

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

Tema: SISTEMA DE MANUFACTURA RECONFIGURABLE SEGÚN EL
PARADIGMA HOLÓNICO PARA EL PROCESO DE
TROQUELADO EN UNA EMPRESA DE CALZADO DEPORTIVO

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de Titulación Artículo Profesional de Alto Nivel

Autor: Ingeniero Kevin Marcelo Álvarez Rojas

Director: Ingeniero John Paúl Reyes Vásquez, Magíster

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magíster, Ingeniero Daysi Margarita Ortiz Guerrero Magíster, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica y Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Sistema de Manufactura Reconfigurable según el paradigma Holónico para el proceso de Troquelado en una empresa de Calzado Deportivo”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Kevin Marcelo Álvarez Rojas, para optar por el Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.
Miembro del Tribunal de Defansa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Sistema de Manufactura Reconfigurable según el paradigma Holónico para el proceso de Troquelado en una empresa de Calzado Deportivo, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Kevin Marcelo Álvarez Rojas bajo la Dirección de Ingeniero John Paúl Reyes Vásquez, Magíster, Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Kevin Marcelo Álvarez Rojas

AUTOR

Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Kevin Marcelo Álvarez Rojas

C.C. 1804760229

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL	v
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivo Específicos.....	3
CAPÍTULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.1 Marco Teórico	4
2.1.1 Sistema de manufactura reconfigurable.....	4
2.1.2 Sistema de manufactura inteligente.....	4
2.1.3 Sistema de manufactura holónica	5
2.1.4 ADACOR	6
CAPÍTULO III.....	7
MARCO METODOLÓGICO.....	7
3.1 Ubicación.....	7
3.2 Equipos y Materiales	7
3.3 Tipo de Investigación	7

3.3.1	Cuantitativa.....	7
3.3.2	Experimental.....	8
3.3.3	Correlacional.....	8
3.4	Población y muestra	9
3.5	Recolección de Información.....	9
3.6	Procesamiento de la información y análisis estadístico	10
3.6.1	Antecedentes de la investigación.....	10
3.6.2	Distribuciones de probabilidad para los tiempos de proceso.....	11
3.6.3	Procedimiento de experimentación.....	16
3.7	Variables respuesta.....	17
3.7.1	Variable Independiente: Sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico.....	17
3.7.2	Variable Dependiente: Rendimiento del proceso de troquelado deportivo... ..	18
CAPÍTULO IV.....		19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		19
4.1	Análisis proceso troquelado deportivo	19
4.1.1	SIPOC	20
4.1.2	Diagrama de Ensamble	20
4.1.3	Tiempos estándar	22
4.1.4	Capacidad de Producción	22
4.2	Arquitectura propuesta	24
4.3	Definición de Holarquía	26
4.4	Ruteo Dinámico.....	27
4.5	Modelación.....	28
4.6	Simulación de escenarios	29
4.6.1	Escenario 0: Control convencional sin falla	29
4.6.2	Escenario 1: Control convencional con falla parcial	30

4.6.3	Escenario 2: H-RMS con falla parcial.....	30
4.6.4	Escenario 3: Control convencional con falla total.....	32
4.6.5	Escenario 4: H-RMS con falla total.....	32
CAPÍTULO V		33
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA		33
5.1	Conclusiones	33
5.2	BIBLIOGRAFÍA.....	34
CARTA DE ACEPTACIÓN ARTÍCULO		36
CERTIFICACIÓN DE COPYRIGHT		37
ARTÍCULO CIENTÍFICO		43
MATRIZ POINT TO POINT		44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: CARACTERÍSTICAS DE RMS.....	4
Tabla 2-2: CLASES DE HOLONES.....	6
Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	9
Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	9
Tabla 3-3: DATOS TROQUELADO MICROFIBRA – TIEMPO EN SEGUNDOS/PAR.....	11
Tabla 3-4: DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD POR PROCESO Y PARÁMETROS.....	15
Tabla 3-5: ESCENARIOS DE EXPERIMENTACIÓN.....	16
Tabla 3-6: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.....	17
Tabla 3-7: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.....	18
Tabla 4-1: SIPOC DEPORTIVO.....	20
Tabla 4-2: TIEMPOS ESTÁNDAR POR PROCESO.....	22
Tabla 4-3: CANTIDAD DE RECURSOS.....	22
Tabla 4-4: RESULTADOS ESCENARIO 0.....	30
Tabla 4-5: RESULTADOS ESCENARIO 1.....	30
Tabla 4-6: COMPARACIÓN 1 VS 0.....	30
Tabla 4-7: RESULTADOS ESCENARIO 2.....	31
Tabla 4-8: COMPARACIÓN 2 VS 0.....	31
Tabla 4-9: COMPARACIÓN 2 VS 1.....	31
Tabla 4-10: RESULTADOS ESCENARIO 3.....	32
Tabla 4-11: RESULTADOS ESCENARIO 4.....	32
Tabla 4-12: COMPARACIÓN 4 VS 3.....	32
Tabla 4-13: MATRIZ SUGERENCIAS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Diagrama de Flujo Toquelado Deportivo.....	10
Figura 3-2: Tiempos de ciclo para Troquelado Microfibra – de R Studio.....	12
Figura 3-3: Análisis de correlograma para Troquelado Microfibra – de R Studio. ...	12
Figura 3-4: Resultados test de independencia para Troquelado Sintetico – de R Studio.	13
Figura 3-5: Evaluación global de modelos candidatos para Troquelado Microfibra - de ExpertFit.....	14
Figura 3-6: Test de bondad de ajuste para Troquelado Microfibra - de ExpertFit. ...	14
Figura 3-7: Ajuste distribución de probabilidad para troquelado microfibra, de ExpertFit.....	15
Figura 4-1: Modelo Cairo.....	19
Figura 4-2: Diagrama de ensamble cortes deportivo.	21
Figura 4-3: Diagrama de precedencia cortes deportivos.....	23
Figura 4-4: Proceso en estado normal.....	24
Figura 4-5: Propagación de falla.	25
Figura 4-6: Proceso en estado de falla.	25
Figura 4-7: Niveles de rendimiento jerárquico y heterárquico (Barbosa et al., 2015).	26
Figura 4-8: Ruteo de órdenes de trabajo.	27
Figura 4-9: Captura de pantalla del sistema de control H-RMS proceso y process flow, de FlexSim.	28
Figura 4-10: Captura de pantalla del sistema de control H-RMS dashboard e interfaz, de FlexSim.	28
Figura 4-11: Lógica de control en FlexSim.	29

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Plasticaucho Industrial por la apertura para la realización del trabajo de titulación.

Kevin

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Marcelo Álvarez y Maritza Rojas.

Kevin

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Los sistemas de manufactura requieren ser gestionados de tal forma que los recursos se aprovechen y los resultados productivos sean los más altos; sin embargo, estos objetivos se ven frenados por el desorden y la poca estandarización en los procesos. La aplicación de herramientas de producción sin un plan organizado de actividades y sin dirección estratégica puede reflejarse en resultados insatisfactorios. Los sistemas de manufactura tradicionales se construyen sobre estructuras de control centralizadas y rígidas con resultados casi óptimos o incluso óptimos, pero con supuestos muy restringidos, como la ausencia de pedidos urgentes o paros de máquina (Barbosa et al., 2012). En este contexto, la comunidad científica se ha inspirado en distintas áreas de la ciencia y ha propuesto varios paradigmas de fabricación, como Sistemas Multi-Agente (MAS) (Tsarev, 2020), Sistemas de Manufactura Holónico (HMS) (Cardin et al., 2018) y Sistemas de Manufactura Genética (GMS) (Shchekutin, Nikita Overmeyer, Ludger Shkodyrev, 2020).

La propuesta del informe de investigación se centra en los Sistemas de Manufactura Reconfigurable a partir del paradigma holónico que surge de la idea de descentralizar el sistema en entidades autónomas distribuidas en lugar de la centralización monolítica. RMS permite la construcción de una fábrica “en vivo” que puede responder de manera rápida y rentable a las necesidades cambiantes de los clientes (Gu & Koren, 2018). EL RMS es un sistema que tiene exactamente los recursos de producción necesarios, exactamente cuándo se necesitan. El control de este sistema se puede hacer por medio de holones, término acuñado por (Koestler, 1969). Un holón es un bloque autónomo y cooperativo de un sistema de fabricación que transforma, transporta, almacena y/o valida información (Otálora et al., 2013). La palabra holón resulta de la combinación de la palabra griega holos, el cual significa todo, y el sufijo on, el cual significa partícula. En el diseño del sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico se considera las características de los sistemas vivos como la autoorganización, agilidad,

complejidad, autoconfiguración, la autosanación, entre otras, características que impactan en la eficiencia operacional.

El contenido de la presente investigación se define a continuación: En el Capítulo I se detalla la justificación del proyecto y se muestra los objetivos a cumplir. En el Capítulo II se recopila información y se identifica bibliografía existente para el desarrollo del estado del arte sustento de la investigación. En el Capítulo III se encuentra los niveles de investigación y la metodología que se utiliza para la recolección de información necesaria para la investigación. En el Capítulo IV se describe la arquitectura del sistema, modelación del proceso y la simulación del caso de estudio. En el Capítulo V se muestra las conclusiones.

1.2 Justificación

El diseño de un sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico permite al proceso autoorganizarse para lograr la adaptación y capacidad de respuesta ante perturbaciones internas y externas inesperadas. Actualmente en el proceso de Troquelado de Calzado Deportivo de Plasticaucho del Ecuador se cuenta con varios productos con rutas de producción diferentes y en muchos casos se requiere la integración de varias máquinas de forma coordinada; sin embargo, debido a la escasa autoorganización, los procesos se retrasan o se direccionan a las rutas más largas de producción lo cual alarga el tiempo de entrega de cortes al siguiente proceso Aparado.

Los pedidos urgentes no se ingresan a la línea de producción con facilidad ya que un cambio en las condiciones normales del sistema hace que el rendimiento del proceso disminuya. El RMS es un aporte importante para Troquelado porque considera principios holónicos y desarrolla un sistema de manufactura descentralizado que lleva a la línea de producción a superar fallos imprevistos en sus servidores de una manera más adecuada y con altos niveles de cumplimiento.

El proyecto es de utilidad porque los sistemas de manufactura inspirados en las características propias de los sistemas vivos evidencian ventajas muy relevantes en cuanto a los nuevos retos del mundo actual y el diseño del RMS permite la medición

del desempeño de producción desde tres líneas de acción diferentes: throughput, wip y utilización de máquina. El sistema que se plantea permite el incremento de cortes troquelados en la línea de producción, también impacta positivamente en otros aspectos como distribución de trabajos, aumento de la flexibilidad del sistema y capacidad de respuesta ante situaciones inesperadas. El RMS a través de holones plantea la autoorganización constante del sistema y cuenta con un diagrama de ruteo de trabajos que controla el comportamiento del sistema en un comportamiento tan dinámico y adaptable como el actual.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico para el proceso de Troquelado en una Empresa de Calzado Deportivo.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Determinar el rendimiento actual del sistema de manufactura para el proceso de Troquelado.
- Combinar las características de la manufactura holónica con la optimización del rendimiento de los sistemas de manufactura tradicional mediante Arquitectura Adaptativa de Control Holónico.
- Adaptar mecanismos tipo feromona en el sistema de manufactura reconfigurable para la autoorganización del proceso.
- Desarrollar un modelo de simulación para el análisis comparativo de resultados del paradigma holónico respecto del sistema de control convencional.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Sistema de manufactura reconfigurable

Yoman Koren fue el primer investigador que propuso RMS en 1999 (Koren et al., 1999). RMS se acuñó como un sistema diseñado para un ajuste rápido de la capacidad y funcionalidad de producción, en respuesta a nuevas circunstancias, por reordenamiento o cambio de sus componentes (Saliba et al., 2019). RMS se puede definir como un sistema de fabricación, que tiene exactamente los recursos de producción necesarios, exactamente cuando es necesario (Gu & Koren, 2018). Dado que las empresas a menudo necesitan convertir los sistemas de fabricación existentes para manejar la variación, la implementación de RMS debe tener un análisis previo del sistema actual para comprender cómo las características de reconfigurabilidad en la Tabla 1 se alinean con el sistema (Rösiö et al., 2019).

Tabla 2-1: CARACTERÍSTICAS DE RMS.

Característica	Descripción
Escalabilidad	Propiedad de incrementar la capacidad de trabajo
Convertibilidad	Habilidad de cambiar de un product a otro y modificar las funciones del sistema
Diagnosticabilidad	Fácil diagnóstico de fallos de máquina y calidad de productos
Personalización	La personalización tiene como objetivo reducir el costo de la reconfiguración
Integrabilidad	Facilidad de integrar nuevos equipos o herramientas
Modularidad	Propiedad de subdividir el proceso en pequeñas partes

2.1.2 Sistema de manufactura inteligente

nteligencia artificial, robótica, Internet de las cosas (IoT), vehículos autónomos, impresión 3D, big data, tecnología Nano, máquina a máquina (M2M), sistema físico cibernético (CPS), sensores, informática móvil, etc., están dando a las industrias

manufactureras una nueva mirada para desarrollar fábricas inteligentes (Kanter & Vain, 2020; Perlovsky & Shkodyrev, 2020). Tendencias recientes como la Industria 4.0 están asegurando una nueva era de sistemas y procesos de producción industrial descentralizados, se está reestructurando completamente los procesos de producción. Estas tecnologías inteligentes podrían hacer que el flujo de trabajo, la máquina y el producto sean más inteligentes para interactuar entre sí de forma independiente. Estos cambios son fundamentales para el éxito del futuro RMS (Singh et al., 2019).

Una tendencia moderna en la teoría del control ha sido buscar la "miniaturización", la "descentralización" y la "intelectualización" en sistemas de muchos agentes autónomos que interactúan y que tienen una naturaleza social, técnica o informativa (Novikov, 2016). El sistema de fabricación inteligente puede utilizar las capacidades de toma de decisiones de las computadoras y hay numerosos ejemplos: sistemas multi-agente (Tsarev, 2020), algoritmos genéticos (Shchekutin, Nikita Overmeyer, Ludger Shkodyrev, 2020), sistemas de manufactura holónica (Cardin et al., 2018).

2.1.3 Sistema de manufactura holónica

Un holón, como lo diseñó Koestler (Koestler, 1969), es una parte identificable de un sistema (de fabricación) que tiene una identidad única, puede ser una parte y un todo al mismo tiempo (Leitão & Restivo, 2006). Complementariamente un HMS es un paradigma que traduce los conceptos de organismos vivos y organizaciones sociales al mundo manufacturero. (Barbosa et al., 2015).

El HMS es una holarquía que integra toda la gama de actividades de fabricación. Una holarquía es un sistema de holones que pueden cooperar para lograr un objetivo. Un holón es una entidad autónoma y cooperativa de un sistema de fabricación, que incluye características operativas, habilidades y conocimientos, y objetivos individuales. Puede representar una actividad física o lógica, como un robot, una máquina, una orden o incluso un operador humano (Leuvenink et al., 2019).

(Kruger & Basson, 2019) muestran los criterios de evaluación para seleccionar la plataforma a utilizar en implementaciones de control holónico. Se identifican tres características que promueven el desarrollo de sistemas holónicos: disponibilidad,

capacidad de soporte y productividad del desarrollo de las cuales se deriva un conjunto de requisitos. Estos son: reconfigurabilidad, robustez, mantenibilidad, requisitos del controlador, complejidad, verificación y reutilización.

2.1.4 ADACOR

La arquitectura adaptativa de control holónico ADACOR tiene la intención de combinar las mejores prácticas de los enfoques de control jerárquico y heterárquico, siendo lo más descentralizado posible y tan centralizado como sea necesario, es decir, utilizando un enfoque centralizado cuando el objetivo es la optimización y un enfoque más heterárquico en presencia de inesperados eventos y modificaciones (Barbosa et al., 2015).

Un HMS es un paradigma que traduce los conceptos de organismos vivos y organizaciones sociales a sistemas de producción (Barbosa et al., 2015). Los holones ADACOR son del tipo enciende and produce, siendo posible agregar un nuevo elemento sin la necesidad de reiniciar y reprogramar el sistema, lo que permite una alta flexibilidad en la adaptación y reconfiguración del sistema (Leitão & Restivo, 2006). La arquitectura ADACOR define cuatro clases holon de fabricación en la Tabla 2.

