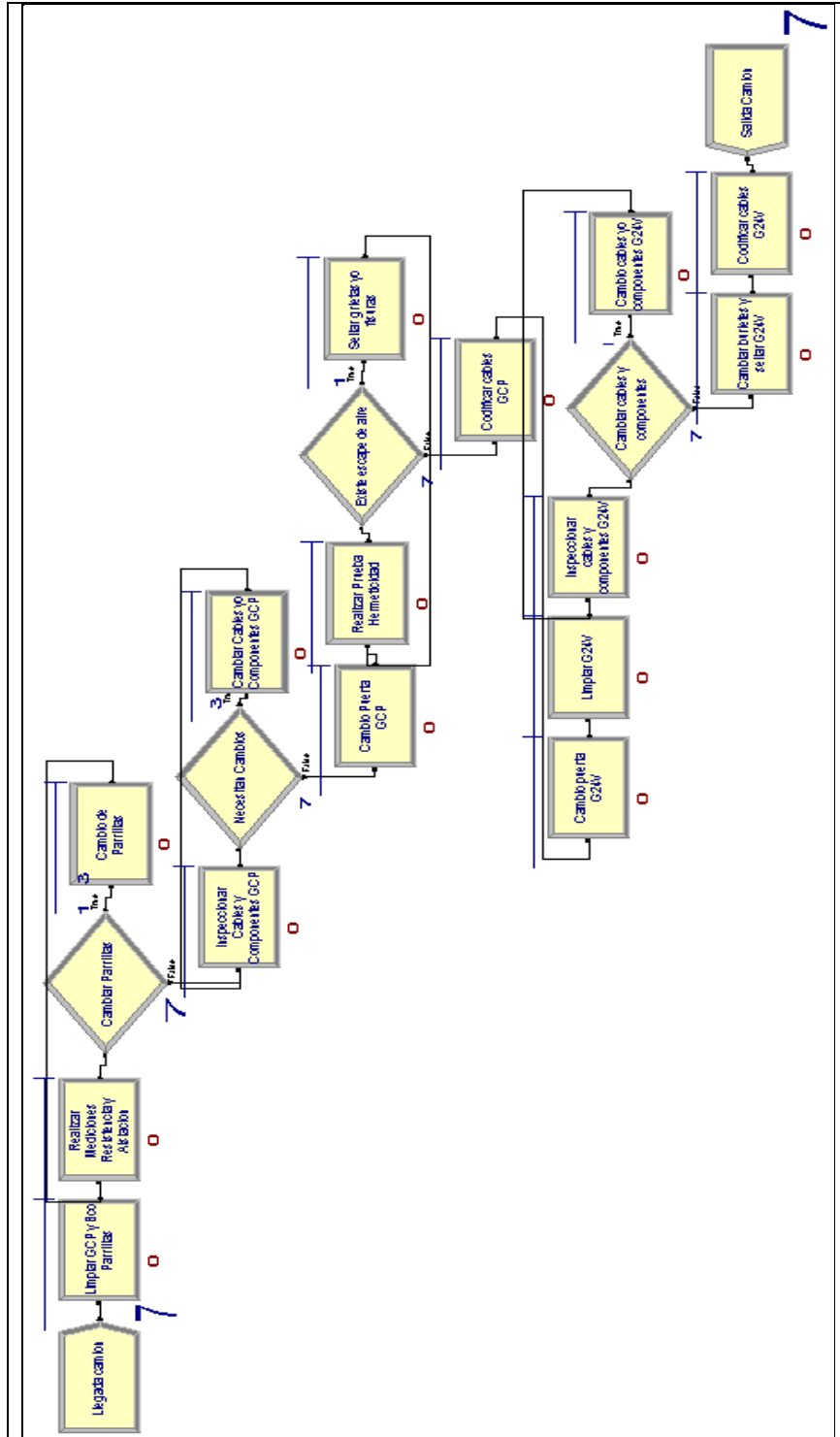
Una vez de ejecutar las respectivas pruebas se concluye que el número óptimo de replicaciones a ejecutar en el modelo de simulación es igual a 2, siendo éste valor ingresado en el “*Run → Setup → Number of Replications*”, de modo tal de ejecutar la prueba final y detallar reportes entregados.



Fuente: “Elaboración Propia”

18.2.5 PRUEBA FINAL: Con número de réplicas igual a 2.

Reportes de Simulación 2: “Mantenimiento Gabinetes” (Control y potencia, 24 Volts)

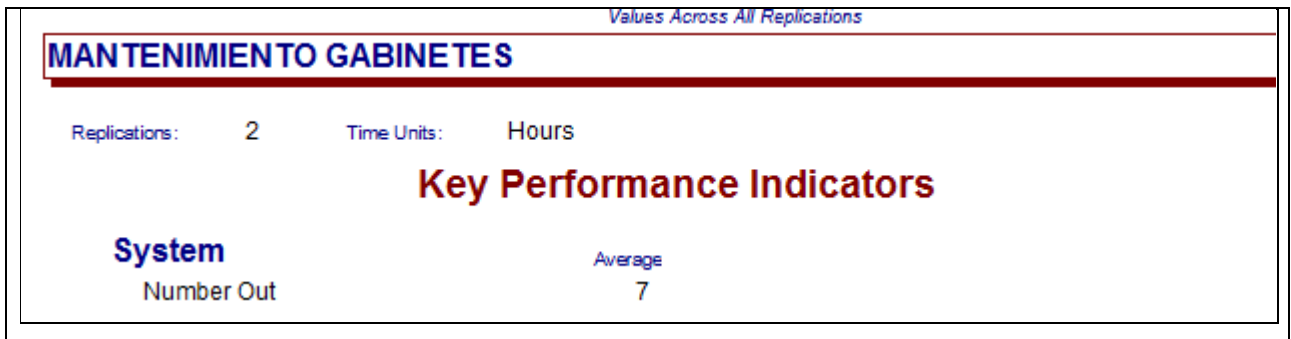


Fuente: “Elaboración Propia”

PRIMER REPORTE

El Software Arena® Rockwell Automation otorga como primer reporte “*Key performance Indicators*” el número promedio de entidades que salen del sistema “*System → Number Out*”, en el caso particular de estudio y después de haber calculado el número de réplicas óptimas que fueron 2 se obtiene un promedio (Average) de 7 camiones que salen.

Figura 18.2.5.1: “Key Performance Indicators”



Fuente: “Elaboración Propia”

SEGUNDO REPORTE: Entidad (Entity)

Como segundo reporte Software Arena® Rockwell Automation otorga “*Time Entity*”, obteniendo de éste el tiempo de procesamiento por camión asciende a 68.43 horas en promedio o de valor agregado (*VA Time*), el tiempo mínimo 37.19 horas y el tiempo máximo 138.28 horas. Se evidencia en la figura 18.2.5.2 que el tiempo promedio, mínimo y máximo total de procesamiento por camión son congruentes a los valores antes mencionados, esto se debe a que el modelo no presenta colas, o esperas.

