



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Aplicación de herramientas de análisis de confiabilidad para garantizar la gestión y estandarización de los procesos no automatizados**

**David Villegas Castaño**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Ingeniería Mecánica  
Sede Medellín, Colombia

2020

# **Aplicación de herramientas de análisis de confiabilidad para garantizar la gestión y estandarización de los procesos no automatizados**

**David Villegas Castaño**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ingeniería Mecánica**

Director:

Ph.D. Fernando Jesús Guevara Carazas

Codirectora:

Ph.D. Carmen Elena Patiño Rodríguez

Línea de Investigación:

Confiabilidad y Mantenimiento

Área de enfoque:

Mantenimiento

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Ingeniería Mecánica

Sede Medellín, Colombia

2020

*"Le travail le plus productif est celui qui sort des mains  
d'un homme heureux"*

*Víctor Pauchet (1869-1936), chirurgien français*

*"El trabajo más productivo es el que sale de las  
manos de un hombre contento"*

*Víctor Pauchet (1869-1936), cirujano francés*

- *Tener un equipo motivado es una de  
las claves que todos los empresarios  
deberían conocer -*

## **Agradecimientos**

Para comenzar, quiero darle gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi familia, amigos y a Daniela Avendaño Rúa por apoyarme en cada momento y paso a lo largo del desarrollo de esta tesis, gracias a la empresa que me permitió realizar los estudios y experiencias necesarias para documentar en este informe, gracias a mi universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación especialmente al profesor Fernando Jesús Guevara, la profesora Carmen Elena Patiño y el profesor Álvaro León Ospina.

Finalmente agradezco a quien lee esta tesis y por permitirme compartir mis experiencias, investigaciones y conocimientos, dentro de campo de la fiabilidad humana.

## Resumen

La industria manufacturera se dedica a la transformación de materias primas para la generación de un producto comercial, para este fin utiliza recurso humano, maquinaria, métodos, entre otros. Pero cuando el proceso en su mayoría se compone de personas es normal encontrar variabilidad en los resultados finales. En este trabajo se realizó una metodología general que permite gestionar y estandarizar los procesos ejecutados por mano de obra no automatizada. En primer lugar, se profundizó en los campos de análisis del factor humano para comprender las variables que generan efectos sobre sus comportamientos. Además, se exploraron las dinámicas que incentivan el crecimiento y desarrollo del personal por medio de la gestión de capital humano y el aprendizaje. A continuación, mediante el análisis de confiabilidad se establecieron los parámetros más influyentes sobre el desempeño laboral, y por medio de las herramientas y técnicas de confiabilidad se identificaron las causas de desviaciones más relevantes sobre el proceso con sus respectivas contramedidas. De esta manera, se obtiene la metodología general sustentada en los análisis de confiabilidad y el desarrollo del factor humano que permite trabajar sobre la productividad de la mano de obra en las industrias manufactureras.

**Palabras Clave: Factor humano, confiabilidad, desempeño, productividad.**

# **Application of reliability analysis tools to guarantee the management and standardization of non automated processes**

## **Abstract**

The manufacturing industry is dedicated to the transformation of raw material to generate a commercial product, using human resources, machines, methods, between others. But when the process is conformed by people in its majority is common to find variable final results. In this assignment it was developed a general methodology that allows you to manage and standardize processes executed by workforce not automated. Firstly, it was researched in deep the analysis fields of the human factor to understand the variables that generate effects over their behaviours. Additionally, the dynamics that promote growth and personal development through the management of human capital and learning were explored. Subsequently, through the reliability analysis, the most influential parameters in the performance at work were established, and using tools and reliability techniques, the most relevant deviations causes in the process with their action plans were identified. As a result, the general methodology was created and supported in the reliability analysis and the human factor development that allows you to work in the productivity of the workforce in the manufacturing industries.

**Key words : Human factor, reliability, performance, productivity.**

# Tabla de contenido

Lista de Ilustraciones .....	IV
Lista de Tablas .....	VI
Glosario .....	VIII
1. Introducción .....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Contenido.....	2
2. Marco Teórico.....	3
2.1 Perspectivas para analizar el factor humano .....	4
2.2 Factor humano como activo de la organización.....	5
2.3 Metodologías de medición de la falla en el factor humano .....	9
2.3.1 Primera generación.....	10
2.3.2 Segunda generación.....	11
2.3.3 Tercera generación.....	12
2.4 Técnicas para el análisis de procesos manuales.....	15
2.4.1 Polivalencia.....	15
2.4.2 Análisis por método Delphi .....	16
2.4.3 Análisis funcional.....	17
2.5 Regresión logística.....	20
2.6 Metodologías de análisis de confiabilidad y riesgo .....	21
2.6.1 Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA).....	21
2.6.2 Preliminary Hazard Analysis (PHA).....	23
2.7 Herramientas para gestión del factor humano .....	25
2.7.1 5S.....	25
2.7.2 Análisis de puesto del trabajo .....	26
2.7.3 Gestión de conocimiento del factor humano .....	28
3. Metodología propuesta .....	30
3.1 Diagnóstico .....	32
3.1.1 Análisis funcional.....	33
3.1.2 Jerarquización de procesos .....	33
3.2 Análisis de significancia de los valores.....	35
3.2.1 Determinación de los factores.....	36
3.2.2 Validación significancia de las variables .....	39
3.3 Cálculo de la confiabilidad humana .....	40
3.4 Cálculo de la confiabilidad humana por SHARP .....	41