Tabla 2-2: CLASES DE HOLONES.

Clase de Holon	Descripción
Producto	Representa los productos disponibles en planta y su flujo de proceso
Orden	Responsable de gestionar en tiempo real la ejecución de órdenes de producción
Operacional	Representa los recursos del sistema. Los holones operacionales administran las actividades de los recursos, ejemplo la programación de producción
Supervisor	Responsable de introducir optimización al sistema

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La investigación se realiza en el proceso de troquelado de calzado deportivo de Plasticaucho Industrial S.A. de la ciudad de Ambato.

3.2 Equipos y Materiales

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizan los siguientes equipos y materiales:

- Computadora
- Tablero soporta hojas
- Impresora
- Cámara de fotos
- Cronómetro
- Software FlexSim versión 2019

3.3 Tipo de Investigación

3.3.1 Cuantitativa

El enfoque de la investigación es CUANTITATIVO ya que se plantea el problema con su objetivo y pregunta; así: diseñar un sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico para troquelado y ¿mejora el rendimiento del proceso de troquelado con un sistema de manufactura reconfigurable? Se revisa estudios recientes sobre manufactura holónica, sistemas inteligentes, sistemas multi agente, industria 4.0, algoritmos genéticos, sistemas de manufactura biológicos. De la revisión de literatura se selecciona la teoría que cuenta con las características de adaptabilidad y autoorganización dentro de entornos de producción con demanda variable y en presencia de perturbaciones.

Se levanta diagramas de proceso y se toman datos de tiempos de producción para la integración de manufactura tradicional con distribución de trabajos equiprobable y los sistemas reconfigurables holónicos con distribución de trabajos inteligente. Se

desarrolla un modelo de simulación para evaluar los resultados de acuerdo a las métricas de throughput, trabajo en proceso (wip) y utilización de máquina.

3.3.2 Experimental

El tipo de investigación es EXPERIMENTAL ya que plantea escenarios de producción en los que se manipula las variables de entrada y se determina los cambios en los resultados. Se definen cuatro escenarios desde producción con manufactura tradicional sin ningún tipo de perturbación hasta producción con manufactura reconfigurable con enfoque holónico en presencia de perturbaciones. En esta investigación se define a una perturbación como la presencia de falla en una máquina (servidor).

Las variables de entrada que se manipulan son estatus del servidor: modo operativo sin falla, modo operativo con falla parcial o modo operativo con falla total y tipo de distribución de trabajos: equiprobable o inteligente; mientras que, las variables de salida que se definen son throughput: número de cortes troquelados con buena calidad al final del proceso, producto en proceso (wip): número de piezas en la línea de producción y porcentaje de utilización de máquina (servidor): nivel de utilización del tiempo disponible de la máquina.

El modelo de simulación permite la realización de los cuatro escenarios o experimentos que se definen y mediante la herramienta de dashboard de Flexsim se puede obtener los resultados que luego son comparados para determinar si existe mejoras.

3.3.3 Correlacional

Se considera que el alcance de la investigación es CORRELACIONAL ya que se compara el rendimiento del proceso con manufactura tradicional y con manufactura reconfigurable. Se realiza análisis en escenarios de producción con condiciones óptimas y con presencia de fallas parcial y total. Los resultados de throughput, wip y utilización de máquina se evalúan para cada escenario.

3.4 Población y muestra

Para este caso, la población de estudio se encuentra en el proceso de troquelado de calzado deportivo de Plasticaucho Industrial S.A del Ecuador, específicamente en la línea de productos con procesos de alta frecuencia.

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.

Proceso	Número de Personas	Porcentaje
Supervisión	1	7%
Troquelado Sintético	2	14%
Limpieza y Estampado	2	14%
Troquelado TPU	1	7%
Alta Frecuencia	3	21%
Troquelado Individual	3	21%
Control de Calidad	1	7%
Abastecedor	1	7%
Total	14	

En virtud de que el número de elementos es menor a 100, se trabaja con todo el universo sin que sea necesario sacar muestra representativa.

3.5 Recolección de Información

Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.
2. ¿De qué persona u objetos?	Máquinas y trabajadores del proceso de troquelado deportivo.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (matriz de Operacionalización de Variables).
4. ¿Quién, quienes?	Investigador.
5. ¿Cuándo?	En el primer trimestre del 2020.
6. Dónde?	Plasticaucho Industrial S.A.
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias.
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, diagrama de flujo, simulación.
9. ¿Con qué?	Hojas de registro de producción, tablero de control y datos de SAP-ERP, software de simulación Flexsim.
10. ¿En qué situación?	Durante el desarrollo de los turnos de producción del proceso de troquelado deportivo.

3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.6.1 Antecedentes de la investigación

La investigación del proyecto se lleva a cabo en una importante empresa de la industria del calzado ecuatoriano debido a la complejidad en su sistema de producción. El proceso de Troquelado se encarga de cortar las piezas y subensambles que componen el calzado deportivo. La producción inicia una vez que se envía la programación del día con la cual se elabora órdenes de trabajo para cada proceso y se distribuye al personal de planta en dos turnos de trabajo.

El calzado deportivo como principal característica debe ser llamativo por lo cual requiere de un flujo de proceso más complejo, se necesita implementar técnicas como estampado o alta frecuencia. En este contexto la figura 3-1 muestra el diagrama de ensamble que se investiga en este proyecto.

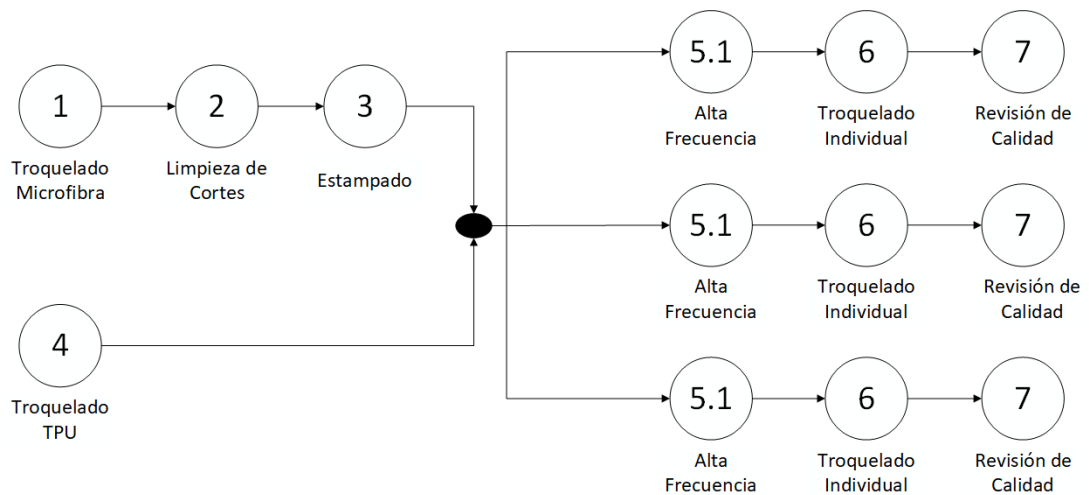


Figura 3-1: Diagrama de Flujo Troquelado Deportivo.

El proceso inicia paralelamente con el troquelado de sintético y TPU y continua con el estampado. Se cuenta con tres recursos para el proceso de alta frecuencia que en esta investigación se denominan servidores. Finalmente se realiza el troquelado individual y revisión de calidad.

3.6.2 Distribuciones de probabilidad para los tiempos de proceso

Colección de datos del sistema real Troquelado Microfibra

Para la recolección de datos, se toma 30 muestras en diferentes momentos de la jornada de trabajo. Con el software R Studio se identifica la variabilidad que existe en los datos de tiempos de proceso por lo que se realiza un análisis estadístico de las distribuciones de probabilidad que mejor representen estos datos. Se usa el distribution-fitting software denominado ExpertFit 2019 que determina de forma automática y precisa qué distribución de probabilidad representa mejor el conjunto de datos.

La Tabla 3-3 muestra los datos de troquelado microfibra con un tiempo estándar declarado por el departamento de Costeo de Plasticaucho Industrial S.A. de 52,00 seg/par.

Tabla 3-3: DATOS TROQUELADO MICROFIBRA – TIEMPO EN SEGUNDOS/PAR.

# Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dato	52,00	52,49	53,99	53,02	51,95	49,96	53,68	51,49	50,06	53,79
# Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dato	48,37	49,35	52,87	50,09	53,41	48,92	52,54	48,53	51,03	52,67
# Muestra	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dato	50,51	50,55	49,39	51,71	50,74	48,20	49,81	52,66	51,79	53,03

Análisis de Independencia Troquelado Microfibra

A través del paquete “tseries” de R Studio se identifica variabilidad en los datos y diferencias entre los resultados del tiempo de ciclo de cada turno de producción de la muestra en la Figura 3-2.

Dado un conjunto de datos, es necesario verificar si se tratan de datos independientes. En esta investigación, se usa un análisis de correlograma de varios saltos en el que se puede determinar la posible correlación que existe en los datos, la función “acf” de RStudio permite obtener la Figura 3-3. Se observa que no existe correlación en los datos en diferentes saltos y se prosigue con el análisis dado este resultado previo.

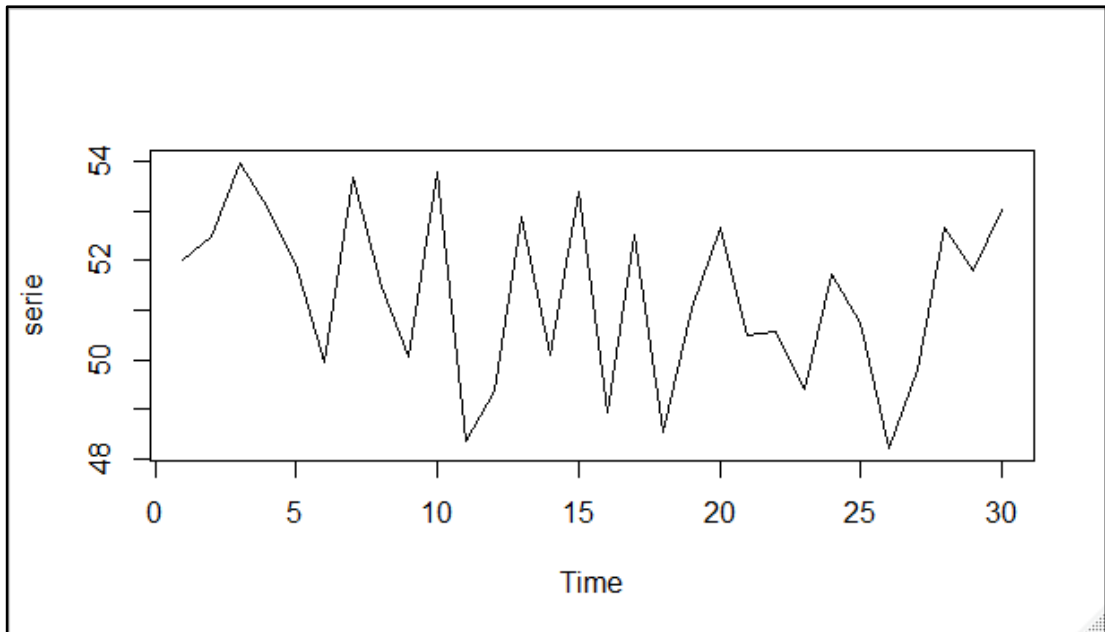


Figura 3-2: Tiempos de ciclo para Troquelado Microfibra – de R Studio.

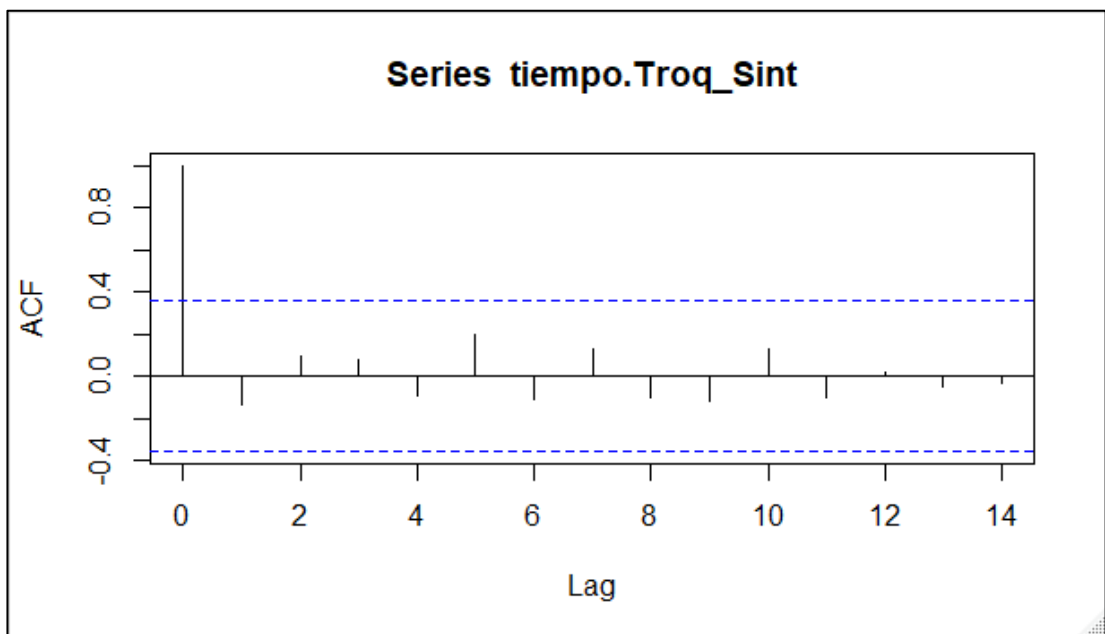


Figura 3-3: Análisis de correlograma para Troquelado Microfibra – de R Studio.

Además, se utilizan dos test de independencia: test de aleatoriedad y el test de “Ljung-box”. En el segundo test, se realiza el análisis para 1 y 2 saltos. Los resultados del test se muestran en la Figura 3-4, se determina un p-value de 0,7102 para el test de aleatoriedad; es decir, no se rechaza la hipótesis nula, en modelización es deseable que los datos de entrada sean aleatorios, por lo que, los datos son representativos para el análisis de distribución de probabilidad.

En el test de “Ljung-box” se obtiene un p-value de 0,4482 y 0,6415 para 1 y 2 saltos respectivamente, en ambos, no se rechaza independencia. Se determina que las variables son independientes ya que el turno de producción no afecta al tiempo de ciclo de proceso.

```
> runs.test(as.factor(tiempo.Troq_Sint > median(tiempo.Troq_Sint))) # Test de aleatoriedad
Runs Test
data: as.factor(tiempo.Troq_Sint > median(tiempo.Troq_Sint))
Standard Normal = 0.37161, p-value = 0.7102
alternative hypothesis: two.sided

> Box.test(tiempo.Troq_Sint, lag = 1, type = "Ljung-Box") #al retardo 1 No se rechaza independencia.
Box-Ljung test
data: tiempo.Troq_Sint
X-squared = 0.5752, df = 1, p-value = 0.4482

> Box.test(tiempo.Troq_Sint, lag = 2, type = "Ljung-Box") #al retardo 2 No se rechaza independencia.
Box-Ljung test
data: tiempo.Troq_Sint
X-squared = 0.88788, df = 2, p-value = 0.6415
```

Figura 3-4: Resultados test de independencia para Troquelado Sintetico – de R Studio.

Caracterización de Distribución Hipotética Troquelado Microfibra

Los pasos son iguales para todos los procesos, por lo que se muestra el análisis del primer proceso. Los datos se ingresan en ExpertFit y a través del automated fitting se obtienen 32 distribuciones elegibles. El software calcula la puntuación relativa de cada una y las ordena de mayor a menor, en este caso la distribución con mayor ajuste de 98,9 es Johnson Bounded (Figura 3-5).