Figura 18.2.5.2: “Entity”

Values Across All Replications

MANTENIMIENTO GABINETES						
Replications: 2		Time Units: Hours				
Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	68.4391	135,97	57.7381	79.1402	37.1928	138.28
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	68.4391	135,97	57.7381	79.1402	37.1928	138.28

Fuente: “Elaboración Propia”

Otras

La figura 18.2.5.3 representa otras estadísticas con la entrega de valores sobre el número de camiones (entidades) que entran y salen del sistema (*Number In*) y (*Number Out*), correspondiente a 7 respectivamente. Además nos otorga la cantidad promedio que están dentro del sistema en procesamiento (*WIP: Work in Process*) que asciende a 1, máximo de camiones correspondiente a 2.

Figura 18.2.5.3: “Other”

Other						
Number In						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	7.0000	0,00	7.0000	7.0000		
Number Out						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	7.0000	0,00	7.0000	7.0000		
WIP						
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.9777	1,94	0.8248	1.1306	0.00	2.0000

Fuente: “Elaboración Propia”

TERCER REPORTE: Procesos (Process)

Figura 18.2.5.4: “VA Time per Entity”

Values Across All Replications						
MANTENIMIENTO GABINETES						
Replications:	2	Time Units:	Hours			
Process						
Time per Entity						
VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambiar burletes y sellar G24V	3.5801	0,06	3.5756	3.5847	3.0881	3.9433
Cambiar Cables yo Componentes GCP	2.6727	1,35	2.5661	2.7793	2.1271	2.9749
Cambio cables yo componentes G24V	1.3615	17,30	0.00	2.7230	0.00	2.7230
Cambio de Parrillas	5.1467	0,02	5.1453	5.1481	4.1168	5.9111
Cambio puerta G24V	3.1691	3,29	2.9098	3.4284	2.0487	3.8915
Cambio Puerta GCP	5.1427	0,94	5.0684	5.2171	4.3386	5.8674
Codificar cables G24V	3.7479	0,41	3.7159	3.7800	3.1147	4.8806
Codificar cables GCP	3.9717	2,19	3.7997	4.1437	3.0062	4.9955
Inspeccionar cables y componentes G24V	1.4558	0,57	1.4110	1.5007	1.0781	1.8824
Inspeccionar Cables y Componentes GCP	1.5362	1,53	1.4156	1.6567	1.0125	1.9898
Limpiar G24V	1.5290	0,03	1.5288	1.5312	1.0412	1.9974
Limpiar GCP y Boo Parrillas	2.9918	2,76	2.7744	3.2091	2.0357	3.6994
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion	3.8503	0,73	3.7928	3.9078	3.0286	4.9795
Realizar Prueba Hermeticidad	7.0588	1,00	6.9801	7.1375	6.0643	7.9562
Sellar grietas yo fisuras	3.5894	0,31	3.5648	3.6141	3.2336	3.9942

Fuente: “Elaboración Propia”

VA Time Per Entity corresponde al tiempo de valor agregado promedio en que cada camión pasa por los distintos procesos, sin considerar las colas o esperas. Se pueden apreciar los datos en la figura 18.2.5.4, columna “Average”.

Figura 18.2.5.5: “Time per Entity”

Values Across All Replications

MANTENIMIENTO GABINETES

Replications: 2 Time Units: Hours

Process

Time per Entity

Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambiar burletes y sellar G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Cables yo Componentes GCP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio cables yo componentes G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio de Parrillas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio puerta G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio Puerta GCP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables GCP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar cables y componentes G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar Cables y Componentes GCP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar G24V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar GCP y Boo Parrillas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellar grietas yo fisuras	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time Per Entity corresponde al tiempo promedio en cola que el camión pasa por cada proceso, sus datos se encuentran en la columna “Average” de la Figura 18.2.5.5

Figura 18.2.5.6: “Total Time per Entity”