3.5 Cálculo de la confiabilidad humana por THERP .....	43
3.6 Cálculo de la confiabilidad humana por OAT .....	44
3.7 Evaluación de la metodología propuesta .....	44
3.8 Análisis de confiabilidad y riesgo .....	45
3.8.1 Aplicación del PFMEA .....	46
3.8.2 Aplicación del PHA .....	48
3.9 Aplicación de mejoras sobre el proceso .....	49
3.9.1 Análisis de polivalencia .....	50
3.9.2 Aplicación de 5S .....	52
3.9.3 Análisis de ergonomía .....	54
3.9.4 Observación del puesto de trabajo .....	55
3.9.5 Capacitación .....	56
3.9.6 Análisis de capacidad cognitiva .....	57
3.10 Determinación de indicadores para control de la operación .....	59
4. Aplicación .....	60
4.1 Diagnóstico .....	61
4.1.1 Análisis del árbol funcional .....	61
4.1.2 Jerarquización de procesos .....	62
4.2 Análisis de significancia de los valores .....	67
4.2.1 Determinación de los factores .....	67
4.2.2 Validación significancia de las variables .....	67
4.3 Cálculo de la confiabilidad humana .....	69
4.4 Cálculo de la confiabilidad humana por SHARP .....	71
4.5 Cálculo de la confiabilidad humana por THERP .....	74
4.6 Cálculo de la confiabilidad humana por OAT .....	75
4.7 Evaluación de la metodología propuesta .....	76
4.8 Análisis de confiabilidad y riesgo .....	77
4.8.1 Aplicación del PFMEA .....	77
4.8.2 Aplicación del PHA .....	78
4.9 Aplicación de mejoras sobre el proceso .....	79
4.10 Determinación de indicadores para control de la operación .....	81
5. Conclusiones y recomendaciones .....	83
A. Anexo: Jerarquización de procesos .....	85
B. Anexo: Aplicación del PFMEA .....	86
C. Anexo: Aplicación del PHA .....	93
D. Anexo: Aplicación de OPT .....	94

E. Anexo: Aplicación de 5S.....	98
F. Anexo: Capacitación.....	101
G. Anexo: Análisis de Ergonomía .....	102
H. Anexo: Análisis de Polivalencia .....	107
I. Anexo: Análisis de Capacidad cognitiva.....	109
Referencias .....	111

# Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Esquema de puntos clave. Adaptado de [19].	6
<b>Ilustración 2.</b> Gestión integrada de Activos. Adaptado de [9].	6
<b>Ilustración 3.</b> Valoración de recursos. Adaptado de [9].	7
<b>Ilustración 4.</b> Relación hipotética entre carga mental y rendimiento. Tomado de [9].	8
<b>Ilustración 5.</b> Resumen generaciones.	10
<b>Ilustración 6.</b> Interacción sistemas al interior de una organización. Adaptado de [40].	15
<b>Ilustración 7.</b> Flujo de aplicación del método Delphi. Adaptado de [42].	17
<b>Ilustración 8.</b> Funcionamiento de un producto por FAD. Adaptado de [46].	18
<b>Ilustración 9.</b> Funcionamiento de un producto en matriz. Adaptado de [49].	19
<b>Ilustración 10.</b> Funcionamiento por medio del diagrama de árbol. Adaptado de [49].	20
<b>Ilustración 11.</b> 5S como base en los sistemas de fabricación. Adaptado de [62].	25
<b>Ilustración 12.</b> Esquema interacción de las acciones 5S. Adaptado de [62].	26
<b>Ilustración 13.</b> Modelo conceptual. Adaptado de [72].	29
<b>Ilustración 14.</b> Pasos para el desarrollo del PHRA.	31
<b>Ilustración 15.</b> Diagrama de flujo del paso 1 al paso 2.	32
<b>Ilustración 16.</b> Construcción análisis de árbol funcional.	33
<b>Ilustración 17.</b> Jerarquización de procesos.	34
<b>Ilustración 18.</b> Diagrama de flujo del paso 2 al paso 3.	35
<b>Ilustración 19.</b> Pasos para determinar los factores.	36
<b>Ilustración 20.</b> Ciclo de interacción.	36
<b>Ilustración 21.</b> Variables que afectan los factores.	37
<b>Ilustración 22.</b> Pasos para la validación de la significancia de las variables.	39
<b>Ilustración 23.</b> Diagrama de flujo del paso 3 al paso 4.	40
<b>Ilustración 24.</b> Diagrama de flujo del paso 4 al paso 5.	41
<b>Ilustración 25.</b> Diagrama de flujo del paso 5 al paso 6.	43
<b>Ilustración 26.</b> Diagrama de flujo del paso 6 al paso 7.	44
<b>Ilustración 27.</b> Diagrama de flujo del paso 7 al paso 8.	45
<b>Ilustración 28.</b> Diagrama de flujo del paso 8 al paso 9.	46
<b>Ilustración 29.</b> Pasos para aplicación del PFMEA.	46
<b>Ilustración 30.</b> Pasos para aplicación del PHA.	48
<b>Ilustración 31.</b> Diagrama de flujo del paso 9 al paso 10.	50
<b>Ilustración 32.</b> Pasos para análisis de polivalencia.	50
<b>Ilustración 33.</b> Pasos para la aplicación de las 5S.	53
<b>Ilustración 34.</b> Pasos para el análisis de ergonomía.	54
<b>Ilustración 35.</b> Pasos para la observación del puesto de trabajo.	55
<b>Ilustración 36.</b> Pasos trabajar sobre la capacitación.	56
<b>Ilustración 37.</b> Pasos para el análisis de la capacidad cognitiva.	57
<b>Ilustración 38.</b> Diagrama de flujo paso 10.	59
<b>Ilustración 39.</b> Estructura organizacional por direcciones.	60
<b>Ilustración 40.</b> Estructura dirección Financiera y compras.	60
<b>Ilustración 41.</b> Crecimiento producción. Datos suministrados por la empresa.	61
<b>Ilustración 42.</b> Diagrama árbol funcional del departamento.	62
<b>Ilustración 43.</b> Sección de la actividad del diagrama de árbol funcional.	63