Para la distribución Johnson Bounded al ser la que tiene mejor ajuste de acuerdo al informe, se realiza el test de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov Test, en el que se observa que la hipótesis no se rechaza en la Figura 3-6.

Para complementar el análisis se realiza una comparación gráfica de los datos reales (barra azul en la figura 3-7) y los datos de la distribución de probabilidad (línea roja en la figura 3-7). La cercanía de la función de densidad al histograma confirma visualmente la calidad de la representación de Johnson Bounded.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Johnson SB	98.39	Lower endpoint	47.71035
		Upper endpoint	54.16511
		Shape #1	-0.21717
		Shape #2	0.69539
2 - Beta	96.77	Lower endpoint	47.82141
		Upper endpoint	54.05973
		Shape #1	1.33360
		Shape #2	1.05869
3 - Weibull(E)	88.71	Location	31.45037
		Scale	20.61108
		Shape	13.66405

32 models are defined with scores between 4.84 and 98.39

Absolute Evaluation of Model 1 - Johnson SB

Evaluation: Good
 Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
 See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Johnson SB

"Error" in the model mean
 relative to the sample mean -0.01312 = 0.03%

Figura 3-5: Evaluación global de modelos candidatos para Troquelado Microfibra - de ExpertFit.

Kolmogorov-Smirnov Test with Model 1 - Johnson SB					
Sample size	30				
Normal test statistic	0.06193				
Modified test statistic	0.33920				
Note:	No critical values exist for this special case. The following critical values are for the case where all parameters are known, and are conservative.				
	Critical Values for Level of Significance (alpha)				
Sample Size	0.150	0.100	0.050	0.025	0.010
30	1.110	1.193	1.324	1.443	1.587
Reject?	No				

Figura 3-6: Test de bondad de ajuste para Troquelado Microfibra - de ExpertFit.

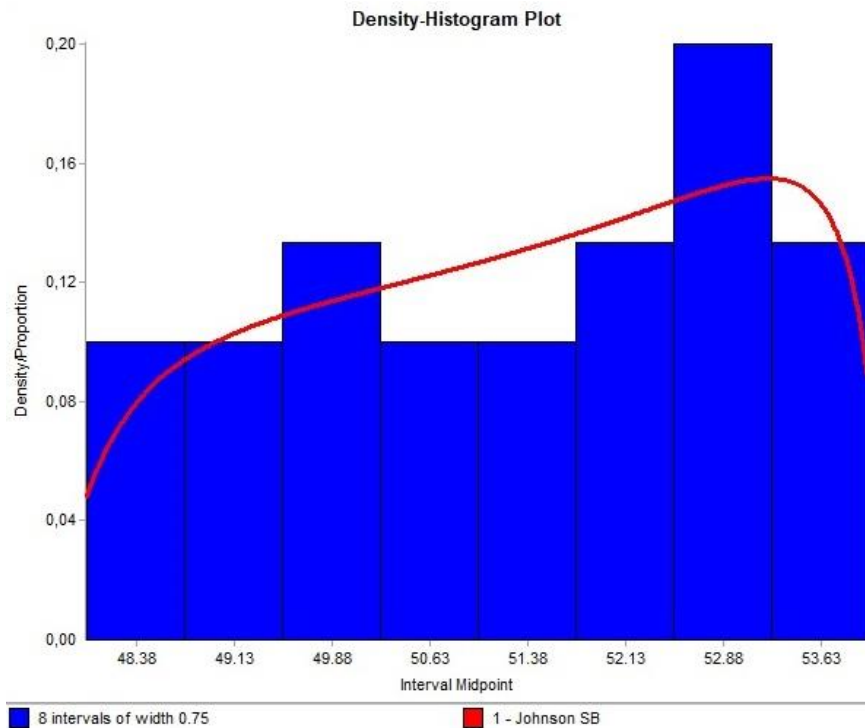


Figura 3-7: Ajuste distribución de probabilidad para troquelado microfibra, de ExpertFit.

Resumen Distribuciones de Probabilidad

El software calcula automáticamente los valores representativos de la distribución de probabilidad e incluso los ubica en forma de código para el ingreso en FlexSim como indica la Tabla 3-4. Para los procesos 1, 2, 3, 5, 7 la distribución Johnson Bounded contiene un parámetro de umbral y un parámetro de escala. Los dos parámetros de forma para la distribución Johnson Bounded se denominan gamma y delta. Para el proceso 4, la distribución Beta contiene el punto final inferior 23,9, el punto final superior 28,5, la forma 1 de 1,2 y la forma 2 de 6,6. Para el proceso 6, la distribución de Weibull contiene la ubicación 53,1, escala o alfa de 1,6 y forma o beta de 8,4, lo que significa que los datos tienen una curva sesgada a la izquierda.

Tabla 3-4: DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD POR PROCESO Y PARÁMETROS.

Proceso	Distribución
1	Johnsonbounded (47.710345, 54.165108, -0.217169, 0.695390)
2	Johnsonbounded (5.694251, 5.819827, 0.334539, 0.795730)
3	Johnsonbounded (21.011593, 21.406689, 0.695854, 1.002483)
4	Beta (23.997244, 28.519174, 1.218161, 6.626747)
5	Johnsonbounded (96.502048, 97.940534, 0.303219, 0.920731)
6	Weibull (53.156971, 1.656830, 8.488930)
7	Johnsonbounded (61.504329, 71.863338, 0.036299, 0.473419)

3.6.3 Procedimiento de experimentación

La investigación pretende demostrar que el control jerárquico o descentralizado de los procesos en presencia de perturbaciones logra mejores resultados que el control jerárquico o centralizado.

El software FlexSim versión 2019 se utiliza como herramienta de apoyo para la validación del comportamiento del proceso en diferentes escenarios. La metodología de experimentación comienza con la definición del proceso a simular, definición de la holarquía y con el fin de evaluar métricas de desempeño del control convencional con respecto al control propuesto H-RMS, la comparación en los escenarios detallados en la Tabla 3-5 se define como experimentación. En todos los escenarios se considera el servidor 1 para la simulación de fallas, no se consideran el resto de servidores ya que los resultados son los mismos. Físicamente, en cada escenario solo hay un operador en cada proceso y cuando ocurre una falla, el trabajador inactivo no está involucrado en el sistema.

Tabla 3-5: ESCENARIOS DE EXPERIMENTACIÓN.

Escenario	Tipo de Control	Tipo de Falla	Distribución de Trabajos
0	Convencional	Sin Falla	Equiprobable
1	Convencional	Parcial	Equiprobable
2	H-RMS	Parcial	WIP
3	Convencional	Total	Equiprobable
4	H-RMS	Total	WIP

3.7 Variables respuesta

3.7.1 Variable Independiente: Sistema de manufactura reconfigurable según el paradigma holónico

Tabla 3-6: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Sistema de Manufactura Reconfigurable se define como un sistema diseñado para un ajuste rápido de la capacidad y funcionalidad de producción, en respuesta a nuevas circunstancias, por reordenamiento o cambio de las condiciones del sistema.</p>	Sistema de Producción	Tiempo de ciclo por proceso	¿Qué distribución de probabilidad se ajusta a los tiempos de ciclo?	Hojas de registro de producción R Studio ExpertFit
	Capacidad y funcionalidad de producción	Distribución de Trabajos	¿Cómo se realiza la distribución de órdenes de trabajo?	Registro ERP Tablero de Control de Producción
	Condiciones del sistema	Estatus del Servidor	¿Cuáles son los estatus que puede presentar una máquina o servidor?	Tablero de Control de Producción

3.7.2 Variable Dependiente: Rendimiento del proceso de troquelado deportivo

Tabla 3-7: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El rendimiento de un proceso se mide de acuerdo a la tasa de salida de producto OK determinado por su capacidad de producción con la mínima generación de inventario en proceso y el uso eficiente de los recursos.	Capacidad de Producción	Throughput	¿Cuántos pares de cortes deportivos se producen en un turno de trabajo?	Hojas de registro de producción FlexSim
	Inventarios	Producto en proceso (WIP)	¿Cuál es la cantidad de wip en el servidor?	Simulación en FlexSim
	Eficiencia	Utilización de máquina	¿Cuál es el porcentaje de tiempo en que los procesos se encuentran produciendo?	Simulación en FlexSim

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis proceso troquelado deportivo

El área de Troquelado de Plasticaucho Industrial se encarga de cortar las piezas principales y subensambles de los productos que la empresa ofrece. Los productos se dividen en calzado escolar y calzado deportivo multiuso.

En esta investigación se analiza los procesos de troquelado para el calzado deportivo multiuso. En este contexto, la modalidad de trabajo en el área está definida por lotes de transferencia de 15 pares que se colocan en jabas para facilitar el manejo de materiales. La producción inicia una vez que se envía la programación del día con la cual se elabora órdenes de trabajo para cada proceso y se distribuye al personal de planta en dos turnos de trabajo.

Existen varios modelos que integran la familia de productos de calzado deportivo multiuso con características y procesos muy similares, el modelo que se escoge para la investigación se denomina “Cairo” con un seriado de tallas de la 23 a la 40. Dicho modelo es significativo para el análisis de la investigación pues su ruta de proceso integra todas las tareas, actividades y secuencia de un modelo típico para deportivo multiuso. La Figura 4-1 muestra el modelo “Cairo”.



Figura 4-1: Modelo Cairo.

4.1.1 SIPOC

En la tabla 4-1 se muestra las relaciones entre los subprocesos para la fabricación de cortes y subensambles del calzado Deportivo Multisuso. Para cada subproceso se indica proveedor, insumo, salida y clientes.

Tabla 4-1: SIPOC DEPORTIVO.

Proveedores	Insumos	Procesos	Productos	Clientes
Logística MP	Microfibra Entretelada Troquel Múltiple	Troquelado Microfibra	Corte en jaba	Limpieza de cortes
Troquelado Microfibra Abastecedor	Solvente	Limpieza de Cortes	Corte en jaba	Estampado
Limpieza de Cortes Abastecedor	Lacas Acetatos Mallas	Estampado	Corte en jaba	Alta Frecuencia
Abastecedor	TPU Troquel Aplique	Troquelado TPU	Corte en jaba	Alta Frecuencia
Estampado Troquelado TPU	Microfibra Entretelada TPU Molde	Alta Frecuencia	Corte en jaba	Troquelado Individual
Alta Frecuencia	Microfibra Entretelada Troquel Individual	Troquelado Individual	Corte en jaba	Revisión de Calidad
Troquelado Individual	Cortes	Revisión de Calidad	Plan agregado	Abastecedor

4.1.2 Diagrama de Ensamble

En la Figura 4-2 se realiza el levantamiento del diagrama de ensamble para el proceso de troquelado deportivo. Se identifica que existen tres actividades iniciales relacionadas con el troquelado de materia prima, en este caso, microfibra. Estas actividades se realizan por una sola persona y en una sola máquina por lo cual el tiempo de ciclo se determina como la sumatoria de los tiempos individuales.

Los procesos siguientes son la limpieza de cortes y estampado, siendo el primero una actividad manual y la segunda una actividad en máquina. Se observa en el diagrama que de forma paralela otro operario realiza el troquelado de otra materia prima, en este caso, TPU, este material se requiere antes de iniciar la alta frecuencia el cual es un proceso que consiste en la unión entre dos materiales: sintético y TPU mediante electricidad.

Posteriormente, se realiza el troquelado individual que consiste en eliminar el material sobrante de la capellada para que pueda ser cosido en el área de costura (no ingresa en el análisis). Finalmente, se realiza la revisión de calidad.

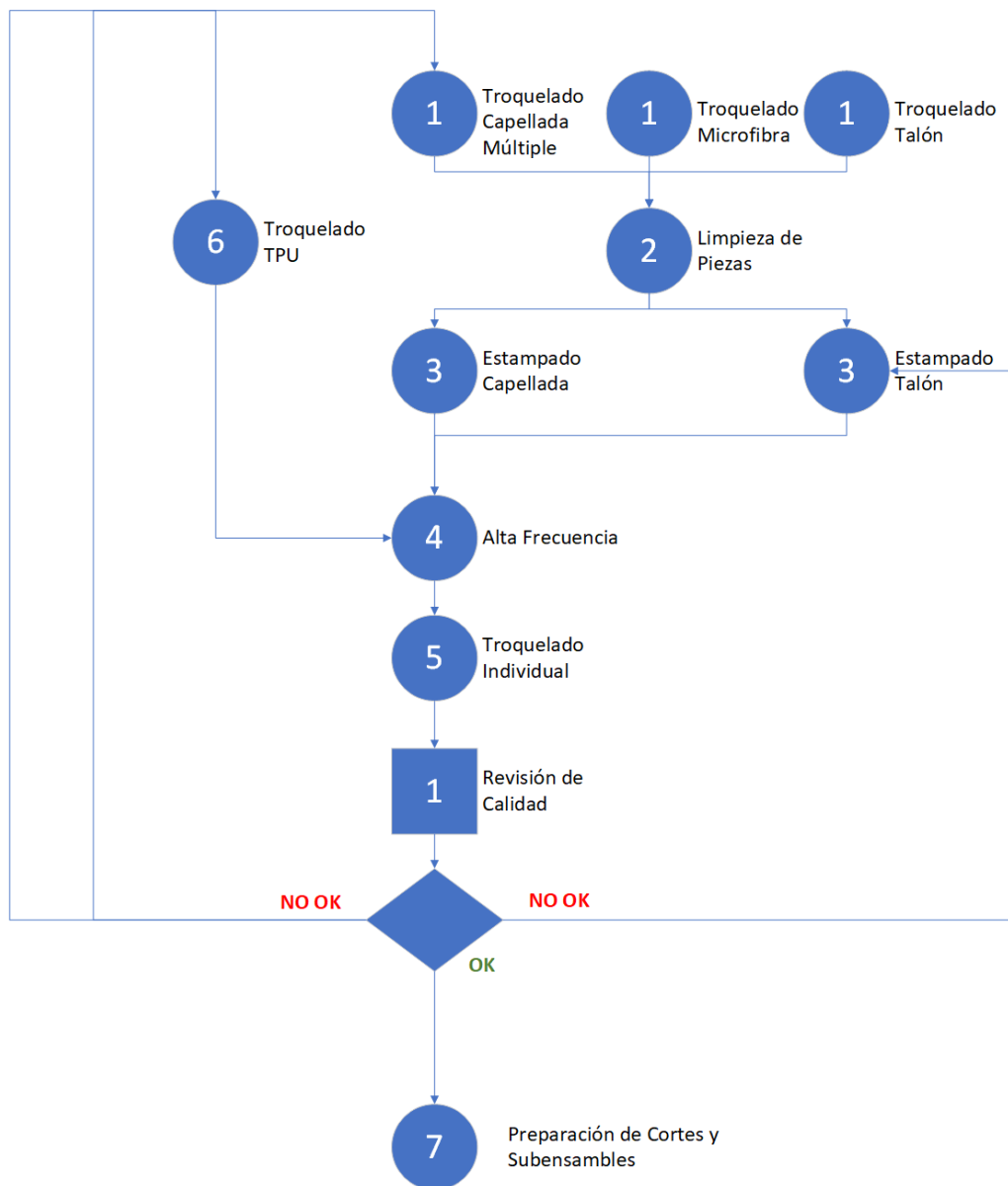


Figura 4-2: Diagrama de ensamble cortes deportivo.

4.1.3 Tiempos estándar

Para todos los procesos de corte de calzado deportivo, se definen tiempos estándar por el área de costeo. Estos datos, sirven para la determinación de costos estándar en y en la empresa se controla el cumplimiento. Sin embargo, al ser procesos manuales existe la presencia de variabilidad por lo que es necesario el análisis estadístico que se menciona en la metodología.

Tabla 4-2: TIEMPOS ESTÁNDAR POR PROCESO

Tarea	Descripción	Tiempo (min/par)	Precedente
A	Troq_Mic	52,00	-
B	Limp_Cortes	5,70	A
C	Est_Talon	21,40	B
D	Est_Cape	21,40	B
E	Troq_TPU	24,04	-
F	Alta Frecuencia	97,60	C, D, E
G	Troq_Ind	54,74	F
H	Revisión de Calidad	66,40	G

4.1.4 Capacidad de Producción

La línea de producción de troquelado deportivo cuenta con los recursos que se indican en la Tabla 4-3 para un turno de trabajo. La cantidad de máquinas que se indica son las que se programan y por las cuales pasan los cortes deportivos.