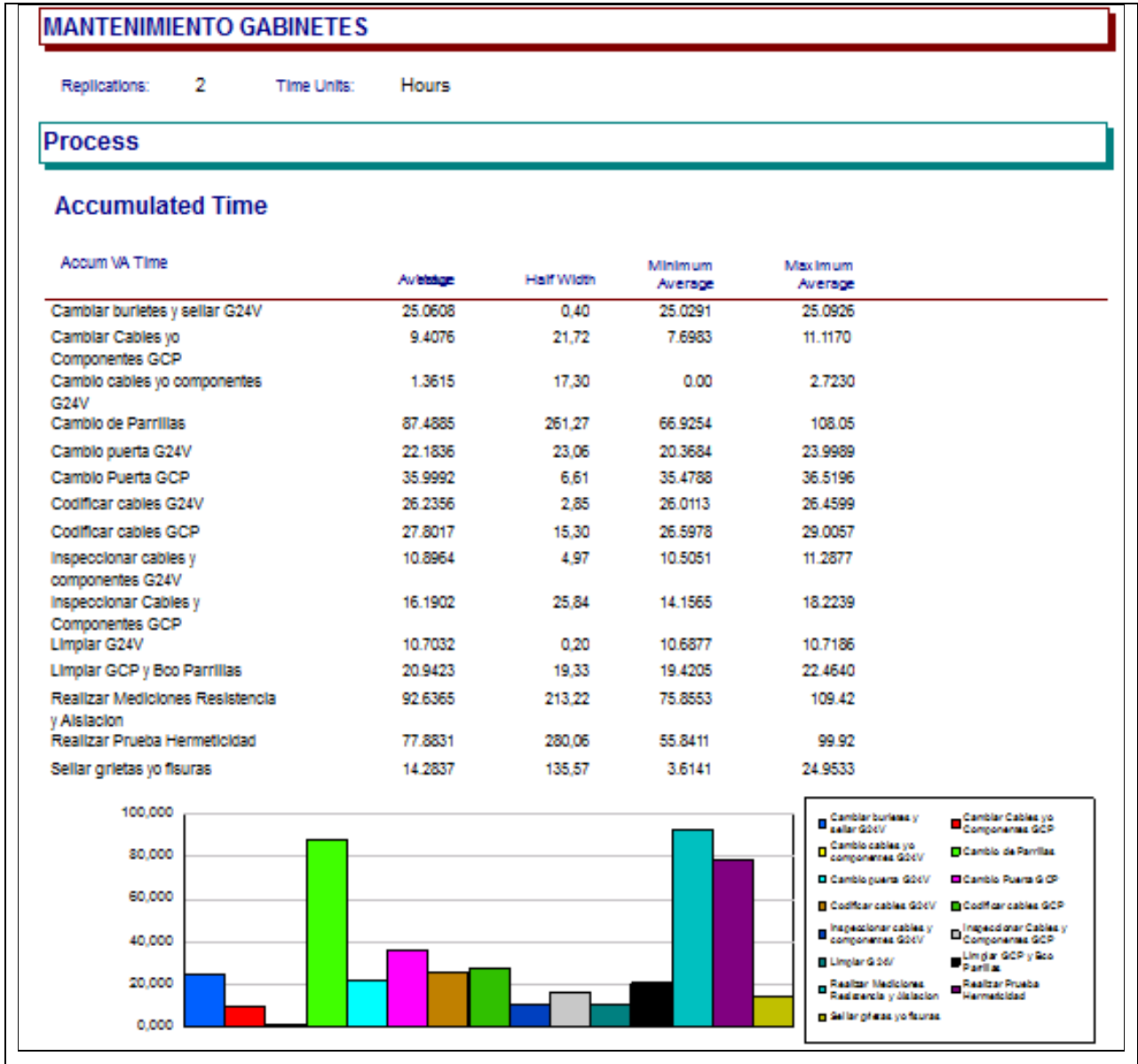
Values Across All Replications						
MANTENIMIENTO GABINETES						
Replications:	2	Time Units:	Hours			
Process						
Time per Entity						
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambiar burletes y sellar G24V	3.5801	0,06	3.5756	3.5847	3.0881	3.9433
Cambiar Cables y Componentes GCP	2.6727	1,35	2.6661	2.7793	2.1271	2.9749
Cambio cables y componentes G24V	1.3615	17,30	0.00	2.7230	0.00	2.7230
Cambio de Parrillas	5.1467	0,02	5.1453	5.1481	4.1168	5.9111
Cambio puerta G24V	3.1691	3,29	2.9098	3.4284	2.0487	3.8915
Cambio Puerta GCP	5.1427	0,94	5.0684	5.2171	4.3386	5.8674
Codificar cables G24V	3.7479	0,41	3.7159	3.7800	3.1147	4.8806
Codificar cables GCP	3.9717	2,19	3.7997	4.1437	3.0082	4.9955
Inspeccionar cables y componentes G24V	1.4558	0,57	1.4110	1.5007	1.0781	1.8824
Inspeccionar Cables y Componentes GCP	1.5362	1,53	1.4156	1.6567	1.0125	1.9898
Limpiar G24V	1.5290	0,03	1.5268	1.5312	1.0412	1.9974
Limpiar GCP y Boo Parrillas	2.9918	2,76	2.7744	3.2091	2.0357	3.6994
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion	3.8503	0,73	3.7928	3.9078	3.0286	4.9795
Realizar Prueba Hermeticidad	7.0588	1,00	6.9801	7.1375	6.0643	7.9562
Sellar grietas y fisuras	3.5894	0,31	3.5648	3.6141	3.2336	3.9942

Fuente: “Elaboración Propia”

Total Time Per Entity corresponde al tiempo total promedio (*Average*), tiempo mínimo (*Minimum Value*) y tiempo máximo (*Maximum Value*) que el camión (entidad) pasa en los distintos procesos.

CUARTO REPORTE: Tiempo acumulado (Accumulated Time)

Figura 18.2.5.7: “Accum VA Time”



Fuente: “Elaboración Propia”

Accum VA Time corresponde al tiempo de valor agregado acumulado por todos los camiones que pasan por los distintos procesos, sus datos se encuentran en la columna “Average”.

Figura 18.2.5.8: “Accum Wait Time”