<b>Ilustración 44.</b>	Histograma por tipo de funciones.....	65
<b>Ilustración 45.</b>	Puntaje según posición del tipo de función.....	65
<b>Ilustración 46.</b>	Variables organizadas como categóricas.....	67
<b>Ilustración 47.</b>	Funcionamiento del UAP.....	71
<b>Ilustración 48.</b>	Representación SHARP.....	73
<b>Ilustración 49.</b>	Representación THERP.....	74
<b>Ilustración 50.</b>	Representación OAT.....	76
<b>Ilustración 51.</b>	Comparación de metodologías evaluadas para % HRA.....	77
<b>Ilustración 52.</b>	Resumen del estatus del NPR del PFMEA.....	78
<b>Ilustración 53.</b>	Resumen del estatus de importancia en el 5W2H.....	78
<b>Ilustración 54.</b>	Evolución del porcentaje de error del UAP.....	80
<b>Ilustración 55.</b>	Ejemplo documento de ACR.....	96
<b>Ilustración 56.</b>	Formato evaluado de check list 5S (ejemplo).....	98
<b>Ilustración 57.</b>	Cuadro resumen de resultados iniciales check list 5S.....	99
<b>Ilustración 58.</b>	Cuadro resumen de resultados mejorados check list 5S.....	99
<b>Ilustración 59.</b>	Diagrama inicial del perímetro para sensación térmica.....	103
<b>Ilustración 60.</b>	Diagrama final del perímetro para sensación térmica.....	103
<b>Ilustración 61.</b>	Diagrama inicial del perímetro para iluminación.....	103
<b>Ilustración 62.</b>	Diagrama final del perímetro para iluminación.....	104
<b>Ilustración 63.</b>	Diagrama inicial del perímetro para ruido.....	104
<b>Ilustración 64.</b>	Diagrama final del perímetro para ruido.....	104
<b>Ilustración 65.</b>	Diagrama inicial del perímetro para postura corporal.....	105
<b>Ilustración 66.</b>	Diagrama final del perímetro para postura corporal.....	105

# Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Resumen sobre puntos de análisis de la confiabilidad humana. ....	9
<b>Tabla 2.</b> Matriz de metodologías para valorar el % HRA. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Características para construcción del método Delphi. Adaptado de [43]. ....	16
<b>Tabla 4.</b> Preguntas para analizar funciones de un producto. Adaptado de [47]. ....	18
<b>Tabla 5.</b> Funcionamiento de un producto por QFD. Adaptado de [46]. ....	19
<b>Tabla 6.</b> Clasificación muestral de la regresión logística. Adaptado de [50]. ....	20
<b>Tabla 7.</b> FMEA ejemplo 1. Adaptado de [55]. ....	22
<b>Tabla 8.</b> FMEA ejemplo 2. Adaptado de [54]. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Valores conceptos de NPR. Adaptado de [56]. ....	22
<b>Tabla 10.</b> Categorías de gravedad de accidente. Adaptado de [58]. ....	23
<b>Tabla 11.</b> Matriz de aceptabilidad del riesgo PHA. Adaptado de [60]. ....	24
<b>Tabla 12.</b> Ejemplo PHA. ....	24
<b>Tabla 13.</b> Factores que impactan la eficiencia del puesto. Adaptado de [65]. ....	27
<b>Tabla 14.</b> Observaciones sobre puesto de trabajo por actividades. ....	27
<b>Tabla 15.</b> Requerimientos de puesto de trabajo. Adaptado de [64]. ....	28
<b>Tabla 16.</b> Definición de cada parámetro sobre los factores. ....	30
<b>Tabla 17.</b> Matriz comparativa con cálculo ponderado. ....	31
<b>Tabla 18.</b> Tipos de funciones. ....	34
<b>Tabla 19.</b> Condiciones para la de medición de las variables. ....	38
<b>Tabla 20.</b> Valores genéricos selección de acciones humanas tipo 1. Adaptado de [36]. ...	42
<b>Tabla 21.</b> Denominación de colores para análisis cualitativo. ....	42
<b>Tabla 22.</b> Probabilidad de errores humanos por fallas de control. Adaptado de [36]. ....	44
<b>Tabla 23.</b> Definición de parámetros para NPR. ....	47
<b>Tabla 24.</b> Intervalos de Ocurrencia. ....	47
<b>Tabla 25.</b> Intervalos calificación NPR. ....	48
<b>Tabla 26.</b> Matriz para evaluación del riesgo PHA. ....	49
<b>Tabla 27.</b> Nivel de riesgo por porcentaje de avance de la polivalencia. ....	52
<b>Tabla 28.</b> Objetivo mínimo de aceptación del check list 5S. ....	53
<b>Tabla 29.</b> Objetivo mínimo de aceptación para los criterios ergonómicos. ....	54
<b>Tabla 30.</b> Conceptos para diligenciar la matriz. ....	57
<b>Tabla 31.</b> Objetivo de aceptación de las capacitaciones. ....	57
<b>Tabla 32.</b> Parámetros para trabajar sobre la capacidad cognitiva. ....	58
<b>Tabla 33.</b> Prioridad criterios capacidad cognitiva. ....	58
<b>Tabla 34.</b> Puntuación rangos en la matriz de capacidad cognitiva. ....	58
<b>Tabla 35.</b> Funciones generales de la actividad seleccionada. ....	63
<b>Tabla 36.</b> Resumen de Listado de actividades con sus funciones. ....	64
<b>Tabla 37.</b> Tipo de funciones vs funciones generales impactadas. ....	64
<b>Tabla 38.</b> Clasificación de funciones generales. ....	65
<b>Tabla 39.</b> Matriz de cálculo por cada actividad operativa. ....	66
<b>Tabla 40.</b> Actividades operativas organizadas según puntaje obtenido. ....	66
<b>Tabla 41.</b> Total de datos tabulados. ....	67
<b>Tabla 42.</b> Resumen significancia de las variables. ....	68
<b>Tabla 43.</b> Matriz % HRA sobre el UAP. Elaboración propia. ....	69

<b>Tabla 44.</b> Contingencia resultado del modelo.....	70
<b>Tabla 45.</b> Clasificación acciones SHARP.....	71
<b>Tabla 46.</b> Análisis cualitativo de acciones humanas. Adaptado de [36]. .....	72
<b>Tabla 47.</b> Actividades previas.....	73
<b>Tabla 48.</b> Valores del % HRA - SHARP.....	74
<b>Tabla 49.</b> Valores del % HRA - THERP.....	75
<b>Tabla 50.</b> Actividades posteriores.....	75
<b>Tabla 51.</b> Probabilidad de falla actividades OAT.....	75
<b>Tabla 52.</b> Valores del % HRA - OAT. Elaboración propia.....	76
<b>Tabla 53.</b> Resumen de PHA.....	79
<b>Tabla 54.</b> Balance aplicación de herramientas y técnicas.....	80
<b>Tabla 55.</b> Seguimiento KPI en la operación del UAP.....	81
<b>Tabla 56.</b> Listado de actividades con sus funciones.....	85
<b>Tabla 57.</b> PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 1.....	86
<b>Tabla 58.</b> PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 2.....	87
<b>Tabla 59.</b> PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 3.....	88
<b>Tabla 60.</b> PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 4.....	89
<b>Tabla 61.</b> 5W2H Construido parte 1.....	89
<b>Tabla 62.</b> 5W2H Construido parte 2.....	90
<b>Tabla 63.</b> 5W2H Construido parte 3.....	91
<b>Tabla 64.</b> 5W2H Construido parte 4.....	92
<b>Tabla 65.</b> PHA completo.....	93
<b>Tabla 66.</b> Plan de OPT.....	94
<b>Tabla 67.</b> Ejemplo documento de OPT.....	95
<b>Tabla 68.</b> Ejemplo de FOP / FOS.....	97
<b>Tabla 69.</b> Resultado check list 5S.....	100
<b>Tabla 70.</b> Matriz de capacitación del departamento de comercio exterior.....	101
<b>Tabla 71.</b> Conformidad de las condiciones ergonómicas.....	106
<b>Tabla 72.</b> Resumen matriz para control de polivalencia.....	107
<b>Tabla 73.</b> Matriz completa para control de polivalencia.....	108
<b>Tabla 74.</b> Matriz capacidad cognitiva del personal.....	109
<b>Tabla 75.</b> Resultados evaluación matriz capacidad cognitiva.....	110

# Glosario

ACR: Análisis Causa Raíz, para solución y hallazgo de problemas.