Tabla 4-3: CANTIDAD DE RECURSOS

Tarea	Descripción	# Máquinas
A	Troq_Mic	2
B	Limp_Cortes	1
C	Est_Talon	1
D	Est_Cape	1
E	Troq_TPU	1
F	Alta Frecuencia	3
G	Troq_Ind	1
H	Revisión de Calidad	1

El diagrama de precedencia de la Figura 4-3 permite realizar el análisis de la capacidad de producción de la línea de cortes deportivos, se observa que el proceso restricción es la revisión de calidad con un tiempo de ciclo de 66,40 seg/par y una salida de 434 pares al final de la línea. Seguido se encuentra el proceso de troquelado individual con 54,74 seg/par o una producción de 526 pares. En esta investigación, no se analiza estos dos procesos revisión de calidad y troquelado individual ya que mediante la agregación de recursos la línea se balancea y estos se ajustan a la capacidad de producción de los servidores de alta frecuencia.

Sin embargo, al considerar la línea de producción hasta los servidores o máquinas de alta frecuencia se identifica que el tiempo de ciclo de este proceso se convierte en la restricción y en este caso no se puede agregar más recursos ya que únicamente se cuenta con tres. Esta investigación, analiza el sistema de manufactura reconfigurable en la distribución de trabajos hacia estos servidores ya que durante un fallo de uno de ellos disminuye la salida de producción.

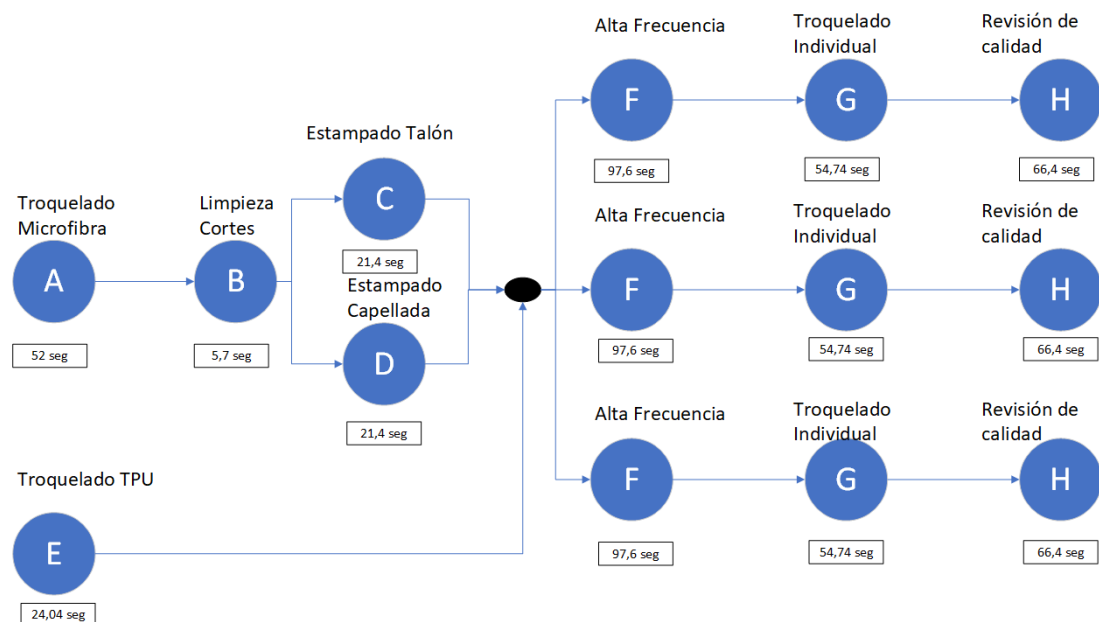


Figura 4-3: Diagrama de precedencia cortes deportivos.

Del análisis de la Figura 4-3 se identifica que la salida de los servidores es de 295 pares como medida estándar de producción, sin considerar variabilidad.

4.2 Arquitectura propuesta

Se propone un sistema de manufactura reconfigurable con un enfoque holónico al que en esta investigación se lo denomina H-RMS. La arquitectura del sistema de control es dinámica, es decir, se reorganiza de acuerdo al estado operacional del sistema tal como en ADACOR. Cuando el proceso se encuentra en estado normal en la figura 4-4, la arquitectura es jerárquica y solo existe una entidad decisional (SH) que controla el proceso, las tasas de producción se mantienen y no existe falla.

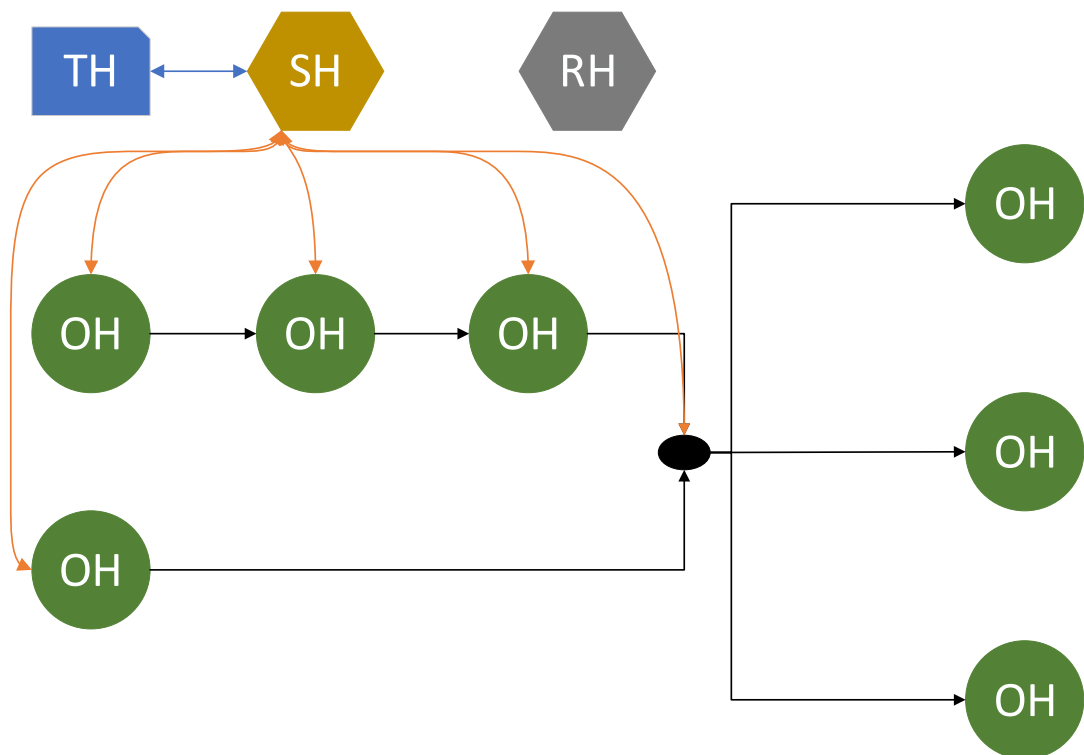


Figura 4-4: Proceso en estado normal.

En esta investigación se analizan dos tipos de falla, el primer caso se considera a un paro total de máquina donde la tasa de producción es cero y el segundo a un fallo parcial en donde la tasa de producción disminuye a la mitad. Una vez que se presenta una falla en el servidor como en la figura 4-5, inicia el proceso de propagación de falla a través de mecanismos tipo feromona; es decir, el servidor emite una alerta con nivel de intensidad de acuerdo al tipo de falla hacia los otros servidores (OH) del mismo grupo y hacia los holones de control SH y RH los que actúan en el proceso para que se convierta en una arquitectura heterárquica como en la figura 4-6. Cuando

el proceso se encuentra en estado de falla el holón RH toma el control de ruteo y distribuye los trabajos de forma inteligente.

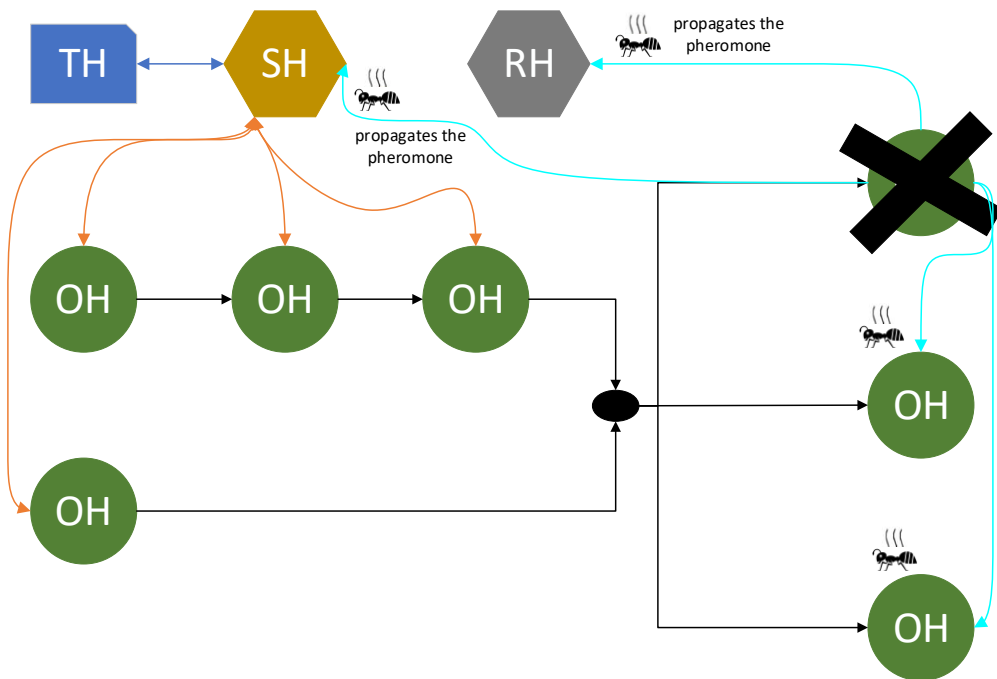


Figura 4-5: Propagación de falla.

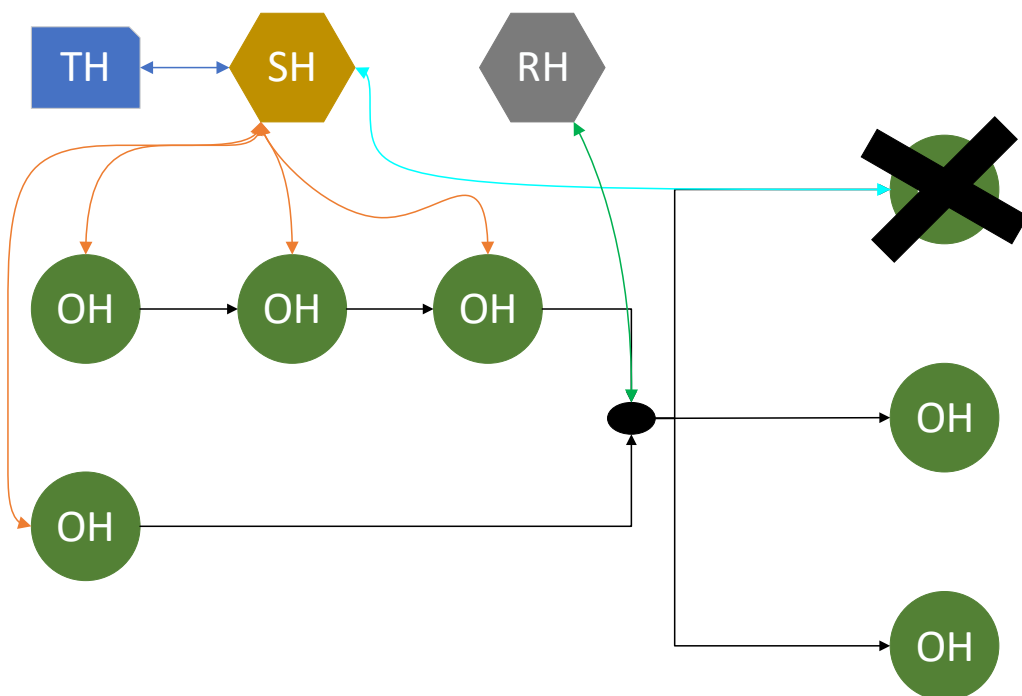


Figura 4-6: Proceso en estado de falla.

Al combinar las características de la manufactura holónica $he(t)$ con la optimización del rendimiento de los sistemas de manufactura tradicional $hi(t)$ mediante

Arquitectura Adaptativa de Control Holónico se obtiene los escenarios de la figura 4-7:

- En condiciones normales, el control convencional jerárquico $hi(t)$ obtiene mejores resultados: $hi(t) > he(t)$.
- En presencia de perturbaciones en el sistema, el control heterárquico $he(t)$ obtiene mejores resultados: $he(t) > hi(t)$.
- La combinación de los tipos de control, logra una arquitectura $ha(t)$ con lo mejor de los dos enfoques: $ha(t) > he(t) > hi(t)$.

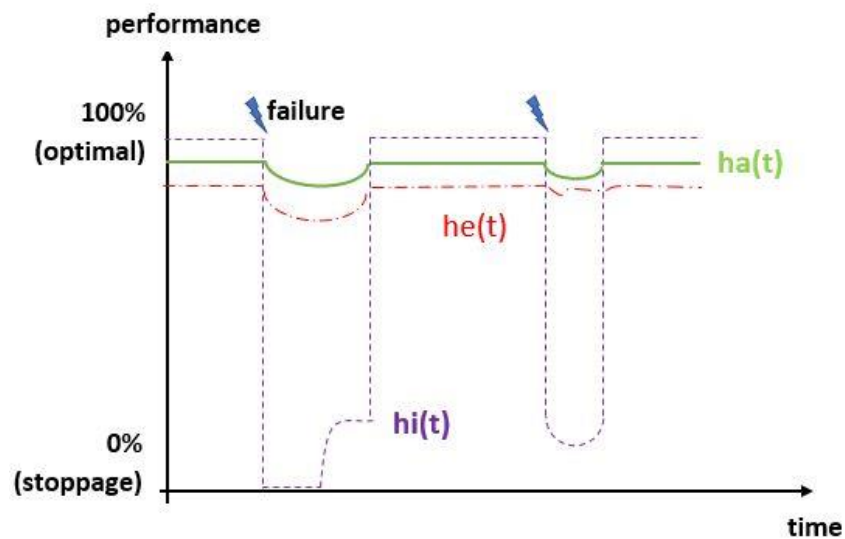


Figura 4-7: Niveles de rendimiento jerárquico y heterárquico (Barbosa et al., 2015).

4.3 Definición de Holarquía

La holarquía en esta investigación se deriva de ADACOR con sus cuatro tipos de holones: producto, orden, recurso y supervisor que se encargan de planificación, ordenes de trabajo, máquinas y control de producción respectivamente. En el caso particular de H-RMS al holon recurso se denomina holon servidor y al holon supervisor se desagrega en dos entidades independientes denominadas holon controlador y holón de ruteo.

Las características principales de estos holones se describen, así:

- Holón Controlador (SH): toma el control de las tasas de producción de los holones servidores.

- Holón Servidor (OH): representa la parte física y lógica de una máquina de alta frecuencia, este Holón emite una alerta tipo feromona (mayor cuando mayor es la falla) e informa su estatus operativo al holon de ruteo.
- Holón de Ruteo (RH): representa la dinámica de ruteo dentro del sistema, pasa de control convencional a control inteligente dependiendo el estado operativo del holón servidor.

4.4 Ruteo Dinámico

La dinámica de ruteo representa la forma en que los trabajos se distribuyen dentro del proceso desde la arquitectura jerárquica hasta la transformación en arquitectura heterárquica. La configuración en H-RMS se hace por disponibilidad del sistema, medida que permite al sistema reconfigurarse cuando ocurre una falla; es decir, cuando el proceso opera sin perturbaciones existe plena disponibilidad de todos servidores por lo que la distribución de trabajos es equiprobable. Cuando aparece una falla en cualquier servidor, la distribución de trabajos se asigna en base al WIP de cada uno, se compara los trabajos en cola y se asigna al de menor valor (Figura 4-8).