Values Across All Replications

MAN TENIMIENTO GABINETES

Replications: 2 Time Units: Hours

Process

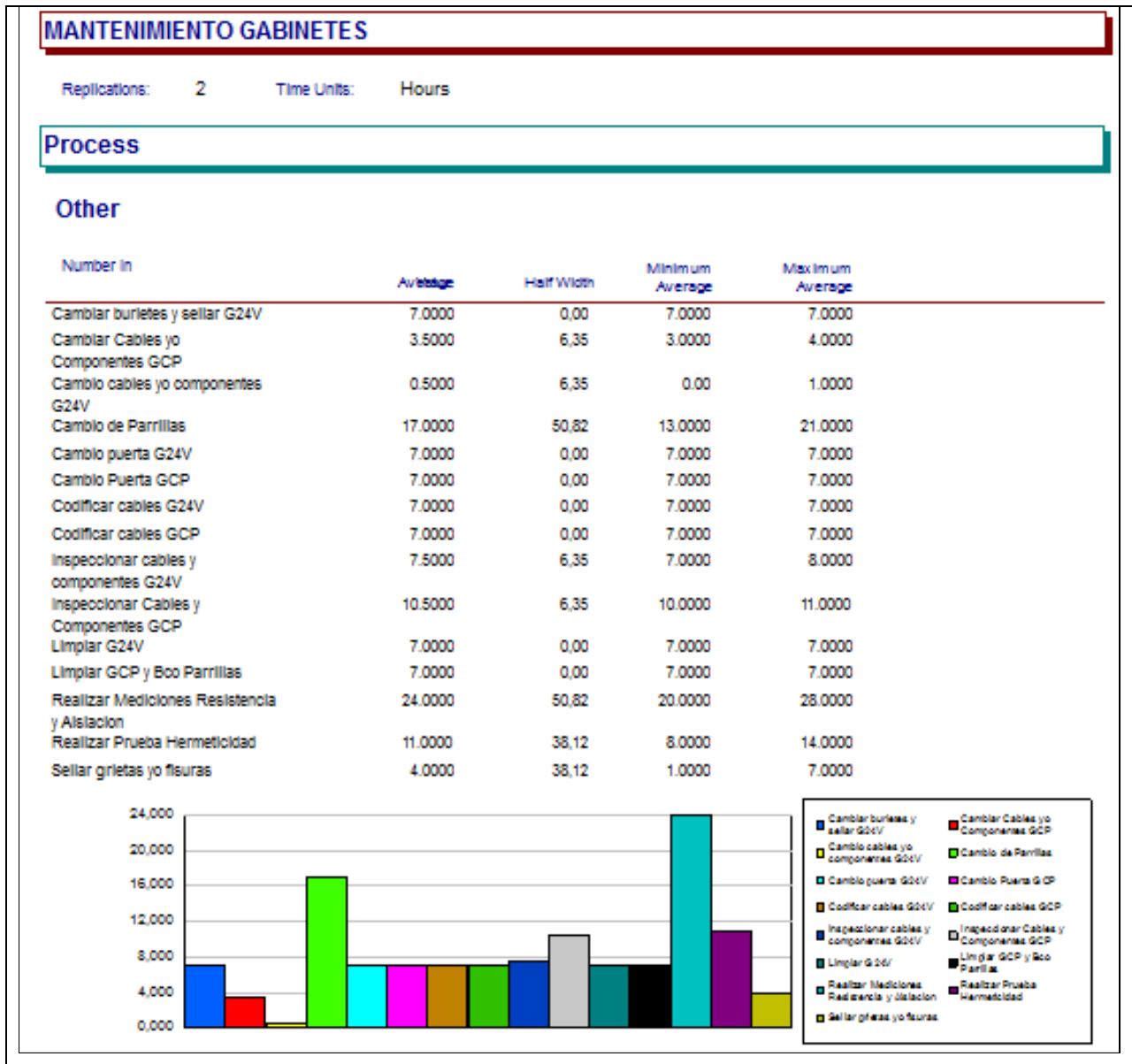
Accumulated Time

Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Cambiar burletes y sellar G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Cables y/o Componentes GCP	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio cables y/o componentes G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio de Parrillas	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio puerta G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio Puerta GCP	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables GCP	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar cables y componentes G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar Cables y Componentes GCP	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar G24V	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar GCP y Bco Parrillas	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellar grietas y/o fisuras	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: “Elaboración Propia”

Accum Wait Time corresponde al tiempo acumulado de espera por todos los camiones que pasan por los distintos procesos, es apreciable a simple vista que en nuestro modelo en estudio no se producen colas.

Figura 18.2.5.9: “Other → Number In”



Fuente: “Elaboración Propia”

Number In corresponde al número de camiones promedio que ingresan a los distintos procesos, sus datos se registran en la columna “Average” de la figura 18.2.5.9.

Figura 18.2.5.10: “Other → Number Out”

MAN TENIMIENTO GABINETES				
Replications:	2	Time Units:	Hours	
Process				
Other				
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Cambiar burletes y sellar G24V	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Cambiar Cables y Componentes GCP	3.5000	6,35	3.0000	4.0000
Cambio cables y componentes G24V	0.5000	6,35	0.00	1.0000
Cambio de Parrillas	17.0000	50,82	13.0000	21.0000
Cambio puerta G24V	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Cambio Puerta GCP	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Codificar cables G24V	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Codificar cables GCP	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Inspeccionar cables y componentes G24V	7.5000	6,35	7.0000	8.0000
Inspeccionar Cables y Componentes GCP	10.5000	6,35	10.0000	11.0000
Limpiar G24V	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Limpiar GCP y Bco Parrillas	7.0000	0,00	7.0000	7.0000
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion	24.0000	50,82	20.0000	28.0000
Realizar Prueba Hermeticidad	11.0000	38,12	8.0000	14.0000
Sellar grietas y fisuras	4.0000	38,12	1.0000	7.0000

Fuente: “Elaboración Propia”

Number Out corresponde al número de camiones promedio que salen de los distintos procesos, sus datos se registran en la columna “Average” de la figura 18.2.5.10.

QUINTO REPORTE: COLAS (Queue)

Figura 18.2.5.11: “Waiting Time”

Values Across All Replications						
MANTENIMIENTO GABINETES						
Replications:	2	Time Units:	Hours			
Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambiar burletes y sellar G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Cables y Componentes GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio cables y componentes G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio de Parrillas .Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio puerta G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio Puerta GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar cables y componentes G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar Cables y Componentes GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar GCP y Boo Parrillas .Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion .Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellar grietas y fisuras .Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: “Elaboración Propia”

Wait Time corresponde al tiempo de espera en la cola de los camiones que pasan por los distintos procesos, en nuestro caso particular de estudio no se registran colas.

Figura 18.2.5.12: “Number Waiting”

Values Across All Replications

MANTENIMIENTO GABINETES

Replications: 2 Time Units: Hours

Queue

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cambiar burletes y sellar G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambiar Cables y Componentes GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio cables y componentes G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio de Parrillas.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio puerta G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cambio Puerta GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Codificar cables GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar cables y componentes G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inspeccionar Cables y Componentes GCP.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar G24V.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limpiar GCP y Boc Parrillas.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Mediciones Resistencia y Aislacion.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Realizar Prueba Hermeticidad.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellar grietas y fisuras.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Number Waiting corresponde al número de espera en la cola de los camiones que pasan por los distintos procesos, en nuestro caso particular de estudio no se registran colas.

SEXTO REPORTE: Recurso (Resource →Usage)

Figura 18.2.5.13: “Usage”

Values Across All Replications						
MANTENIMIENTO GABINETES						
Replications:	2	Time Units:	Hours			
Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
tecnicos	0.4889	0,97	0.4124	0.5853	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
tecnicos	0.9777	1,94	0.8248	1.1306	0.00	2.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
tecnicos	2.0000	0,00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
tecnicos	0.4889	0,97	0.4124	0.5853		
Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
tecnicos	127.00	177,88	113.00	141.00		

Fuente: “Elaboración Propia”

Utilización Instantánea (*Instantaneous Utilization*) corresponde al porcentaje de utilización de recursos (técnicos) durante la simulación del modelo, en nuestro caso particular de estudio el valor asciende a 48.89% en promedio, dato situado en la columna “Average”.

Número de unidad de recurso ocupada (*Number Busy*) corresponde al porcentaje de ocupación de recursos (técnicos) durante la simulación del modelo, el valor asciende a 97.77% de las unidades de recurso de técnicos en promedio, dato situado en la columna “Average”.

Number Scheduled corresponde al número de entidades programadas que un recurso puede atender. El recurso “técnicos” puede atender 2 entidades de manera programada en promedio, dato situado en la columna “*Average*”.

Scheduled Utilization corresponde al porcentaje programado de utilización de recurso en la simulación del modelo, el valor asciende a 48.89% de utilización de los técnicos en promedio en la simulación, dato situado en la columna “*Average*”.

Total Number Seized corresponde a la cantidad de veces en que se utilizó un recurso para dar inicio o completar un proceso, el valor asciende a 127 veces del recurso técnicos en promedio, dato situado en la columna “*Average*”.

CAPÍTULO VII: BENEFICIOS Y COSTOS ASOCIADOS EN EJECUCIÓN DE TRABAJOS ASOCIADOS A LA PROPUESTA

En éste capítulo se dará detalle de los gastos y utilidades asociados que involucra el Mantenimiento de Cabinas del Operador y Gabinetes (Control y potencia, sistema 24 volts) para camiones mineros.

19. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (a costo directo unitario)

19.1 MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
TÉCNICO DE TERRENO	HH	168	\$ 16.461	\$ 2.765.448
ESPECIALISTA	HH	168	\$ 19.647	\$ 3.300.696
PREVENCIONISTA SERNAGEOMIN B	HH	20	\$ 19.647	\$ 392.940
ADMINISTRADOR DE CONTRATO	HH	20	\$ 19.647	\$ 392.940
SUBTOTAL POR UNIDAD (1)				\$ 6.852.024

Fuente: "Elaboración Propia"

19.2 MATERIALES Y SUMINISTROS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
GOMA INTERIOR CABINA CABINA/ADHESIVO	M2	4	\$ 11.250	\$ 45.000
TAPIZADO INTERIOR CABINA C/ADHESIVO	M2	12	\$ 9.167	\$ 110.004
MATERIAL FONOABSORBENTE CONFORMADO PARA PUERTAS	M2	8	\$ 99.645	\$ 797.160
MATERIAL FONOABSORBENTE TEXTURADO PARA CIELO	M2	4	\$ 60.060	\$ 240.240
MATERIAL FONOABSORBENTE CON PU PARA PISO	M2	4	\$ 128.521	\$ 514.084
ADHESIVO PARA MATERIAL FONOABSORBENTE	M2	16	\$ 3.031	\$ 48.496
CABLES DE CONTROL ALTA TEMPERATURA 2,5 mm ²	M	50	\$ 1.430	\$ 71.500
TERMINALES DE OJO AZUL Y AMARILLO	UNI	200	\$ 225	\$ 45.000
AMARRAS PLÁSTICAS	UNI	200	\$ 100	\$ 20.000
PERNOS, GOLILLAS Y TUERCAS CONTROL	GLOBAL	1	\$ 20.000	\$ 20.000
PINTURA	GL	3	\$ 6.986	\$ 20.958
SUBTOTAL POR UNIDAD (2)				\$ 1.932.442

Fuente: "Elaboración Propia"

19.3 EQUIPOS Y MAQUINARIA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
MAQUINA PINTURA	UNIDAD	1	\$ 107.143	\$ 107.143
MAQUINA HUMO	UNIDAD	1	\$ 7.000	\$ 7.000
MÁQUINA CODIFICADORA DE CABLE	UNIDAD	1	\$ 18.750	\$ 18.750
MEDIDOR DE AISLACIÓN (5 KV)	UNIDAD	1	\$ 178.571	\$ 178.571
MILIHÓMETRO	UNIDAD	1	\$ 71.429	\$ 71.429
MULTITESTER	UNIDAD	1	\$ 67.500	\$ 67.500
CAJA HERRAMIENTAS	UNIDAD	2	\$ 42.857	\$ 85.714
SUBTOTAL POR UNIDAD (3)				\$ 536.107

Fuente: "Elaboración Propia"

19.4 TOTALES Y UTILIDADES

TOTAL C. DIRECTO UNITARIO	\$ 9.320.573
G. GENERALES 7,00%	\$ 652.440
UTILIDADES 10,00%	\$ 997.301
TOTAL OFERTA	\$ 10.970.314

Fuente: "Elaboración Propia"

20. CONCLUSIÓN

Al finalizar el estudio realizado en el presente trabajo de título en la Empresa Electrónica Industrial Driver Ltda., se ha logrado el diseño de una estrategia de planificación de operaciones óptima, con el fin de lograr el cumplimiento de los tiempos estipulados para la entrega de sus servicios.

Gracias a valor agregado que entrega a los usuarios la herramienta de simulación utilizada en particular en dicho proyecto, como es Software Arena[®] se ha conseguido la correcta aplicación de la estrategia de planificación de operaciones propuesta y ratificado que contando tanto con una dotación de personal calificado, con todos los insumos, una descripción detallada y un orden sistemático óptimo de trabajos, tiempos de proyección de procesamientos lo más cercano a la realidad, inducciones al personal tanto en ámbito de seguridad como en la correcta entrega de información de funcionamiento del sistema, se podrán cumplir con metas propuestas de los plazos de entrega de sus servicios.

Además se puede concluir que realizar mantenimiento a cabinas de operador y gabinetes de camiones mineros en un tiempo destinado de 7 siete días por camión en promedio, condicionado a todos aquellos supuestos que dieron pie a la simulación y con ello el estudio en un caso real, se deja como evidencia la factibilidad de dichos trabajos y una nueva y gran oportunidad de negocio para la empresa Driver Ltda. Es necesario aclarar que su simulación se construyó bajo un pensamiento ideal de diseño, con un 99% de confiabilidad, pensando que no existen parámetros comparativos y que la única manera de validar ésta simulación es mediante la realización práctica futura de los trabajos involucrados.

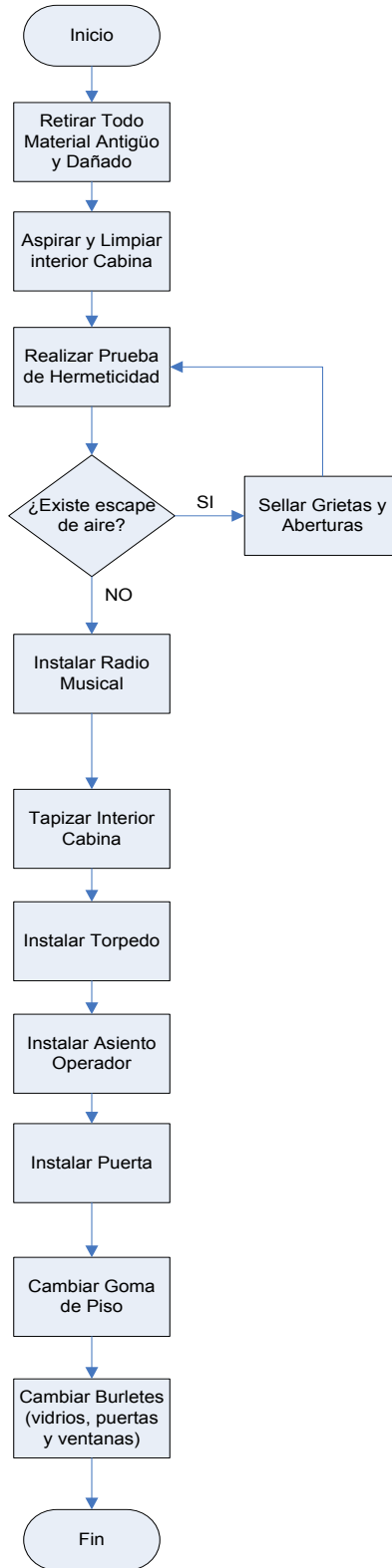
21. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Libro Simulación “Métodos y Aplicaciones”. Autores: David Ríos Insua, Sixto Ríos Insua y Jacinto Martín Jimenez. Editorial: Madrid, España.
- Libro “Simulación con Software Arena”. Autor: David W. Kelton, Randall P. Sadowski y David T. Sturrock (2008). Editorial: Mc Graw Hill. 4^{ta} edición, México.
- Libro “Estadística”. Autor: Richard C. Weimer. 4^{ta} Reimpresión, México 2002.
- Libro “Estadística”. Autor: Murray R. Spiegel, Larry J. Stephens. Editorial: Mc Graw Hill. 4^{ta} edición (2001).
- Tutorial “Simulación con Software Arena”. Sebastián Baeza, 2012.
- Libro “Cómo hacer una Tesis”. Autor: Carlos A. Sabino. 2^{da} Edición.
- Instructivo Informe Técnico “Trabajo de Seminario de Título”: Universidad Tecnológica de Chile, Inacap.
- Tesis Profesional para optar al título de Ingeniero Industrial: Desarrollo de mejoras en los procesos de carga y despacho de un terminal cementero ubicado en Catia la Mar. Universidad Católica Andrés Bello. Autor: David López, Venezuela, 2001.
- <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/Consultor-Exitoso/08.pdf>