AGV: Automated Guided Vehicle o Vehículo Automático Guiado.

ALTEX: Programa de la DIAN para Empresas Altamente Exportadoras.

ASEP: Accident Sequence Evaluation Program.

ATHEANA: Técnica para análisis de error humano.

BL: Bill Of Lading, factura de carga.

BN: Bayesian Network.

CAHR: Connectionist Assessment of Human Reliability.

CARA: Controller Action Reliability Assessment.

CBDT: Controller Based on Decision Tree (Causa).

CBU: Vehículos importados o para exportación.

CO: Certificado de Origen, documento implementado para las importaciones y exportaciones que garantiza el origen del país de procedencia.

COE: Centro de Operación y Excelencia, centralización de operación a nivel mundo para validación de alguna actividad operativa.

CKD: Piezas para planta importadas.

CREAM: Cognitive Reliability Error Analysis Method.

DGI: Declaración general de importación.

DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia.

DMD: Diagnóstico Administrativo Diario.

FOP: Ficha Operación Proceso, Diagrama de flujo compuesto por las actividades operativas.

FOS: Ficha de Operación Estándar, Procedimiento escrito de forma detallada sobre el método de ejecución de las actividades operativas.

GDM: Centro de clasificación arancelaria para actividades de importación.

HCR/ORE: Human Cognitive Reliability / Operator Reliability Experiment.

HE: Human Error o Error Humano.

HEART: Human Error Assessment And Reduction Technique.

HEP: Human Error Probability o Probabilidad de Error Humano.

HRA: Human Reliability Analysis o Análisis de Confiabilidad Humana.

Incoterms: “International commercial terms”, Términos Comerciales Internacionales para las operaciones de importación y exportación.

INTENT: Method For Estimating Human Error Probabilities For Decision Based Errors.

KPI: Key Performance Indicator o indicador clave o medidor de desempeño.

MERMOS: Method d’évaluation de la Realisation des Missions Operateur Pour la Surete.

MINCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en Colombia.

MYP: Métodos y Procesos.

NARA: Nuclear Action Reliability Assessment.

OAT: Operator Action Tree.

OEA: Operador Económico Autorizado.

OPT: Observación de Puesto de Trabajo, para el seguimiento y análisis de las desviaciones sobre los puestos de trabajo por parte de los ejecutores de actividades operativas.

PFMEA: Process Failure Mode and Effect Analysis o Análisis de modos y efectos de falla del proceso.

PHA: Preliminary Hazard Analysis o Análisis preliminar de riesgos.

PROFIA: Programa de Fomento para la Industria Automotriz (Programa de importación orientado por la DIAN).

PROFIA - MYP: Clarificar funcionamiento de la modalidad de PROFIA en el departamento.

PROYECTOS CMP/RAP - MYP: Comprender las responsabilidades exigidas para cada área del departamento.

PSF: Performance Shaping Factors ó factores de incidencia en el comportamiento.

PVR: Plan Vallejo Reposición (Programa de exportación e importación orientado por la DIAN).

RAP/CMP: Cronograma de seguimiento y ejecución de proyectos.

RVC: Valor de Contenido Regional, porcentaje de transformación aportado al producto final.

SHARP (I): Systematic Human Action Reliability Procedure.

SHERPA: Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach.

SLIM: Success Likelihood Index Method.

SPAR-H: Standardized Plan Analysis Risk Human.

THERP: Technique for Human Error Rate Prediction.

TRC: Time – Reliability Correlation.

UAP: Usuario Aduanero Permanente.

# 1. Introducción

## 1.1 Justificación

Los sistemas están compuestos por unidades básicas, entre ellas las personas. Cuando un sistema se compone en su mayoría de personas se habla de poca automatización en los procesos, y como consecuencia se generan niveles fluctuantes de fallas. En estos casos, los procesos administrativos y productivos no alcanzan las metas trazadas por las directivas de la empresa, por lo cual los procesos no logran los niveles exigidos. En consecuencia, deben considerar cambios metódicos en los indicadores que contribuyen a medir el estado actual del sistema productivo y su mejora a partir del análisis de confiabilidad [1]. Asimismo, se hace necesario desarrollar una metodología para la gestión, análisis y estandarización de procesos, que tenga efecto sobre la productividad de los distintos puestos de trabajo.

La complejidad o facilidad de entender un sistema depende de la cantidad de información que lo constituye. Una de las variables de mayor interés en los procesos industriales es el uso de la mano de obra para las distintas labores administrativas y operativas, esto se debe a que no se cuenta con la automatización suficiente o a la falta de uniformidad en la ejecución de los procesos que exigen un acompañamiento constante que intervenga las desviaciones que se presentan [2].

Cuando se tiene un sistema de producción donde los procesos no están definidos de manera clara, no se detecta con facilidad las tendencias positivas o negativas sobre un seguimiento que permita establecer desviaciones sobre el sistema. En muchas ocasiones estas desviaciones se convierten en fallas para el sistema [3].