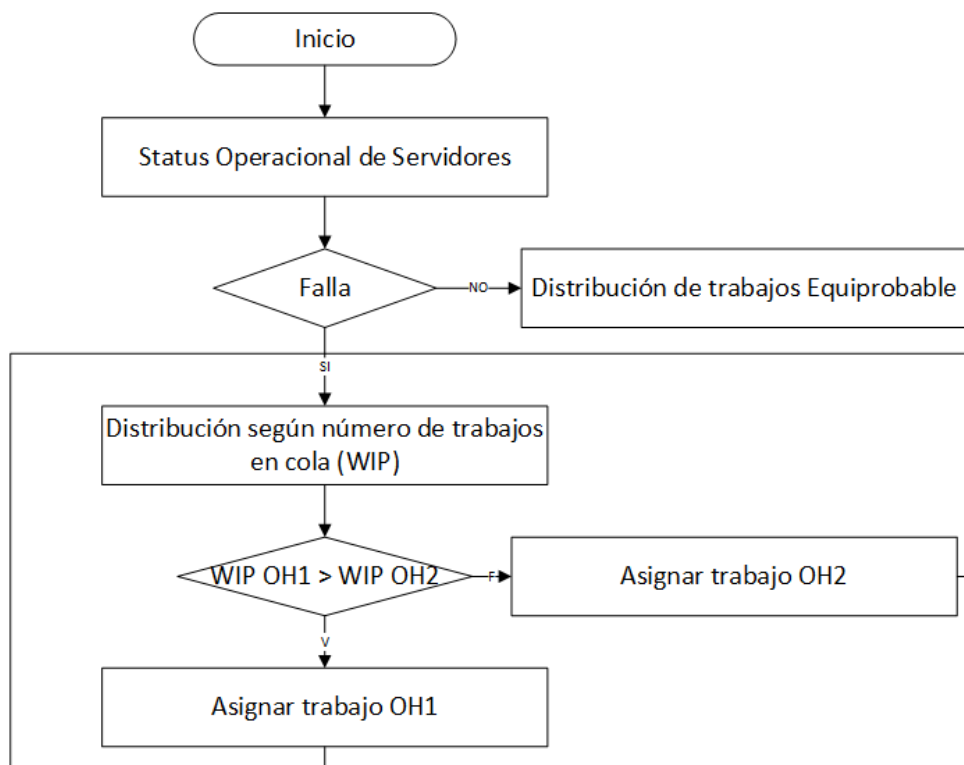


Figura 4-8: Ruteo de órdenes de trabajo.

4.5 Modelación

Las variables de entrada del modelo de simulación son los tiempos de cada actividad que se definen de acuerdo a la Tabla 3-3, se asume que la llegada de materia prima es constante. La jornada de trabajo se considera 8 horas o 28800 segundos. Las variables de salida de interés son el rendimiento: tasa de salida de productos de cada servidor, WIP: número promedio de trabajos en proceso y utilización: porcentaje de tiempo que el servidor está procesando.

El sistema de control desarrollado en FlexSim se divide en 4 secciones. La figura 4-9 muestra la sección *proceso* que se modela a través de las bibliotecas de objetos del software y la sección *process flow* se utiliza para controlar las fallas de los servidores.



Figura 4-9: Captura de pantalla del sistema de control H-RMS proceso y process flow, de FlexSim.

La figura 4-10 muestra la sección *dashboard* que vincula los resultados de cada servidor a las variables de salida que se definen y la sección de *interfaz de usuario* que permite manipular el estado operativo del servidor: activo o en falla.

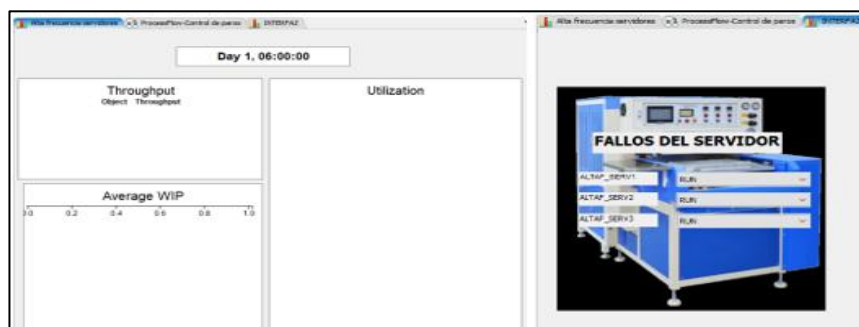


Figura 4-10: Captura de pantalla del sistema de control H-RMS dashboard e interfaz, de FlexSim.

La holarquía se modela de acuerdo a la figura 4-11. Los servidores reportan su status operacional al holón de ruteo y holón controlador quienes validan el modo de falla y en caso afirmativo ejecutan los mandos de control; así, el holón controlador cede las decisiones de distribución al holón de ruteo el cual cambia la lógica de programación y asigna trabajos a los servidores de acuerdo a “shortest queue if available” de Flexsim.

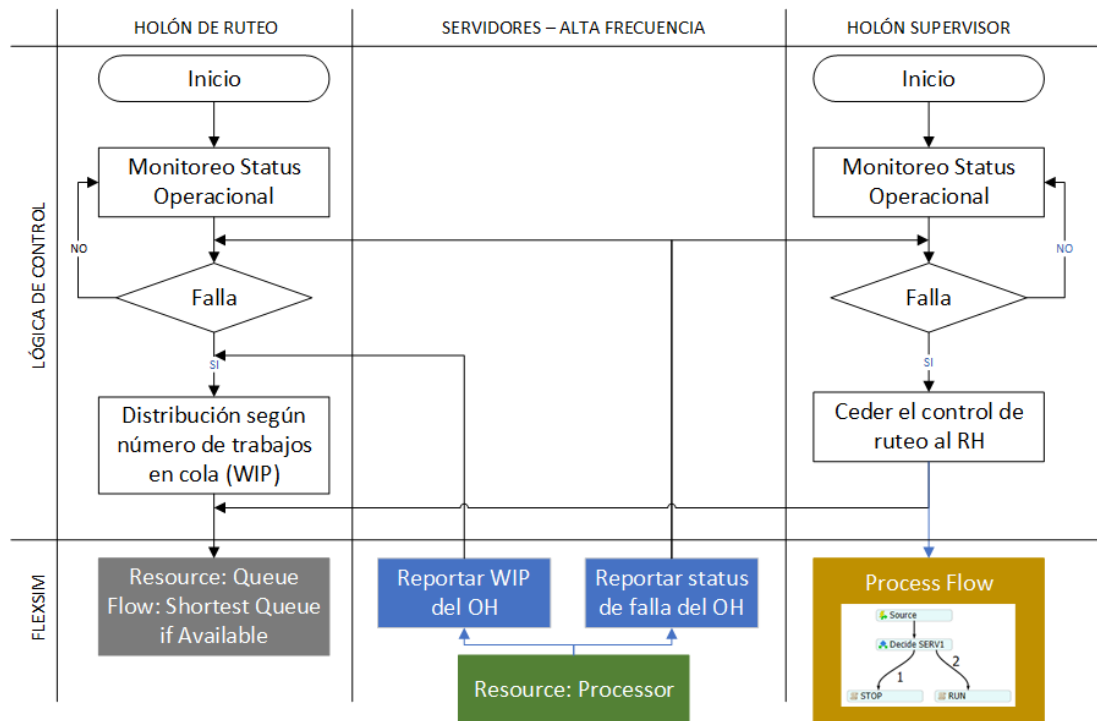


Figura 4-11: Lógica de control en FlexSim.

4.6 Simulación de escenarios

La investigación representa un aporte significativo para la industria del calzado ya que no se han presentado casos en Ecuador con aplicaciones similares.

4.6.1 Escenario 0: Control convencional sin falla

El escenario base o 0 representa la mejor situación posible durante la producción; es decir, sin presencia de fallas. La Tabla 4-4 muestra los resultados. En estas condiciones de equilibrio la tasa de salida de productos es la máxima alcanzable con 866 pares y un costo de producción considerando solamente los servidores de 0,24 \$/par.

Tabla 4-4: RESULTADOS ESCENARIO 0.

	THROUGHPUT - 0	WIP - 0	UTILIZACION - 0	COSTO - 0
S1	295	9,85	99,69	0,235
S2	290	9,63	98,04	0,239
S3	281	9,12	95,08	0,247
Total	866	28,6	292,81	0,240

4.6.2 Escenario 1: Control convencional con falla parcial

Debido a que el servidor 1 se encuentra en falla, el throughput total inevitablemente disminuye a 722 pares respecto del escenario base disminuye en 16,63% y el costo de producción es de 0,29 \$/par. El control convencional trata de disminuir el impacto de la perturbación por lo que en los servidores 2 y 3 el throughput sube en 0,34% y 1,07% respectivamente.

El WIP total aumenta un 1,57% y alcanza un máximo del 3,40% en el caso del servidor 3, es decir, el control de materiales se vuelve más complejo. Los servidores 2 y 3 aumentan la producción ya que el control convencional envía órdenes de trabajo que no se ejecutan en el servidor 1 con la misma lógica de distribución equiprobable. Esta situación es posible, ya que el porcentaje de utilización aún no es 100.

Tabla 4-5: RESULTADOS ESCENARIO 1.

	THROUGHPUT - 1	WIP - 1	UTILIZACION - 1	COSTO - 1
S1	147	9,88	99,69	0,472
S2	291	9,74	98,21	0,238
S3	284	9,43	96,07	0,244
Total	722	29,05	293,97	0,290

Tabla 4-6: COMPARACIÓN 1 VS 0.

	THROUGHPUT	WIP	UTILIZACION	COSTO
S1	-50,17%	0,30%	0,00%	100,72%
S2	0,34%	1,14%	0,17%	-0,33%
S3	1,07%	3,40%	1,04%	-1,09%
Total	-16,63%	1,57%	0,40%	20,83%

4.6.3 Escenario 2: H-RMS con falla parcial

El throughput con control H-RMS es 734 pares respecto del escenario base disminuye 15,24%. El control inteligente con H-RMS hace que el impacto de la

perturbación sea menor, el throughput en los servidores 2 y 3 sube en 1,38% y 4,27% respectivamente.

El WIP disminuye en 4,37% y 2,70% en los servidores 1 y 2, en el caso del servidor 3 aumenta en 2,41%; sin embargo, el WIP total disminuye en 1,64%; es decir, el ruteo es más efectivo.

La utilización de los servidores también se beneficia con H-RMS en el cual se alcanza un máximo incremento de 4,19% en el servidor 3 y un global de 1,78%.

Tabla 4-7: RESULTADOS ESCENARIO 2.

	THROUGHPUT - 2	WIP - 2	UTILIZACION - 2	COSTO - 2
S1	147	9,42	99,69	0,472
S2	294	9,37	99,27	0,236
S3	293	9,34	99,06	0,237
Total	734	28,13	298,02	0,280

Tabla 4-8: COMPARACIÓN 2 VS 0.

	THROUGHPUT	WIP	UTILIZACION	COSTO
S1	-50,17%	-4,37%	0,00%	100,72%
S2	1,38%	-2,70%	1,25%	-1,38%
S3	4,27%	2,41%	4,19%	-4,13%
Total	-15,24%	-1,64%	1,78%	16,67%

Al comparar los dos tipos de control en falla se demuestra que H-RMS con arquitectura heterárquica alcanza mejores resultados que el control convencional con arquitectura jerárquica. El throughput se incrementa en 1,66%, el WIP disminuye en 3,17% y la utilización de servidores aumenta en 1,38%.

Tabla 4-9: COMPARACIÓN 2 VS 1.

	THROUGHPUT	WIP	UTILIZACION	COSTO
S1	0,00%	-4,66%	0,00%	0,00%
S2	1,03%	-3,80%	1,08%	-1,05%
S3	3,17%	-0,95%	3,11%	-3,07%
Total	1,66%	-3,17%	1,38%	-3,45%

4.6.4 Escenario 3: Control convencional con falla total

En este escenario la falla es total; es decir, la tasa de producción es cero durante el tiempo de simulación. Se obtiene un throughput total de 584 pares. Como consecuencia del fallo total el WIP y la utilización de servidores disminuye.

Tabla 4-10: RESULTADOS ESCENARIO 3.

	THROUGHPUT - 3	WIP - 3	UTILIZACION - 3	COSTO - 3
S1	0	1	0	69,360
S2	294	9,86	99,48	0,236
S3	290	9,66	97,96	0,239
Total	584	20,52	197,44	0,360

4.6.5 Escenario 4: H-RMS con falla total

En presencia de una perturbación mayor el control H-RMS sigue siendo mejor que el control convencional. Se observa que el throughput no se incrementa en el servidor 2 pero sí en el servidor 3 con 1,38% lo que impacta positivamente el throughput total en 0,68%.

El WIP disminuye en el servidor 2 con 1,62% y aumenta en el servidor 3 con 0,21%. La utilización de servidores se relaciona directamente con el throughput en donde se observa que el servidor 3 tiene mejor utilización y consecuentemente mejor throughput.

Tabla 4-11: RESULTADOS ESCENARIO 4.

	THROUGHPUT - 4	WIP - 4	UTILIZACION - 4	COSTO - 4
S1	0	1	0	69,360
S2	294	9,7	99,48	0,236
S3	294	9,68	99,18	0,236
Total	588	20,38	198,66	0,350

Tabla 4-12: COMPARACIÓN 4 VS 3.

	THROUGHPUT	WIP	UTILIZACION	COSTO
S1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
S2	0,00%	-1,62%	0,00%	0,00%
S3	1,38%	0,21%	1,25%	-1,38%
Total	0,68%	-0,68%	0,62%	-2,778%

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusiones

Se propuso un estudio de caso experimental basado en RMS y enfoque holónico. Así, a través de los resultados presentados, fue posible obtener una distribución inteligente de órdenes de trabajo con el software FlexSim. En este sentido, los sistemas de fabricación tradicionales con un enfoque de control jerárquico y una única entidad de decisión tienen limitaciones para reaccionar ante perturbaciones inesperadas, manteniendo la productividad y la calidad.

Cuando en el sistema ocurre una falla parcial de un servidor, la distribución equiprobable de trabajos del control convencional alcanza 147 pares en el servidor en falla y los otros servidores logran 291 y 284 pares respectivamente, en este escenario no se logra distribuir los trabajos cooperativamente. Cuando el control se hace con H-RMS el servidor en falla alcanza 147 pares; sin embargo, la distribución de acuerdo al número de trabajos en cola permite reaccionar de forma cooperativa entre los servidores y se producen 294 y 293 pares lo que representa un incremento de 1,03% y 3,17% en el throughput. De forma global entre los escenarios 2 y 1 de falla parcial, el H-RMS incrementa el throughput en 1,06%.

Cuando en el sistema ocurre una falla total, la producción de este servidor es de 0 pares. En el control convencional se logra un throughput total de 584 pares y con H-RMS un throughput total de 588, es decir, ocurre un incremento de 0,68%.

Las nuevas tendencias de control, como la arquitectura propuesta en esta investigación, se basan en la estratificación del sistema en entidades de toma de decisiones autónomas y cooperativas que permitan implementar dinámicas de enrutamiento adaptativo; es decir, en presencia de perturbaciones, la lógica de control cambia, los holones servidor apoyan a otros del mismo grupo y la

distribución de trabajos se realiza con un holón de enrutamiento que registra el número de trabajos en proceso, los compara y ejecuta la distribución inteligente.