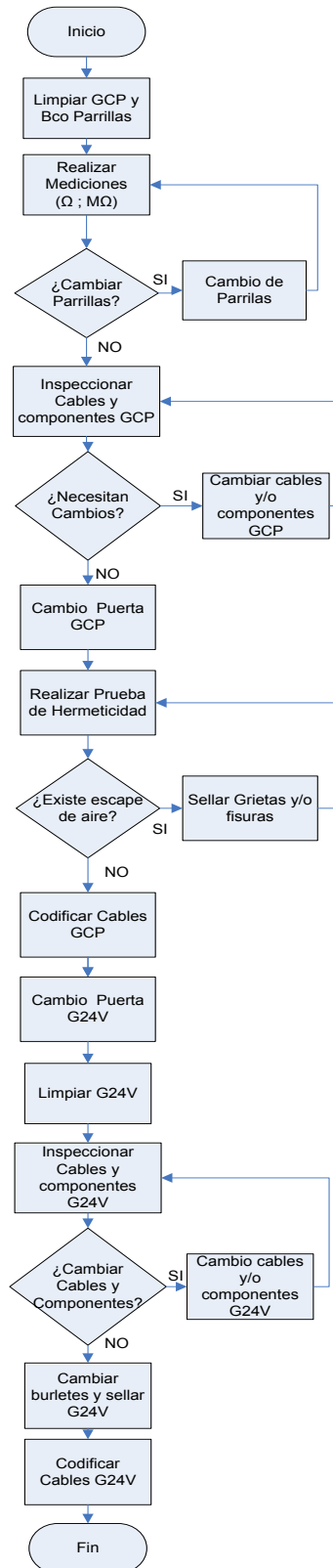
22. ANEXOS

ANEXO I: OBJETIVOS ORGANIZACIONALES ELECTRÓNICA INDUSTRIAL DRIVER LTDA.

PERSPECTIVA	OBJETIVO	KPI	CRITERIO PARA CUMPLIR EL OBJETIVO	META
FINANCIERA	Mejorar la Rentabilidad	F1	Mejorar Margen Neto (ROS)	F1=15% - 20%
		F2	Mejorar el Rendimiento sobre el patrimonio (ROE)	F2=15% - 20%
		F3	Mejorar el Rendimiento sobre los Activos (ROA)	F3=15% - 20%
	Cumplir con los niveles financieros solicitados por el Cliente	F4	Liquidez (Prueba ácida)	F4=0,5<=LI<=1
		F5	Nivel de Endeudamiento (Apalancamiento Financiero)	F5<1,5
		F6	Cobertura de Intereses (EBIT)	F6>1,5
PARTES INTERESADAS (Clientes, trabajadores, comunidad)	Lograr la satisfacción del cliente	C7	Nivel de satisfacción a obtener	C7=100%
		C8	Servicios o productos entregados a tiempo	C8>=95%
		C9	Servicios o producto no conforme y/o rechazados por el cliente	C9<=3%
	Inclusión de nuevos clientes	C10	Tiempo de respuesta a requisitos del cliente	C10<=2 días
		C11	Nivel de Reclamos recepcionados	C11<=3%
		C12	N° de clientes nuevos incluidos (base anual)	C12=
	Cumplir con los requisitos legales en términos de Seguridad y Salud Ocupacional	C13	N° de contratos nuevos obtenidos (base anual)	C13=
		S14	Índice de Accidentabilidad	S14=0
		S15	Índice de Frecuencia	S15=0
		S16	Índice de Gravedad	S16=0
		S17	Índice de incidentes tratados	S17=100%
	Cumplir con los requisitos legales en materia MA.	S18	Índice de Enfermedades Profesionales	S18=0
		M19	Índice de frecuencia	M19=0
	Lograr una Gestión Socialmente Responsable	M20	Índice de Incidentes tratados	M20=100%
RS21		N° de Proyectos de responsabilidad Social Implementados (base anual)	RS21=1	
PROCESOS INTERNOS	Aumento de la Eficiencia del Proceso de Reparaciones	P22	Disminución del Lead-Time de componentes reparados	P22=10% a 15%
		P23	Reducción del costo unitario de reparación	P23=5% a 10%
		P24	Aumento de productividad en el proceso de Reparaciones	P24=5% a 10%
	Aumento de la Eficiencia y Eficacia del Proceso de Venta de Productos	P25	Reducción del costo de ventas de productos	P25=5% a 10%
		P26	Reducción del costo unitario de los servicios	P26=5% a 10%
	Aumento de la Eficiencia y Eficacia del Proceso de Mantenimiento y Asesorías Técnicas	P27	Aumento de la Productividad en los servicios	P27=5% a 10%
		P28	N° de desviaciones detectadas durante las auditorías internas	P28<=5%
	Mejorar el clima Organizacional y la relación con los colaboradores, facilitando los cambios y la innovación en la empresa	P29	Nivel de rotación del personal (semestral)	P29=5% a 15%
		P30	Nivel de ausentismo laboral	P30<=5%
P31		N° de ideas aportadas por la organización (por área/anual)	P31>=2	
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	Asegurar que se cuenta con las competencias requeridas por la organización para cumplir con sus Objetivos	AC32	Cumplimiento del Plan de Capacitación anual	AC32=100%
		AC33	Diseñar e Implementar un Sistema de Gestión de Personas (Nivel de Implementación)	AC33>=90%