En las distintas industrias donde se tiene como base la mano de obra, si no se detectan a tiempo los riesgos que generan las personas se puede incurrir en costos o gastos que no están previstos. La fabricación manufacturera representa un 60% de la industria colombiana, esta se basa para su funcionamiento en el factor humano [4]. Debido a las múltiples condiciones que impactan sobre el recurso humano los procesos se ven afectados por distintas variaciones que se ven reflejadas como un resultado fluctuante ante la calidad esperada del producto final.

Cada empresa u organización se plantea objetivos productivos de acuerdo con su actividad económica, para alcanzarlas es necesario contar con todos sus recursos en cuanto a planta física, maquinaria, entorno, personas, entre otras.

En vista de que el factor humano abarca gran medida las labores administrativas e industriales de una empresa, garantizar que las funciones o actividades sean ejecutadas con una conformidad aceptable y un desempeño satisfactorio es fundamental [5]. Una de las respuestas a esta necesidad es cuantificar la probabilidad de error humano sobre una tarea específica permitiendo encontrar mejoras que reduzcan dicha probabilidad [6].

Para cuantificar la probabilidad de error se propone una metodología alternativa a los existentes en la literatura y adicionalmente se desarrollan tres metodologías descritas en la misma con el fin de comparar los resultados de obtenidos.

## 1.2 Objetivos

**General:** Proponer una metodología general de gestión y estandarización de los procesos ejecutados manualmente validado en una industria manufacturera, usando herramientas de análisis de confiabilidad.

**Específicos:**

- Desarrollar un sistema que establezca una jerarquía de criticidad de los procesos para priorizar el análisis de confiabilidad humana.
- Desarrollar un indicador de gestión del recurso humano para medir la productividad actual y su mejora a partir de la implementación de la metodología.

## 1.3 Contenido

Este documento tiene la siguiente estructura: en el segundo capítulo se presenta la revisión del marco teórico compuesto por las perspectivas para analizar el factor humano y las metodologías de medición de las fallas de este. También, se encuentran las definiciones de las herramientas para gestionar el factor humano y las metodologías para el análisis de confiabilidad y riesgo.

En el tercer capítulo se presenta la propuesta teórica de la metodología, donde se presenta por etapas la información para desarrollar la propuesta partiendo de un diagnóstico para contextualizar el trabajo, posteriormente los cálculos y análisis requeridos y finalmente las herramientas para trabajar sobre la confiabilidad, riesgo y gestión del perímetro de trabajo seleccionado.

En el capítulo cuarto se encuentra la aplicación de cada paso teórico mencionado en el capítulo tres permitiendo desarrollar la propuesta metodológica planteada y se presentan los resultados alcanzados.

Por último, en el quinto capítulo se presenta el apartado de conclusiones y las recomendaciones de trabajo futuro en el tema, donde se verifica los logros alcanzados a partir de lo determinado en la justificación del problema y los objetivos del trabajo.

## 2. Marco Teórico

En el campo industrial se cuenta con la interacción entre dos componentes esenciales que generan efectos en la cadena de producción: las máquinas y los seres humanos. En general, cuando se presentan desviaciones entre los objetivos de producción establecidos y los resultados reales, se considera la maquinaria como la principal causa, pero esto se debe a que se subestima la participación del factor humano como un posible determinante de desviación. Por lo tanto, la confiabilidad humana no es un tema que deba pasarse por alto al momento de evaluar la criticidad de los sistemas [7]. En otras palabras, si las empresas trabajan al detalle sobre la confiabilidad de sus equipos no pueden olvidar que en una línea de producción no solo trabajan máquinas, es necesario considerar que dichos equipos son operados por personas. Consecuentemente, ahora la confiabilidad no puede tratar sólo una parte del sistema, debe abarcar: la maquinaria, el elemento humano y la interacción entre estos dos [8, 9].

El concepto de confiabilidad humana y la forma como se analiza presenta algunas variaciones con el pasar del tiempo, pero en general todas las teorías coinciden en que para trabajar sobre la confiabilidad de un proceso o sistema se debe considerar la participación del hombre, la máquina y el entorno. En 1983 se planteó que “La persona en un sistema puede no solo no hacer lo que se supone que debe hacer, o no hacerlo correctamente, sino que también puede hacer algo extraño que podría degradar el sistema [10]”. En el 2005, para el desarrollo de la confiabilidad algunos estudios proponen que “La variabilidad del contexto en lugar de la probabilidad de error humano es lo más importante, ya que las fallas ocurren en función del contexto [11]”. En el 2016, la definición de confiabilidad humana se encuentra compuesta por la probabilidad de error, la probabilidad de que una tarea sea finalizada y el tiempo de respuesta ante una inconsistencia. Además, permite identificar los riesgos laborales latentes en determinada operación [12]. En general, la confiabilidad se centra en el desempeño satisfactorio de las personas al realizar actividades específicas que influyen sobre el rendimiento del sistema [5]. En el 2019, nuevamente se plantea la posibilidad de utilizar el análisis de confiabilidad para identificar puntos de riesgos sobre determinada operación, pero enfocados a detectar puntos que puedan contribuir a incidentes [13, 14].