5.2 BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, J., Leitão, P., Adam, E., & Trentesaux, D. (2012). Self-organized holonic manufacturing systems combining adaptation and performance optimization. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 372, 163–170. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28255-3_18
- Barbosa, J., Leitão, P., Adam, E., & Trentesaux, D. (2015). Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution. *Computers in Industry*, 66, 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.10.011>
- Cardin, O., Derigent, W., & Trentesaux, D. (2018). Evolution of holonic control architectures towards Industry 4.0: A short overview. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1243–1248. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.420>
- Gu, X., & Koren, Y. (2018). Manufacturing system architecture for cost-effective mass-individualization. *Manufacturing Letters*, 16, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.04.002>
- Kanter, G., & Vain, J. (2020). Model-based testing of autonomous robots using TestIt. *Journal of Reliable Intelligent Environments*. <https://doi.org/10.1007/s40860-019-00095-w>
- Koestler, A. (1969). *The Ghost in the Machine* (Arkana Boo).
- Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., & Van Brussel, H. (1999). Reconfigurable Manufacturing Systems. *CIRP Annals*, 48(2), 527–540. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63232-6](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63232-6)
- Kruger, K., & Basson, A. H. (2019). Evaluation criteria for holonic control implementations in manufacturing systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32(2), 148–158. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2018.1550674>
- Leitão, P., & Restivo, F. (2006). ADACOR: A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control. *Computers in Industry*, 57(2), 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.05.005>
- Leuvenink, J., Kruger, K., & Basson, A. (2019). Architectures for Human Worker

- Integration in Holonic Manufacturing Systems. In *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing* (Vol. 803, pp. 133–144). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03003-2_10
- Novikov, D. (2016). Hierarchical Models in Modern Control Theory. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 3–12. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-29357-8_1
- Otálora, I., Ramírez, D. C., & Castellanos, O. (2013). Sistemas de Manufactura Biológica SMB para el mejoramiento de la productividad. *Seminario Internacional de Gestión Tecnológica - ALTEC*.
- Perlovsky, L., & Shkodyrev, V. P. (2020). Physics of Mind – A Cognitive Approach to Intelligent Control Theory. *Cyber-Physical Systems and Control*, 11–18.
- Rösiö, C., Aslam, T., Srikanth, K. B., & Shetty, S. (2019). Towards an assessment criterion of reconfigurable manufacturing systems within the automotive industry. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.013>
- Saliba, M. A., Azzopardi, S., Pace, C., & Zammit, D. (2019). A heuristic approach to module synthesis in the design of reconfigurable manufacturing systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03444-4>
- Shchekutin, Nikita Overmeyer, Ludger Shkodyrev, V. (2020). Layout Optimization for Cyber-Physical Material Flow Systems Using a Genetic Algorithm. *Cyber-Physical Systems and Control*, 27–39.
- Singh, A., Gupta, P., & Asjad, M. (2019). Reconfigurable Manufacturing System (RMS): Accelerate Towards Industries 4.0. *International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management*, 704–709. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3354485>
- Tsarev, A. (2020). Multi-agent Supply Planning Methods Allowing the Real-Time Performance of the Supply Network Management Systems. *Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*, 81–95.

CARTA DE ACEPTACIÓN ARTÍCULO

Autor: Ing. Kevin Marcelo Álvarez Rojas

Director: Ing. John Reyes, M.Sc.

Congreso: CSEI 2020 - <https://csei.uta.edu.ec/csei2020/>

Fuente Imagen: OCS Springer -

<https://ocs.springer.com/misc/conference/paper/viewreports/CSEI2020/false/226093>

[6](#)

▼ Final Report

Review Cycle: Up to date




Submitted on: 9/3/20 1:21 AM



Argumentation: We are delighted to inform you that your paper has been ACCEPTED in CSEI 2020 to be held in Ambato, Ecuador, from 26th of October to 31st of October 2020. You are warmly invited to attend the conference in online mode to present your paper.

Please log into the manuscript submission website and consider the comments of the reviewers on your paper, which are intended to help you to improve the paper for final publication.


Please ensure the final manuscript is submitted by September 18, 2020. Final manuscripts will be checked on submission by the Program Chairs and/or Special Session Chairs for compliance with the reviewers' comments, and any other comments if attached to this notification message. In addition, please note that the final version will fundamentally correspond in length and contents to the submitted version, except for parts that might be added or modified to comply with the reviewers' suggestions. It is considered unethical to shorten or otherwise alter the final version in ways that make it different from what has been approved by the reviewers.

Correo recibido:

 Responder  Responder a todos  Reenviar

 ocs-admin@springer.com en nombre de CSEI2020 (via OCS) <noreply@springer.com>  1 ▾ 2/9/2020

[CSEI2020] Request for final upload for paper 003

 Se han quitado los saltos de línea adicionales de este mensaje. ▾

Eventos sugeridos + Obtener más complementos

Dear Kevin Alvarez,

We are pleased to inform you that your paper

003 -- 'Reconfigurable Manufacturing System based on the Holonic Paradigm for the Die Cutting process in a Sports Shoes Company'

has been accepted for the conference

'Second International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI 2020)'.

Please follow the link below to view the paper's detail page:

<https://ocs.springer.com/misc/conference/paper/view/CSEI2020/false/2260936>

Enclosed please find the reports.

CERTIFICACIÓN DE COPYRIGHT

Publishing Agreement for Contributions in Collected Works

SPRINGER NATURE

This Publishing Agreement (this "Agreement") has been approved by and entered into between *Kevin Álvarez, Universidad Técnica de Ambato 180103, 0000-0002-8556-9233* and *John Reyes, Universidad Técnica de Ambato 180103, 0000-0002-5446-5490* (the "Author")

whereas, in the event that the Author is more than one person, *Kevin Álvarez* serves as corresponding author (the "Corresponding Author")

on the one part and

Springer Nature Singapore Pte Ltd.
152 Beach Road, #21-01/04 Gateway East, Singapore 189721, Singapore
(the "Publisher")

on the other part;
together hereinafter referred to as the "Parties".

The Publisher intends to publish the Author's contribution in a collected work provisionally entitled: **Advances and Applications in Computer Science, Electronics and Industrial Engineering - Proceedings of CSEI 2020** (the "Work")
edited by:
Dr. Marcelo V. García, Dr. Félix Fernández-Peña & Dr. Carlos Gordón-Gallegos
(the "Editor")

The Publisher intends to publish the Work under the imprint **Springer**.
The Work may be published in the book series **Advances in Intelligent Systems and Computing**.

§1 Contracting authors

When the Author is more than one person then, unless otherwise indicated in this Agreement or agreed in writing by the Publisher: (a) the expression "Author" as used in this Agreement will apply collectively for all such persons (each a "co-author"); (b) the Corresponding Author hereby warrants and represents that all co-authors of the contribution have expressly agreed that the Corresponding Author has full right, power and authority to sign this Agreement on their behalf, that the Corresponding Author is entitled to act on their behalf, and that they shall be bound by the Corresponding Author, with respect to all matters, responsibilities, notices and communications related to this Agreement; the Corresponding Author shall obtain authorisations and make them available to the Publisher on request; and (c) each co-author is jointly and severally responsible for the Author's obligations under this Agreement which apply to each co-author individually and to the co-authors collectively and the Publisher shall not be bound by any separate agreement or legal relationship as between the co-authors.

§2 Subject of the Agreement

2.1 The Author will prepare a contribution provisionally entitled:

Reconfigurable Manufacturing System based on the Holonic Paradigm for the Die Cutting process in a Sports Shoes Company

The expression "Contribution" as used in this Agreement means the contribution as identified above, and includes without limitation all related material delivered to the Publisher by or on behalf of the Author whatever its media and form (including text, graphical elements, tables, videos and/or links) in all versions and editions in whole or in part.

2.2 The Contribution may contain links (e.g. frames or in-line links) to media enhancements (e.g. additional documents, tables, diagrams, charts, graphics, illustrations, animations, pictures, videos and/or software) or to social or functional enhancements, complementing the Contribution, which are provided on the Author's own website or on a third party website or repository (e.g. maintained by an institution) subject always to the Author providing to the Editor, at the latest at the delivery date of the manuscript for the Contribution, an accurate description of each media enhancement and its respective website or repository, including its/their owner, nature and the URL. The Publisher is entitled to reject the inclusion of, or suspend, or delete links to all or any individual media enhancements.

2.3 In the event that an index is deemed necessary, the Author shall assist the Editor in its preparation (e.g. by suggesting index terms), if requested by the Editor.

§ 3 Rights Granted

3.1 The Author hereby grants to the Publisher the perpetual, sole and exclusive, world-wide, transferable, sub-licensable and unlimited right to publish, produce, copy, distribute, communicate, display publicly, sell, rent and/or otherwise make available the Contribution in any language, in any versions or editions in any and all forms and/or media of expression (including without limitation in connection with any and all end-user devices), whether now known or developed in the future, in each case with the right to grant further time-limited or permanent rights. The above rights are granted in relation to the Contribution as a whole or any part and with or in relation to any other works.

Without limitation, the above grant includes: (a) the right to edit, alter, adapt, adjust and prepare derivative works; (b) all advertising and marketing rights including without limitation in relation to social media; (c) rights for any training, educational and/or instructional purposes; and (d) the right to add and/or remove links or combinations with other media/works.

The Author hereby grants to the Publisher the right to create, use and/or license and/or sub-license content data or metadata of any kind in relation to the Contribution or parts thereof (including abstracts and summaries) without restriction.

The Publisher also has the right to commission completion of the Contribution in accordance with the Clause "**Author's Responsibilities – Delivery and Acceptance of the Manuscript**" and of an updated version of the Contribution for new editions of the Work in accordance with the Clause "**New Editions**".

3.2 The copyright in the Contribution shall be vested in the name of the Author. The Author has asserted their right(s) to be identified as the originator of the Contribution in all editions and versions, published in all forms and media. The Author agrees that all editing, alterations or amendments to the Contribution made by or on behalf of the Publisher or its licensees for the purpose of fulfilling this Agreement or as otherwise allowed by the above rights shall not require the approval of the Author and will not infringe the Author's "moral rights" (or any equivalent rights). This includes changes made in the course of dealing with retractions or other legal issues.

§ 4 Self-Archiving and Reuse

4.1 **Self-Archiving:** The Publisher permits the Rights Holder to archive the Contribution in accordance with the Publisher's guidelines, the current version of which is set out in the **Appendix "Author's Self-Archiving Guidelines"**.

4.2 **Reuse:** The Publisher permits the Author to copy, distribute or otherwise reuse the Contribution, without the requirement to seek specific prior written permission from the Publisher, in accordance with the Publisher's guidelines, the current version of which is set out in the **Appendix "Author's Reuse Rights"**.

§ 5 The Publisher's Responsibilities

5.1 Subject always to the other provisions of this Clause below, the Publisher will undertake the production, publication and distribution of the Contribution and the Work in print and/or electronic form at its own expense and risk within a reasonable time after acceptance of the Work unless the Publisher is prevented from or delayed in doing so due to any circumstances beyond its reasonable control. The Publisher shall have the entire control of such production, publication and distribution determined in its sole discretion in relation to any and all editions and versions of the Contribution and the Work, including in respect of all the following matters:

- (a) distribution channels, including determination of markets;
- (b) determination of the range and functions of electronic formats and/or the number of print copies produced;
- (c) publication and distribution of the Contribution, the Work, or parts thereof as individual content elements, in accordance with market demand or other factors;
- (d) determination of layout and style as well as the standards for production;
- (e) setting or altering the list-price, and allowing for deviations from the list-price (if permitted under applicable jurisdiction);
- (f) promotion and marketing as the Publisher considers most appropriate.

5.2 All rights, title and interest, including all intellectual property or related rights in the typography, design and/or look-and-feel of the Contribution shall remain the exclusive property of and are reserved to the Publisher. All illustrations and any other material or tangible or intangible property prepared at the expense of the Publisher including any marketing materials remain, as between the Parties, the exclusive property of the Publisher. The provisions of this sub-clause shall continue to apply notwithstanding any termination of, and/or any reversion of rights in the Contribution to the Author, under this Agreement.

5.3 Without prejudice to the Publisher's termination and other rights hereunder including under the Clause "**The Author's Responsibilities**", it is agreed and acknowledged by the Parties that nothing in this Agreement shall constitute an undertaking on the part of the Publisher to publish the Contribution unless and until: (i) any and all issues in relation to the Work (including all necessary revisions, consents and permissions) raised by the Publisher have been resolved to the Publisher's satisfaction, and (ii) the Publisher has given written notice of acceptance in writing of the final manuscript of the entire Work to the Editor. If following (i) and (ii) above the Publisher has not published the Contribution in any form within a reasonable period and the Author has given written notice to the Publisher requiring it to publish within a further reasonable period and the Publisher has failed to publish in any form, then the Author may terminate this Agreement by one month's written notice to the Publisher and all rights granted by the Author to the Publisher under this Agreement shall revert to the Author (subject to the provisions regarding any third party rights under any subsisting licence or sub-licence in accordance with the Clause "**Termination**").

The Author may also give such written notice requiring publication on the same terms as above if the Publisher has published the Contribution but subsequently ceases publishing the Contribution in all forms so that it is no longer available.

This shall be the Author's sole right and remedy in relation to such non-publication and is subject always to the Author's continuing obligations hereunder including the Clause "**Warranty**".

§ 6 The Author's Responsibilities

6.1 Delivery and Acceptance of the Manuscript

6.1.1 The Author shall deliver the Contribution to the Editor (or, if requested by the Publisher, to the Publisher) on or before **September 18, 2020** (the "**Delivery Date**") electronically in the Publisher's standard requested format or in such other form as may be agreed in writing with the Publisher. The Author shall retain a duplicate copy of the Contribution. The Contribution shall be in a form acceptable to the Publisher (acting reasonably) and in line with the instructions contained in the Publisher's guidelines as provided to the Author by the Publisher. The Author shall provide at the same time, or earlier if the Publisher reasonably requests, any editorial, publicity or other information (and in such form or format) reasonably required by the Publisher. The Publisher may exercise such additional quality control of the manuscript as it may decide at its sole discretion including through the use of plagiarism checking systems and/or peer-review by internal or external reviewers of its choice. If the

Publisher decides at its sole discretion that the final manuscript does not conform in quality, content, structure, level or form to the stated requirements of the Publisher, the Publisher shall be entitled to terminate this Agreement in accordance with the provisions of this Clause.

6.1.2 The Author must inform the Publisher at the latest on the Delivery Date if the sequence of the naming of any co-authors entering into this Agreement shall be changed. If there are any changes in the authorship (e.g. a co-author joining or leaving), then the Publisher must be notified by the Author in writing immediately and the Parties will amend this Agreement accordingly. The Publisher shall have no obligation to consider publication under this Agreement in the absence of such agreed amendment.

6.1.3 If the Author fails to deliver the Contribution in accordance with the provisions of this Clause above by the Delivery Date (or within any extension period given by the Publisher at its sole discretion) or if the Author (or any co-author) dies or becomes incapacitated or otherwise incapable of performing the Author's obligations under this Agreement, the Publisher shall be entitled to either:

- (a) elect to continue to perform this Agreement in accordance with its terms and the Publisher may commission an appropriate and competent person (who, in the case of co-authors having entered into this Agreement, may be a co-author) to complete the Contribution; or
- (b) terminate this Agreement with immediate effect by written notice to the Author or the Author's successors, in which case all rights granted by the Author to the Publisher under this Agreement shall revert to the Author/Author's successors (subject to the provisions of the Clause "Termination").

6.1.4 The Author agrees, at the request of the Publisher, to execute all documents and do all things reasonably required by the Publisher in order to confer to the Publisher all rights intended to be granted under this Agreement.

6.1.5 The Author warrants that the Contribution is original except for any excerpts from other works including pre-published illustrations, tables, animations, text quotations, photographs, diagrams, graphs or maps, and whether reproduced from print or electronic or other sources ("Third Party Material") and that any such Third Party Material is in the public domain (or otherwise unprotected by copyright/other rights) or has been included with written permission from or on behalf of the rights holder (and if requested in a form prescribed or approved by the Publisher) at the Author's expense unless otherwise agreed in writing, or is otherwise used in accordance with applicable law. On request from the Publisher, the Author shall in writing indicate the precise sources of these excerpts and their location in the manuscript. The Author shall also retain the written permissions and make them available to the Publisher on request.

6.2 Approval for Publishing

6.2.1 The Author shall proofread the page proofs for the Contribution provided by or on behalf of the Publisher, including checking the illustrations as well as any media, social or functional enhancements and give approval for publishing, if and when requested by the Publisher. The Author's approval for publishing is deemed to have been given if the Author does not respond within a reasonable period of time (as determined by the Publisher) after receiving the proofs. The Publisher shall not be required to send a second set of corrected proofs unless specifically requested by the Author in writing but in any event no further amendments may be made or requested by the Author.