ANEXO II: FLUJOGRAMA PROCESOS MANTENIMIENTO CABINA OPERADOR

ANEXO III: FLUJOGRAMA PROCESOS MANTENIMIENTO GABINETES (CONTROL Y POTENCIA; 24 VOLTS)



ANEXO IV: TABLA DE DISTRIBUCIONES “T DE STUDENT, inversa”.

n/p	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99	0,995
1	0,324	0,726	1,000 001	1,376 382	1,962 612	3,077 685	6,313 749	31,820 96	63,655 90
2	0,288	0,617	0,816 497	1,060 660	1,386 206	1,885 619	2,919 987	6,964 547	9,924 988
3	0,276	0,584	0,764 892	0,978 472	1,249 778	1,637 745	2,353 363	4,540 707	5,840 848
4	0,270	0,568	0,740 697	0,940 964	1,189 567	1,533 206	2,131 846	3,746 936	4,604 080
5	0,267	0,559	0,726 687	0,919 543	1,155 768	1,475 885	2,015 049	3,364 930	4,032 117
6	0,264	0,553	0,717 558	0,905 703	1,134 157	1,439 755	1,943 181	3,142 668	3,707 428
7	0,263	0,549	0,711 142	0,896 030	1,119 159	1,414 924	1,894 578	2,997 949	3,499 481
8	0,261	0,545	0,706 386	0,888 890	1,108 145	1,396 816	1,859 548	2,896 468	3,355 381
9	0,260	0,543	0,702 722	0,883 404	1,099 716	1,383 029	1,833 114	2,821 434	3,249 843
10	0,260	0,541	0,699 812	0,879 057	1,093 058	1,372 184	1,812 462	2,763 772	3,169 262
11	0,259	0,539	0,697 445	0,875 530	1,087 667	1,363 430	1,795 884	2,718 079	3,105 815
12	0,259	0,538	0,695 483	0,872 609	1,083 212	1,356 218	1,782 287	2,680 990	3,054 538
13	0,258	0,537	0,693 830	0,870 151	1,079 469	1,350 172	1,770 932	2,650 304	3,012 283
14	0,258	0,536	0,692 417	0,868 055	1,076 280	1,345 031	1,761 309	2,624 492	2,976 849
15	0,257	0,535	0,691 197	0,866 245	1,073 531	1,340 605	1,753 051	2,602 483	2,946 726
16	0,257	0,535	0,690 133	0,864 667	1,071 137	1,336 757	1,745 884	2,583 492	2,920 788
17	0,257	0,534	0,689 195	0,863 279	1,069 034	1,333 379	1,739 606	2,566 940	2,898 232
18	0,257	0,533	0,688 364	0,862 049	1,067 169	1,330 391	1,734 063	2,552 379	2,878 442
19	0,256	0,533	0,687 621	0,860 950	1,065 507	1,327 728	1,729 131	2,539 482	2,860 943
20	0,256	0,532	0,686 954	0,859 965	1,064 016	1,325 341	1,724 718	2,527 977	2,845 336
21	0,256	0,532	0,686 352	0,859 075	1,062 670	1,323 187	1,720 744	2,517 645	2,831 366
22	0,256	0,532	0,685 805	0,858 266	1,061 449	1,321 237	1,717 144	2,508 323	2,818 761
23	0,256	0,531	0,685 307	0,857 530	1,060 337	1,319 461	1,713 870	2,499 874	2,807 337
24	0,256	0,531	0,684 850	0,856 855	1,059 319	1,317 835	1,710 882	2,492 161	2,796 951
25	0,256	0,531	0,684 430	0,856 236	1,058 385	1,316 346	1,708 140	2,485 103	2,787 438
26	0,255	0,530	0,684 043	0,855 665	1,057 523	1,314 972	1,705 616	2,478 628	2,778 725
27	0,255	0,530	0,683 685	0,855 138	1,056 727	1,313 704	1,703 288	2,472 661	2,770 685
28	0,255	0,530	0,683 353	0,854 648	1,055 989	1,312 526	1,701 130	2,467 141	2,763 263
29	0,255	0,530	0,683 044	0,854 192	1,055 303	1,311 435	1,699 127	2,462 020	2,756 387

30	0,255	0,530	0,682 755	0,853 768	1,054 663	1,310 416	1,697 260	2,457 264	2,749 985
31	0,255	0,529	0,682 486	0,853 370	1,054 065	1,309 463	1,695 519	2,452 825	2,744 036
32	0,255	0,529	0,682 234	0,852 998	1,053 504	1,308 573	1,693 888	2,448 678	2,738 489
33	0,255	0,529	0,681 997	0,852 649	1,052 979	1,307 737	1,692 360	2,444 795	2,733 286
34	0,255	0,529	0,681 774	0,852 322	1,052 485	1,306 951	1,690 923	2,441 147	2,728 393
35	0,255	0,529	0,681 564	0,852 012	1,052 019	1,306 212	1,689 573	2,437 719	2,723 809
36	0,255	0,529	0,681 366	0,851 720	1,051 581	1,305 514	1,688 297	2,434 499	2,719 480
37	0,255	0,528	0,681 179	0,851 444	1,051 164	1,304 854	1,687 094	2,431 443	2,715 406
38	0,255	0,528	0,681 001	0,851 182	1,050 772	1,304 230	1,685 953	2,428 569	2,711 568
39	0,255	0,528	0,680 833	0,850 935	1,050 399	1,303 638	1,684 875	2,425 841	2,707 911
40	0,255	0,528	0,680 673	0,850 699	1,050 046	1,303 076	1,683 852	2,423 258	2,704 455
41	0,254	0,528	0,680 520	0,850 476	1,049 709	1,302 544	1,682 879	2,420 802	2,701 181
42	0,254	0,528	0,680 376	0,850 263	1,049 390	1,302 035	1,681 951	2,418 474	2,698 071
43	0,254	0,528	0,680 238	0,850 060	1,049 084	1,301 552	1,681 071	2,416 255	2,695 106
44	0,254	0,528	0,680 106	0,849 867	1,048 794	1,301 090	1,680 230	2,414 135	2,692 286
45	0,254	0,528	0,679 981	0,849 682	1,048 516	1,300 650	1,679 427	2,412 116	2,689 594
46	0,254	0,528	0,679 861	0,849 506	1,048 249	1,300 227	1,678 659	2,410 188	2,687 011
47	0,254	0,527	0,679 746	0,849 336	1,047 996	1,299 825	1,677 927	2,408 342	2,684 556
48	0,254	0,527	0,679 635	0,849 174	1,047 753	1,299 438	1,677 224	2,406 578	2,682 209
49	0,254	0,527	0,679 530	0,849 018	1,047 518	1,299 069	1,676 551	2,404 886	2,679 953
50	0,254	0,527	0,679 428	0,848 869	1,047 295	1,298 713	1,675 905	2,403 267	2,677 789
51	0,254	0,527	0,679 331	0,848 726	1,047 080	1,298 372	1,675 285	2,401 721	2,675 733
52	0,254	0,527	0,679 237	0,848 588	1,046 873	1,298 044	1,674 689	2,400 229	2,673 733
53	0,254	0,527	0,679 147	0,848 456	1,046 674	1,297 731	1,674 116	2,398 792	2,671 823
54	0,254	0,527	0,679 061	0,848 328	1,046 483	1,297 426	1,673 566	2,397 410	2,669 985
55	0,254	0,527	0,678 976	0,848 205	1,046 299	1,297 135	1,673 034	2,396 082	2,668 221
56	0,254	0,527	0,678 896	0,848 087	1,046 120	1,296 853	1,672 522	2,394 800	2,666 511
57	0,254	0,527	0,678 818	0,847 973	1,045 948	1,296 580	1,672 029	2,393 572	2,664 874
58	0,254	0,527	0,678 743	0,847 863	1,045 784	1,296 319	1,671 553	2,392 380	2,663 292
59	0,254	0,527	0,678 671	0,847 756	1,045 623	1,296 066	1,671 092	2,391 225	2,661 764
60	0,254	0,527	0,678 601	0,847 652	1,045 469	1,295 821	1,670 649	2,390 116	2,660 272
61	0,254	0,527	0,678 533	0,847 554	1,045 320	1,295 584	1,670 219	2,389 042	2,658 853