Finalmente, es importante resaltar que los errores, riesgos o fallas humanas también se constituyen por temas como falta de capacidades cognitivas y formativas, irrespeto a los estándares establecidos, ejecución de procedimientos de forma inadecuada, permiso en la toma de decisiones sobre el proceso en puntos donde no es pertinente o permitido, generación de riesgos potenciales tanto para la salud, como para la operación, entre otros [15].

En este capítulo se explicarán los principales conceptos relacionados con el análisis y gestión sobre el factor humano. De esta manera, en primera instancia se presenta las posibles perspectivas de análisis sobre el factor humano, ya que las personas se podrían analizar desde el punto de vista de la sociología, a partir de un enfoque estadístico o desde el punto de vista de los riesgos. Las perspectivas de análisis permiten determinar la forma más pertinente para abordar el comportamiento y funcionamiento del factor humano en

determinado contexto, por lo tanto, es importante acompañar el tipo de perspectiva con la manera en que el factor humano participa en la organización.

Esta participación comienza por reconocer a las personas desde un punto de vista del capital humano, donde las personas se caracterizan por ser activos de las compañías por medio de sus conocimientos y experiencias para realizar determinada actividad o función. En este orden de ideas, para evaluar la conformidad de la ejecución de estas actividades se realiza una revisión de las diferentes metodologías de medición de las fallas del factor humano y se construye una línea de tiempo catalogando las metodologías por generaciones, con sus características más relevantes. Para aplicar la metodología de medición de fallas es importante conocer el perímetro de trabajo, por lo tanto, es necesario utilizar técnicas que permitan analizar el proceso, como la polivalencia que muestra la flexibilidad funcional que existen entre los cargos, el método Delphi para establecer las o la operación crítica dentro del proceso y el análisis funcional para comprender la complejidad del proceso.

Por otro lado, se presenta el modelo de regresión logística como una alternativa de medición sobre los resultados de las actividades manuales realizadas por el factor humano, basándose en distintas variables cualitativas que lo acompañan. Para acompañar la medición de fallas del factor humano sobre el perímetro de trabajo se utilizan metodologías de análisis de confiabilidad y riesgo como el Análisis de modos y efectos de falla del proceso (en inglés: Process Failure Mode and Effect Analysis – PFMEA) PFMEA y el Análisis preliminar de riesgos (en inglés: Preliminary Hazard Analysis – PHA) con la intención de encontrar las posibles causas de las fallas. Finalmente, como herramientas de apoyo para gestionar el factor humano se presentan las 5S, el análisis de los puestos de trabajo y la gestión de conocimientos.

## 2.1 Perspectivas para analizar el factor humano

Conocer las perspectivas que permiten realizar análisis sobre las personas es importante ya que está definido como la manera en que se podría estudiar el comportamiento y rendimiento tanto para las labores administrativas como operativas. En este punto se encuentran tres enfoques: el primero desde una perspectiva sociológica, el segundo desde la predicción estadística y el tercero desde el punto de vista del riesgo.

La sociología analiza los fenómenos colectivos producidos por la actividad Humana [16] y se ocupa del estudio de las relaciones entre los individuos y las leyes que las regulan en el marco de las sociedades humanas. Es decir, se analizan las relaciones que existen al interior de las organizaciones o el vínculo de la estructura social a la cual pertenece. Por lo tanto, el análisis se realiza desde las **acciones** de las personas para que la falla (error humano) ocurra.

En el segundo enfoque, se plantea un modelo basado en estadísticas inferenciales el cual se utiliza para predecir la respuesta según los factores de exposición e influencia [17]. Los modelos pueden utilizar uno o más clasificadores al intentar determinar la probabilidad de un conjunto de datos pertenecientes a otro conjunto. Bajo el enfoque estadístico, el análisis

del factor humano se realiza desde las **predicciones** sobre la falla (error humano) que puede ocurrir.

En el tercer enfoque se analiza la probabilidad de que se produzca un contratiempo o una degradación [18]. Esta probabilidad es conocida como riesgo y se basa en la amenaza a que ocurra un evento y sus efectos sean negativos. Cuando se dice que un sujeto está en riesgo es porque se considera que la condición en la que se encuentra está en desventaja frente a algo más. De esta forma, el análisis del personal se realiza desde las **posibilidades** de que la falla (error humano) ocurra.

Al analizar estos tres enfoques para trabajar sobre el factor humano se puede observar que en todos los casos es fundamental el contexto donde el personal realiza sus actividades y funciones operativas, ya que este presenta un impacto positivo o negativo sobre los resultados del proceso. El contexto entendido como las relaciones personales del factor humano en su perímetro de trabajo, las características del puesto de trabajo que inciden sobre el desempeño de las personas y qué tan factible es que un evento ocurra relacionado a determinadas variables.