In the event of co-authors having entered into this Agreement the Publisher shall send the page proofs to the Corresponding Author only and all persons entering into this Agreement as Author agree that the Corresponding Author shall correct and approve the page proofs on their behalf.

6.2.2 If the Author makes changes other than correcting typographical errors, the Author shall bear all the Publisher's costs of such alterations to proofs including without limitation to alterations to pictorial illustrations. The Publisher shall have the right to charge and invoice these costs plus value added or similar taxes (if applicable) through its affiliated company Springer Nature Customer Service Center GmbH or Springer Nature Customer Service Center LLC, respectively, to the Author, payable within 14 days of receipt of the invoice.

§ 7 Co-operation

Without prejudice to the warranties and representations given by the Author in this Agreement, the Author shall cooperate fully with the Editor and the Publisher in relation to any legal action that might arise from the publication or intended publication of the Contribution and the Author shall give the Publisher access at reasonable times to any relevant accounts, documents and records within the power or control of the Author.

§ 8 Warranty

8.1 The Author warrants and represents that:

- (a) the Author has full right, power and authority to enter into and perform its obligations under this Agreement; and
- (b) the Author is the sole legal owner of (and/or has been fully authorised by any additional rights owner to grant) the rights licensed in the Clause "Rights Granted" and use of the Contribution shall in no way whatever infringe or violate any intellectual property or related rights (including any copyright, database right, moral right or trademark right) or any other right or interest of any third party subject only to the provisions in the Clause "The Author's Responsibilities" regarding Third Party Material (as defined above); and
- (c) the Contribution shall not contain anything that may cause religious or racial hatred or encourage terrorism or unlawful acts or be defamatory (or contain malicious falsehoods), or be otherwise actionable, including, but not limited to, any action related to any injury resulting from the use of any practice or formula disclosed in the Contribution and all of the purported facts contained in the Contribution are according to the current body of science and understanding true and accurate; and
- (d) there is no obligation of confidentiality owed in respect of any contents of the Contribution to any third party and the Contribution shall not contain anything which infringes or violates any trade secret, right of privacy or publicity or any other personal or human right or the processing or publication of which could breach applicable data protection law and that informed consent to publish has been obtained for all research or other featured participants; and
- (e) the Contribution has not been previously licensed, published or exploited and use of the Contribution shall not infringe or violate any contract, express or implied, to which the Author, or any co-author, who had entered into this Agreement, is a party and any academic institution, employer or other body in which work recorded in the Contribution was created or carried out has authorised and approved such work and its publication.

8.2 The Author warrants and represents that the Author, and each co-author who has entered into this Agreement, shall at all times comply in full with:

- (a) all applicable anti-bribery and corruption laws; and

(b) all applicable data protection and electronic privacy and marketing laws and regulations; and
 (c) the Publisher's ethic rules (available at <https://www.springernature.com/gp/authors>), as may be updated by the Publisher at any time in its sole discretion. The Publisher shall notify the Author in the event of material changes by email or other written means (the "Applicable Laws").

If the Author is in material breach of any of the Applicable Laws or otherwise in material breach of accepted ethical standards in research and scholarship, or becomes the subject of any comprehensive or selective sanctions issued in any applicable jurisdiction (e.g. being subject to the OFAC sanctions list) or if, in the opinion of the Publisher, at any time any act, allegation or conduct of or about the Author prejudices the production or successful exploitation of the Contribution and the Work or brings the name and/or reputation of the Publisher or the Work into disrepute, or is likely to do so, then the Publisher may terminate this Agreement in accordance with the Clause "Termination".

8.3 The Publisher reserves the right to amend and/or require the Author to amend the Contribution at any time to remove any actual or potential breach of the above warranties and representations or otherwise unlawful part(s) which the Publisher or its internal or external legal advisers identify at any time. Any such amendment or removal shall not affect the warranties and representations given by the Author in this Agreement.

§ 9 Author's Discount and Electronic Access

9.1 The Author, or each co-author, is entitled to purchase for their personal use the Work and other books published by the Publisher at a discount of 40% off the list price, for as long as there is a contractual arrangement between the Author and the Publisher and subject to any applicable book price law or regulation. The copies must be ordered from the affiliated entity of the Publisher (Springer Nature Customer Service Center GmbH or Springer Nature Customer Service Center LLC, respectively). Resale of such copies is not permitted.

9.2 The Publisher shall provide the electronic final published version of the Work to the Author, provided that the Author has included their e-mail address in the manuscript of the Contribution.

§ 10 Consideration

10.1 The Parties agree that the Publisher's agreement to its contractual obligations in this Agreement in respect of its efforts in considering publishing and promoting the Contribution and the Work is good and valuable consideration for the rights granted and obligations undertaken by the Author under this Agreement, the receipt, validity and sufficiency of which is hereby acknowledged by the Author. The Parties expressly agree that no royalty, remuneration, licence fee, costs or other moneys whatsoever shall be payable to the Author, subject to the following provisions of this Clause.

10.2 The Publisher and the Author each have the right to authorise collective management organisations ("CMOs") of their choice to manage some of their rights. Reprographic and other collectively managed rights in the Contribution ("Collective Rights") have been or may be licensed on a non-exclusive basis by each of the Publisher and the Author to their respective CMOs to administer the Collective Rights under their reprographic and other collective licensing schemes ("Collective Licences"). Notwithstanding the other provisions of this Clause, the Publisher and the Author shall each receive and retain their share of revenue from use of the Contribution under Collective Licences from, and in accordance with the distribution terms of their respective CMOs. To the fullest extent permitted by law, any such revenue is the sole property of the Publisher and the Author respectively and, if applicable, the registration and taxation of that revenue is the sole responsibility of the respective recipient party. The Publisher and the Author shall cooperate as necessary in the event of any change to the licensing arrangements set out in this Clause.

§ 11 New Editions

11.1 The Publisher has the sole right to determine whether to publish any subsequent edition of the Work containing an updated version of the Contribution, but only after reasonable consultation with the Author. Once notified by the Publisher that an update of the Contribution is deemed necessary, the Author agrees to deliver an updated manuscript in accordance with the terms of the Clause "The Author's Responsibilities" and the other relevant provisions of this Agreement, together with the material for any new illustrations and any other supporting content including media enhancements, within a reasonable period of time (as determined by the Publisher) after such notification. Substantial changes in the nature or size of the Contribution require the written approval of the Publisher at its sole discretion. The terms of this Agreement shall apply to any new edition of the Work that is published under this "New Editions" Clause.

11.2 If the Author, for whatever reason, is unwilling, unable or fails (including as a result of death or incapacity) to submit an updated manuscript that meets the terms of this Agreement within the above stated period, then the Publisher is entitled to revise, update and publish the content of the existing edition or to designate one or more individuals (which, where co-authors have entered into this Agreement, may be one or more of the co-authors) to prepare this and any future editions provided that the new editions shall not contain anything that is a derogatory use of the Author's work that demonstrably damages the Author's scientific reputation. In such case, the Author shall not participate in preparing any subsequent editions. The Author agrees that the Publisher shall be entitled but not obliged to continue to use the name of Author on any new editions of the Work together with the names of the person or persons who contributed to the new editions. Should the Author or the Author's successors object to such continuing use then they must notify the Publisher in writing when first contacted by the Publisher in connection with any new edition.

§12 Termination

12.1 In addition to the specific rights of termination set out in the Clause "The Publisher's Responsibilities" and the Clause "The Author's Responsibilities", either Party shall be entitled to terminate this Agreement forthwith by notice in writing to the other Party if the other Party commits a material breach of the terms of the Agreement which cannot be remedied or, if such breach can be remedied, fails to remedy such breach within 45 days of being given written notice to do so.

12.2 Termination of this Agreement, howsoever caused, shall not affect:

(a) any subsisting rights of any third party under any licence or sub-licence validly granted by the Publisher prior to termination and the Publisher shall be entitled to retain its share of any sum payable by any third party under any such licence or sub-licence;

- (b) except where stated otherwise in this Agreement, any claim which either Party may have against the other for damages or otherwise in respect of any rights or liabilities arising prior to the date of termination;
- (c) the Publisher's right to continue to sell any copies of the Work which are in its power, possession or control as at the date of expiry or termination of this Agreement for a period of 6 months on a non-exclusive basis.

§13 General Provisions

13.1 This Agreement, and the documents referred to within it, constitute the entire agreement between the Parties with respect to the subject matter hereof and supersede any previous agreements, warranties, representations, undertakings or understandings. Each Party acknowledges that it is not relying on, and shall have no remedies in respect of, any undertakings, representations, warranties, promises or assurances that are not set forth in this Agreement. Nothing in this Agreement shall exclude any liability for or remedy in respect of fraud, including fraudulent misrepresentation. This Agreement may be modified or amended only by agreement of the Parties in writing. For the purposes of modifying or amending this Agreement, "in writing" requires either a document written and signed by both the Parties or an electronic confirmation by both the Parties with DocuSign or a similar e-signature solution. Any notice of termination and/or reversion and, where applicable, any preceding notices (including any requesting remediable action under the Clause "Termination") must be provided in writing and delivered by post, courier or personal delivery addressed to the physical address of the relevant Party as set out at the beginning of this Agreement or any replacement address notified to the other Party for this purpose. All such notices shall become effective upon receipt by the other Party. Receipt is deemed to have taken place five working days after the respective notice was sent by post or left at the address by courier or personal delivery. If the Publisher is the terminating Party the notice need only be provided to the address of the Corresponding Author. If the Author is the terminating Party a copy of the notice must also be sent to the Publisher's Legal Department located at Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany.

13.2 Nothing contained in this Agreement shall constitute or shall be construed as constituting a partnership, joint venture or contract of employment between the Publisher and the Author. No Party may assign this Agreement to third parties but the Publisher may assign this Agreement or the rights received hereunder to its affiliated companies. In this Agreement, any words following the terms "include", "including", "in particular", "for example", "e.g." or any similar expression shall be construed as illustrative and shall not limit the sense of the words preceding those terms.

13.3 If any difference shall arise between the Author and the Publisher concerning the meaning of this Agreement or the rights and liabilities of the Parties, the Parties shall engage in good faith discussions to attempt to seek a mutually satisfactory resolution of the dispute. This Agreement shall be governed by, and shall be construed in accordance with, the laws of the Republic of Singapore. The courts of Singapore, Singapore shall have the exclusive jurisdiction.

13.4 A person who is not a party to this Agreement (other than an affiliate of the Publisher) has no right to enforce any terms or conditions of this Agreement. This Agreement shall be binding upon and inure to the benefit of the successors and assigns of the Publisher. If one or more provisions of this Agreement are held to be unenforceable (in whole or in part) under applicable law, each such provision shall be deemed excluded from this Agreement and the balance of the Agreement shall remain valid and enforceable but shall be interpreted as if that provision were so excluded. If one or more provisions are so excluded under this Clause then the Parties shall negotiate in good faith to agree an enforceable replacement provision that, to the greatest extent possible under applicable law, achieves the Parties' original commercial intention.

The Corresponding Author signs this Agreement on behalf of any and all co-authors.

Signature of Corresponding Author:

Date:



 Kevin Alvarez
 1304760229

09/09/2020
.....

For internal use only:
Order Number: 89084621
GPU/PD/PS: GPU/PD/PS:
Book_contributor_EN (Limited) V1.1

Appendix "Author's Self-Archiving Rights"

The Publisher acknowledges that the Author retains rights to archive the Contribution but only subject to and in accordance with the following provisions:

1. Preprint:

A "Preprint" is defined as the Author's version of the Contribution submitted to the Publisher but before any peer-review or any other editorial work by or on behalf of the Publisher has taken place.

The Author may make available the Preprint of the Contribution for personal and private reading purposes only on any of:

(a) the Author's own personal, self-maintained website over which the Author has sole operational control; and/or

(b) a legally compliant, non-commercial preprint server, such as but not limited to arXiv, bioRxiv and RePEc; provided always that once the "Version of Record" (as defined below) of the Contribution has been published by or on behalf of the Publisher, the Author shall immediately ensure that any Preprint made available above shall contain a link to the Version of Record and the following acknowledgement:

"This is a preprint of the following chapter: [author of the chapter], [chapter title], published in [book title], edited by [editor of the book], [year of publication], [publisher (as it appears on the cover of the book)] reproduced with permission of [publisher (as it appears on the copyright page of the book)]. The final authenticated version is available online at: [http://dx.doi.org/\[insert DOI\]](http://dx.doi.org/[insert DOI])".

2. Author's Accepted Manuscript:

The "Author's Accepted Manuscript" ("AAM") is defined as the version of the Contribution following any peer-review and acceptance, but prior to copyediting and typesetting, by or on behalf of the Publisher.

The Author may make available the AAM of the Contribution on any of: (a) the Author's own, personal, self-maintained website over which the Author has sole operational control; and/or (b) the Author's employer's internal website or their academic institution or funder's repository; provided that in each case the respective part of the AAM is not made publicly available until after the Embargo Period.

The "Embargo Period" is a period ending twelve (12) months from the first publication of the "Version of Record" (as defined below) of the Contribution by or on behalf of the Publisher.

The Author must ensure that any part of the AAM made available contains the following:

"Users may only view, print, copy, download and text- and data-mine the content, for the purposes of academic research. The content may not be (re-)published verbatim in whole or in part or used for commercial purposes. Users must ensure that the author's moral rights as well as any third parties' rights to the content or parts of the content are not compromised."

These terms shall also be applicable to the Author.

Once the Version of Record (as defined below) of the Contribution has been published by or on behalf of the Publisher the Author shall immediately ensure that any part of the AAM made available shall contain a link to the Version of Record and the following acknowledgement:

"This is an Author Accepted Manuscript version of the following chapter: [author of the chapter], [chapter title], published in [book title], edited by [editor of the book], [year of publication], [publisher (as it appears on the cover of the book)] reproduced with permission of [publisher (as it appears on the copyright page of the book)]. The final authenticated version is available online at: [http://dx.doi.org/\[insert DOI\]](http://dx.doi.org/[insert DOI])".

3. Version of Record:

The "Version of Record" is defined as the final version of the Contribution as originally published, and as may be subsequently amended following publication in a contractually compliant manner, by or on behalf of the Publisher.

4. Any linking, collection or aggregation of self-archived Contributions from the same Work is strictly prohibited.

Appendix "Author's Reuse Rights"

- The Publisher acknowledges that the Author retains the ability to copy, distribute or otherwise reuse the Contribution, without the requirement to seek specific prior written permission from the Publisher, ("Reuse") subject to and in accordance with the following provisions:
 - Reuse of the Contribution or any part of it is permitted in a new edition of the Work or in a new monograph or new textbook written by the same Author provided that in each case the new work is published by the Publisher under a publishing agreement with the Publisher; and
 - Reuse of the Version of Record (as defined below) of the Contribution or any part of it is permitted in a thesis written by the same Author, and the Author is entitled to make a copy of the thesis containing content of the Contribution available in a repository of the Author's academic institution; and
 - any other Reuse of the Contribution in a new book, book chapter, proceedings or journal article, whether published by the Publisher or by any third party, is limited to three figures (including tables) or single text extracts of less than 400 words; and
 - any further Reuse of the Contribution is permitted only to the extent and in so far as is reasonably necessary: (i) to share the Contribution as a whole to no more than 10 research colleagues engaged by the same institution or employer as the Author for each colleague's personal and private use only; (ii) for classroom teaching use by the Author in their respective academic institution provided that this does not permit inclusion of any of the Contribution in course packs for sale or wider distribution to any students, institutions or other persons nor any other form of commercial or systematic exploitation; or (iii) for the Author to use all or parts of the Contribution in the further development of the Author's scientific and/or academic career, for private use and research or within a strictly limited circulation which does not allow the Contribution to become publicly accessible nor prejudice sales of, or the exploitation of the Publisher's rights in, the Contribution (e.g. attaching a copy of the Contribution to a job or grant application).
- Any Reuse must be based on the Version of Record only, and provided the original source of publication is cited according to current citation standards. The "Version of Record" is defined as the final version of the Contribution as originally published, and as may be subsequently amended following publication in a contractually compliant manner, by or on behalf of the Publisher.
- In each case where the Author has Reuse rights or the Publisher grants specific use rights to the Author according to the above provisions, this shall be subject always to the Author obtaining at the Author's sole responsibility, cost and expense the prior consent of any co-author(s) and/or any relevant third party.
- Any linking, collection or aggregation of reused Contributions from the same Work is strictly prohibited.