62	0,254	0,527	0,678 467	0,847 457	1,045 175	1,295 356	1,669 805	2,388 006	2,657 471
63	0,254	0,527	0,678 404	0,847 364	1,045 036	1,295 134	1,669 403	2,387 005	2,656 143
64	0,254	0,527	0,678 342	0,847 274	1,044 900	1,294 920	1,669 014	2,386 041	2,654 851
65	0,254	0,526	0,678 283	0,847 186	1,044 768	1,294 711	1,668 636	2,385 095	2,653 615
66	0,254	0,526	0,678 225	0,847 101	1,044 641	1,294 511	1,668 270	2,384 186	2,652 396
67	0,254	0,526	0,678 169	0,847 019	1,044 517	1,294 316	1,667 916	2,383 304	2,651 213
68	0,254	0,526	0,678 115	0,846 939	1,044 398	1,294 126	1,667 572	2,382 449	2,650 086
69	0,254	0,526	0,678 062	0,846 861	1,044 282	1,293 942	1,667 238	2,381 612	2,648 976
70	0,254	0,526	0,678 011	0,846 786	1,044 168	1,293 763	1,666 915	2,380 802	2,647 903
71	0,254	0,526	0,677 961	0,846 713	1,044 059	1,293 589	1,666 599	2,380 020	2,646 866
72	0,254	0,526	0,677 912	0,846 642	1,043 952	1,293 420	1,666 294	2,379 256	2,645 847
73	0,254	0,526	0,677 866	0,846 572	1,043 849	1,293 256	1,665 996	2,378 520	2,644 865
74	0,254	0,526	0,677 819	0,846 505	1,043 747	1,293 097	1,665 708	2,377 801	2,643 919
75	0,254	0,526	0,677 775	0,846 441	1,043 650	1,292 942	1,665 426	2,377 101	2,642 992
76	0,254	0,526	0,677 732	0,846 376	1,043 554	1,292 790	1,665 151	2,376 419	2,642 082
77	0,254	0,526	0,677 690	0,846 314	1,043 461	1,292 643	1,664 885	2,375 755	2,641 191
78	0,254	0,526	0,677 649	0,846 254	1,043 370	1,292 499	1,664 625	2,375 109	2,640 336
79	0,254	0,526	0,677 608	0,846 195	1,043 281	1,292 360	1,664 371	2,374 481	2,639 499
80	0,254	0,526	0,677 569	0,846 137	1,043 195	1,292 224	1,664 125	2,373 872	2,638 699
81	0,254	0,526	0,677 530	0,846 081	1,043 111	1,292 091	1,663 884	2,373 272	2,637 898
82	0,254	0,526	0,677 493	0,846 027	1,043 029	1,291 961	1,663 648	2,372 690	2,637 134
83	0,254	0,526	0,677 458	0,845 973	1,042 949	1,291 835	1,663 420	2,372 117	2,636 370
84	0,254	0,526	0,677 421	0,845 921	1,042 871	1,291 712	1,663 198	2,371 562	2,635 643
85	0,254	0,526	0,677 387	0,845 870	1,042 795	1,291 592	1,662 979	2,371 016	2,634 915
86	0,254	0,526	0,677 353	0,845 821	1,042 721	1,291 473	1,662 765	2,370 489	2,634 206
87	0,254	0,526	0,677 320	0,845 772	1,042 648	1,291 357	1,662 556	2,369 979	2,633 533
88	0,254	0,526	0,677 288	0,845 724	1,042 577	1,291 246	1,662 354	2,369 470	2,632 860
89	0,254	0,526	0,677 256	0,845 679	1,042 507	1,291 137	1,662 156	2,368 979	2,632 205
90	0,254	0,526	0,677 226	0,845 633	1,042 440	1,291 029	1,661 961	2,368 497	2,631 568
91	0,254	0,526	0,677 195	0,845 589	1,042 373	1,290 923	1,661 772	2,368 024	2,630 950
92	0,254	0,526	0,677 165	0,845 546	1,042 308	1,290 821	1,661 585	2,367 560	2,630 331
93	0,254	0,526	0,677 137	0,845 504	1,042 245	1,290 721	1,661 404	2,367 115	2,629 731

94	0,254	0,526	0,677 109	0,845 462	1,042 183	1,290 623	1,661 226	2,366 669	2,629 149
95	0,254	0,526	0,677 081	0,845 421	1,042 122	1,290 526	1,661 051	2,366 241	2,628 585
96	0,254	0,526	0,677 054	0,845 381	1,042 063	1,290 432	1,660 883	2,365 823	2,628 021
97	0,254	0,526	0,677 028	0,845 342	1,042 004	1,290 341	1,660 715	2,365 405	2,627 457
98	0,254	0,526	0,677 002	0,845 305	1,041 947	1,290 250	1,660 551	2,365 005	2,626 930
99	0,254	0,526	0,676 976	0,845 267	1,041 891	1,290 161	1,660 392	2,364 604	2,626 402
100	0,254	0,526	0,676 951	0,845 231	1,041 835	1,290 075	1,660 235	2,364 213	2,625 893