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Reconfigurable Manufacturing System based on the Holonic Paradigm for the Die Cutting process in a Sports Shoes Company

Kevin Álvarez¹[0000-0002-8556-9233] and John Reyes²[0000-0002-5446-5490]

¹ Universidad Tecnica de Ambato, UTA, 180103, Ambato, Ecuador
{kalvarez0229, johnpreyes}@uta.edu.ec

Abstract. The present research proposes a holonic architecture for reconfigurable manufacturing system based on ADACOR. The architecture is controlled as an intelligent system, centralized when the process is in a normal state and decentralized through holons in the presence of disturbances. Holarchy is defined with two main holons, supervisor and routing, that are responsible for distributing the jobs based on the operating states of the system. Experimentation starts from a base scenario in which conditions are optimal and the architecture is tested through a simulation model in FlexSim, conventional and holonic control scenarios are defined with partial and total server failures. The results allow to demonstrate the successful application of the model in the footwear industry. Holonic control with partial failure increases throughput by + 1.66%, decreases WIP by -3.17% and increases machine utilization by + 1.38% compared to conventional control. In total failure similar results are achieved with + 0.68%, -0.68% and + 0.62% respectively.

Keywords: reconfigurability, self-organization, holonic, intelligent systems, flexibility.

1 Introduction

Manufacturing, as the wealth creation sector of an economy, plays a key role in the overall growth of countries [13]. The Ecuadorian footwear industry is constantly growing, however, in order to reach out to the world's major producers and compete in international markets it is necessary to develop production strategies and efficient production systems [1].

Nowadays, the global economy is complicated and unpredictable. The manufacturing industry is under tremendous pressure from the buyers' market, ranging from fluctuations in product demand to product diversity. Customized production has become the trend [7]. In the 20th century, manufacturing companies faced two problem i.e. unexpected market changes and introduction of new products. So to stay in the global competition, manufacturing companies started making reconfigurations in existing manufacturing system at different levels i.e. machine level, material handling level, layout level, process planning level and so on [24].

MATRIZ POINT TO POINT

SUGERENCIAS REVISORES:

▼ Review Report

Review Cycle: Up to date

Submitted on: 9/1/20 4:20 PM

Argumentation: 1. Falta indicar el impacto a nivel global de los escenarios, por ejemplo, cuando podrían disminuir o aumentar los costos totales (en porcentaje) en cada escenario. Lo que se podría agregar en las tablas de comparación de los escenarios.
2. Modificar el formato de las 12 tablas.
3. Hay que señalar que demuestra o determina la figura 2 y la tabla 2, no hay análisis de estas, falta señalar que describen los parámetros de la tabla 2.
4. ¿Qué valor de alfa y beta utiliza la distribución de Weibull, cual es la razón de estos valores?
5. Mejorar figura 6, poco clara.
6. Palabra "Adaptative" en inglés es Adaptive "Adaptive Holonic Control Architecture (ADACOR)" (página 3).
7. Ya que en la conclusión del estudio se establece a partir de los rendimientos en cada escenario, aunque estos se detallan de forma escrita, para visualizarlos fácilmente realizar tabla final solo con los rendimientos, para poder observar rápidamente el impacto del H-RMS de cada comparación de los escenarios.

▼ Review Report

Review Cycle: Up to date

Submitted on: 9/1/20 6:39 AM

Argumentation: It is a very good study, however figures 2, 4, 6 are not so legible. I recommend increasing the font size inside.

I recommend correcting figure 6, separating it and increasing the size to make it legible.

I recommend presenting the conclusions quantitatively since the study presents several results that can have a better discussion.

Review Cycle: Up to date

Submitted on: 8/30/20 6:43 AM

Argumentation: The authors present a Holonic Manufacturing System applied to the footwear industry. Globally the paper uses a new methodology applied to a key industrial sector with an innovative approach.
However:

0. A section of abbreviations is missed.

1. where intelligence is distributed over the individual entities increased versatility -> not easy understandable

2. especially since today's market is customer centric where customer desires customized product with low cost, high quality and that too with least lead times -> centric, where least - short

3. 30 samples are taken at different times of the day -> 30 samples of each of the 7 processes??

4. Table 2 -> why different probability distributions are used??

5. the best possible situation during production -> that should mean that if the situation is the best, it cannot longer increase production. However, when there exists a fault in other servers (scenarios 1 to 4) production increases in S2 and S3 which are not affected by the fault. How can they perform better than in the best situation?? How can that be physically explained?? The idle worker helps the others??

The reviewer thinks that aside from the numbers obtained in the model, a physical explanation on how the model increase production (i.e. the worker does another operation or whatever) needs to be explained for each scenario.

Tabla 4-13: MATRIZ SUGERENCIAS.

#	Sugerencias	Cambios Paper																									
1	Falta indicar el impacto a nivel global de los escenarios, por ejemplo, cuando podrían disminuir o aumentar los costos totales (en porcentaje) en cada escenario. Lo que se podría agregar en las tablas de comparación de los escenarios.	<p>Se acoge la sugerencia, y se realiza el análisis de costos en los servidores en base a la cantidad producida en cada uno y la tarifa monetaria en este proceso. Se añade a cada escenario los costos totales y las variaciones en porcentaje.</p> <p style="text-align: center;">Table 4. Results Scenario 0</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SERVER</th> <th>THROUGHPUT - 0</th> <th>WIP - 0</th> <th>UTILIZATION - 0</th> <th>COST - 0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>295</td> <td>9,85</td> <td>99,69</td> <td>0,235</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>290</td> <td>9,63</td> <td>98,04</td> <td>0,239</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>281</td> <td>9,12</td> <td>95,08</td> <td>0,247</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>866</td> <td>28,6</td> <td>292,81</td> <td>0,240</td> </tr> </tbody> </table>	SERVER	THROUGHPUT - 0	WIP - 0	UTILIZATION - 0	COST - 0	S1	295	9,85	99,69	0,235	S2	290	9,63	98,04	0,239	S3	281	9,12	95,08	0,247	Total	866	28,6	292,81	0,240
SERVER	THROUGHPUT - 0	WIP - 0	UTILIZATION - 0	COST - 0																							
S1	295	9,85	99,69	0,235																							
S2	290	9,63	98,04	0,239																							
S3	281	9,12	95,08	0,247																							
Total	866	28,6	292,81	0,240																							
	Modificar el formato de las 12 tablas.	Se acoge la sugerencia, el paper se realiza en overleaf: https://es.overleaf.com/9563365749fdkcznfbcsqv																									
	<p>Hay que señalar que demuestra o determina la figura 2 y la tabla 2, no hay análisis de estas, falta señalar que describen los parámetros de la tabla 2.</p> <p>¿Qué valor de alfa y beta utiliza la distribución de Weibull, cual es la razón de estos valores?</p>	<p>Se acoge la sugerencia, se cambia la explicación y se detalla el procedimiento de obtención de datos, así como los parámetros de las distribuciones de probabilidad.</p> <p>The steps are the same for all processes, so the analysis of the first process is shown. The data is entered into ExpertFit and 38 eligible distributions are obtained through automated fitting. The software calculates the relative score of each one and orders them from highest to lowest, in this case the distribution with the best fit of 98.39 is Johnson Bounded.</p> <p>To complement the analysis, a graphical comparison of the real data (blue bar on Fig. 2) and the data of the probability distribution (red line on Fig. 2) is made. The closeness of the density function to the histogram visually confirms the quality of the Johnson Bounded representation.</p> <p>The software automatically calculates the representative values of the probability distribution and even locates them in the form of a code for entering FlexSim as indicated in Table 2. For proccess 1, 2, 3, 5, 7 the Johnson Bounded distribution contains a threshold parameter and a scale parameter. The two shape parameters for the Johnson Bounded distribution are called gamma and delta.</p> <p>For process 4 the Beta distribution contains lower endpoint 23,9, upper endpoint 28,5, shape 1 of 1,2 and shape 2 of 6,6. For process 6 the Weibull distribution contains location 53,1, scale or alfa of 1,6 and shape or beta of 8,4 that means the data has a left-skewed curve.</p>																									

1 Mejorar figura 6, poco clara.

Se acoge la sugerencia, se separa la figura y se detalla lo que indica.

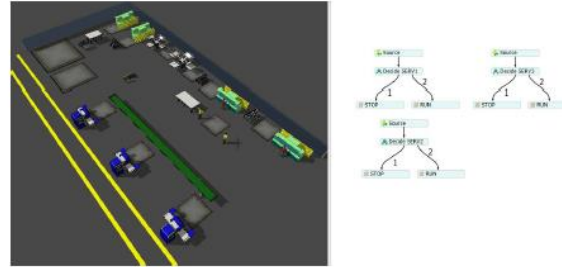


Fig. 6. Screenshot of H-RMS process and process flow from FlexSim

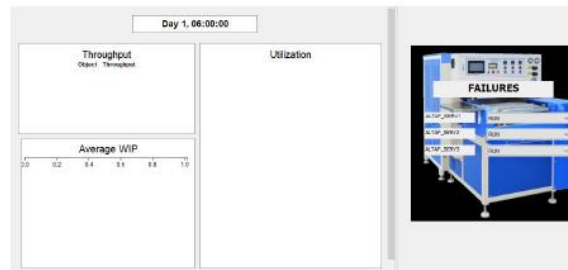


Fig. 7. Screenshot of H-RMS dashboard and user interface from FlexSim

Palabra “Adaptative” en inglés es Adaptive “Adaptive Holonic Control Architecture (ADACOR)” (página 3).

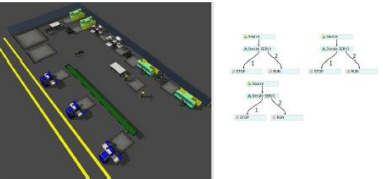
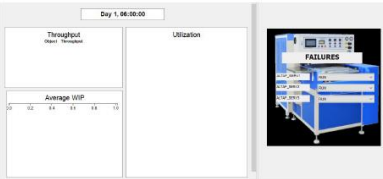
The goal of this research is to design an RMS based on the holonic paradigm named H-RMS. The current performance of the manufacturing system is determined and proposes the characteristics of the Adaptive Holonic Control Archi
Se corrige:

Ya que en la conclusión del estudio se establece a partir de los rendimientos en cada escenario, aunque estos se detallan de forma escrita, para visualizarlos fácilmente realizar tabla final solo con los rendimientos, para poder observar rápidamente el impacto del H-RMS de cada comparación de los escenarios.

Se acoge la sugerencia, y se adjunta la tabla.

Table 13. Results Throughput

SERVER	PARTIAL FAILURE		TOTAL FAILURE	
	T1	T2	T3	T4
S1	147	147	0	0
S2	291	294	294	294
S3	284	293	290	294
Total	722	734	584	588

<p>2</p>	<p>It is a very good study, however figures 2, 4, 6 are not so legible. I recommend increasing the font size inside.</p>	<p>Se acoge la sugerencia, y se mejora la calidad de las imágenes.</p>
	<p>I recommend correcting figure 6, separating it and increasing the size to make it legible.</p>	<p>Se acoge la sugerencia, se separa la figura y se detalla lo que indica.</p>  <p>Fig. 6. Screenshot of H-RMS process and process flow from FlexSim</p>  <p>Fig. 7. Screenshot of H-RMS dashboard and user interface from FlexSim</p>
	<p>I recommend presenting the conclusions quantitatively since the study presents several results that can have a better discussion.</p>	<p>Se acoge la sugerencia, y se menciona en las conclusiones cuantitativamente las mejoras que se alcanza.</p> <p>When a partial failure of a server occurs in the system, the equiprobable job distribution in the conventional control reaches 147 pairs in the failed server and the other servers achieve 291 and 284 pairs respectively. In this scenario, it is not possible to distribute cooperatively. When the control is done with H-RMS, the failed server reaches 147 pairs. However, the distribution according to the number of jobs in the queue allows a cooperative reaction between the servers and 294 and 293 pairs are produced, which represents an increase of 1.03% and 3.17% in throughput. Overall, between scenarios 2 and 1 of partial failure, the H-RMS increases the throughput by 1.06%.</p> <p>When a total failure occurs in the system, the production of this server is 0 pairs. In the conventional control, a total throughput of 584 pairs is achieved and with H-RMS a total throughput of 588 pairs, that is, an increase of 0.68% occurs.</p>

3	A section of abbreviations is missed.	No se acoge la sugerencia, ya que no existen muchas abreviaciones en el texto.
	where intelligence is distributed over the individual entities increased versatility -> not easy understandable	Se acoge la sugerencia, se cambia la palabra “intelligence” por “control”. and unemployement. Otherwise a holistic manufacturing system (HMS) implies a highly distributed organization of the manufacturing system, where control is distributed over the individual entities increased versatility [15]. These systems
	especially since today’s market is customer centric where customer desires customized product with low cost, high quality and that too with least lead times -> centric, where least - short	Se acoge la sugerencia, se menciona ejemplos de sectores centrados en el cliente. HMS and RMS are complementary to achieve a good performance in the production system, especially since today’s market is customer centric (e.g., original decorative art, footwear or car accessory produced by additive manufacturing)
	30 samples are taken at different times of the day -> 30 samples of each of the 7 processes??	Se acoge la sugerencia, y se explica en la sección 2.4 del paper. For data collection, 30 samples of each of the 7 processes are taken at different times of the day. The variability that exists in the process time data is identified in this research, so a statistical analysis of the probability distributions that best represent these data is carried out.
	Table 2 -> why different probability distributions are used??	Se acoge la sugerencia, se cambia la explicación y se detalla el procedimiento de obtención de datos, así como los parámetros de las distribuciones de probabilidad. The steps are the same for all processes, so the analysis of the first process is shown. The data is entered into ExpertFit and 38 eligible distributions are obtained through automated fitting. The software calculates the relative score of each one and orders them from highest to lowest, in this case the distribution with the best fit of 98.39 is Johnson Bounded. To complement the analysis, a graphical comparison of the real data (blue bar on Fig. 2) and the data of the probability distribution (red line on Fig. 2) is made. The closeness of the density function to the histogram visually confirms the quality of the Johnson Bounded representation. The software automatically calculates the representative values of the probability distribution and even locates them in the form of a code for entering FlexSim as indicated in Table 2. For proccess 1, 2, 3, 5, 7 the Johnson Bounded distribution contains a threshold parameter and a scale parameter. The two shape parameters for the Johnson Bounded distribution are called gamma and delta. For process 4 the Beta distribution contains lower endpoint 23,9, upper endpoint 28,5, shape 1 of 1,2 and shape 2 of 6,6. For process 6 the Weibull distribution contains location 53,1, scale or alfa of 1,6 and shape or beta of 8,4 that means the data has a left-skewed curve.

<p>3</p>	<p>the best possible situation during production -> that should mean that if the situation is the best, it cannot longer increase production. However, when there exists a fault in other servers (scenarios 1 to 4) production increases in S2 and S3 which are not affected by the fault. How can they perform better than in the best situation?? How can that be physically explained?? The idle worker helps the others??</p> <p>The reviewer thinks that aside from the numbers obtained in the model, a physical explanation on how the model increase production (i.e. the worker does another operation or whatever) needs to be explained for each scenario.</p>	<p>Se acoge la sugerencia, y se explica en el escenario 1.</p> <p>that is, the control of materials becomes more complex. Servers 2 and 3 increase production since conventional control sends work orders that are not executed on server 1 with the same equiprobable distribution logic. This situation is possible, since the utilization percentage is not yet 100.</p> <p>Se explica en la sección 2.5 los procedimientos de experimentación y se añade lo que ocurre con el operario en descanso cuando una máquina se encuentra en falla.</p> <p>.....</p> <p>results are the same. Physically, in each scenario there is only one operator in each process and when a failure occurs the idle worker is not involved in the system.</p>
----------	---	--