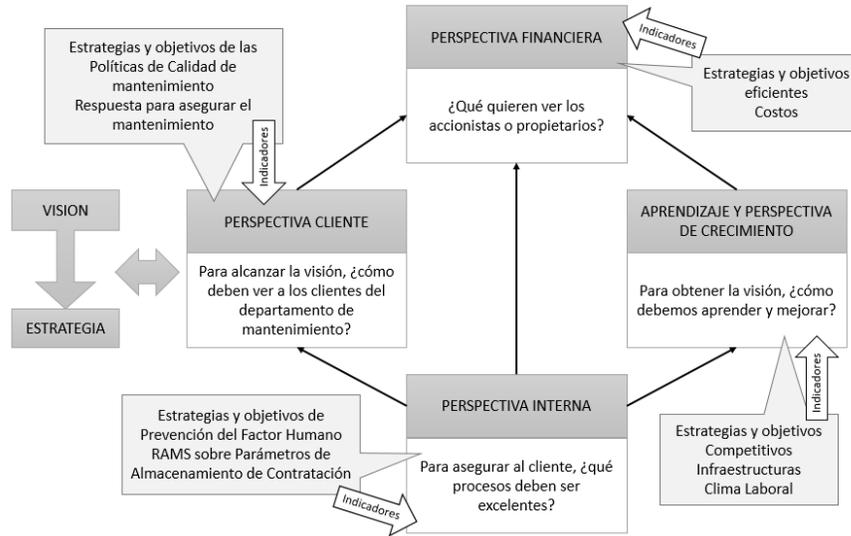
## **2.2 Factor humano como activo de la organización**

En las estructuras organizacionales de las compañías en general se establecen actividades estratégicas con el fin de mejorar la capacidad productiva, estándares de calidad y rentabilidad. Por esta razón, es fundamental que todas las áreas o departamentos de la compañía estén alineados a un o unos objetivos en común [19].

La ilustración 1 se encuentra direccionada a la participación y desarrollo de un departamento de mantenimiento al interior de una organización, pero el esquema es aplicable a cualquier área o departamento de una empresa ya que se presentan algunos puntos clave para alcanzar las expectativas de la compañía. En este orden de ideas, se puede apreciar como al determinar una meta o visión general se deben construir las estrategias que permitan alcanzar dicha meta.

Para alcanzar esta visión es necesario enfocarse sobre 4 puntos clave, el primero corresponde a la perspectiva interna donde el área debe identificar cuáles de sus procesos deben ser ejecutados con el mayor desempeño y conformidad posible por parte del factor humano. Con los procesos claros se analizan los otros 3 puntos, el primero correspondiente al aprendizaje y perspectiva de crecimiento donde se desarrollan las competencias y habilidades del personal necesarias para garantizar la confiabilidad de los procesos. El segundo la perspectiva cliente donde se revisa el impacto de los procesos realizados por el departamento sobre las estrategias de la organización y el tercero la perspectiva financiera corresponde a los costos de los procesos, donde los accionistas o directivos esperan no tener pérdidas, no tener sobre costos o en algunos casos presentar ahorros debido a una conformidad pertinente de los procesos ejecutados [19].

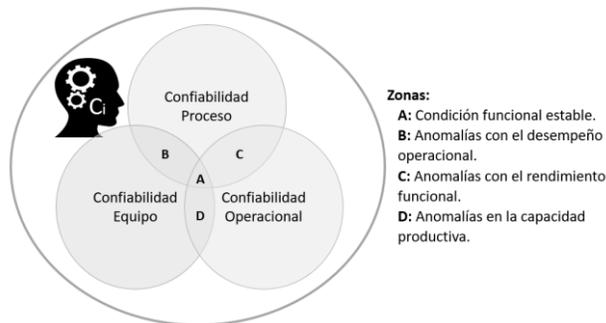
**Ilustración 1.** Esquema de puntos clave. Adaptado de [19].



Para alcanzar los fines propuestos en la ilustración 1, se debe especificar que el análisis de confiabilidad y el error humano se traducen en efectos sobre el proceso, ya que las causas de mal funcionamiento se pueden atribuir al comportamiento humano y las consecuencias de este sobre el sistema [20].

Por esta razón, una de las propuestas más pertinente para asociar el comportamiento de las personas como un valor dentro de las actividades productivas de una compañía es asimilando el aporte humano como un activo [9]. En la ilustración 2 se observa una propuesta de gestión integrada de activos mediante la interacción de la confiabilidad del proceso como la capacidad productiva, la confiabilidad de los equipos o maquinaria como rendimiento funcional y la confiabilidad de la operación como el desempeño operacional. Es decir, una sola que presente una reducción en sus condiciones funcionales las demás se verán impactadas, ya que si por ejemplo la persona que realiza la operación no lo hace de forma adecuada el equipo perderá rendimiento y el proceso no tendrá las capacidades requeridas. Por consiguiente, las personas se deben valorar como activos en la organización pues su participación dentro del proceso genera variaciones sobre el rendimiento y la capacidad de la actividad productiva en general.

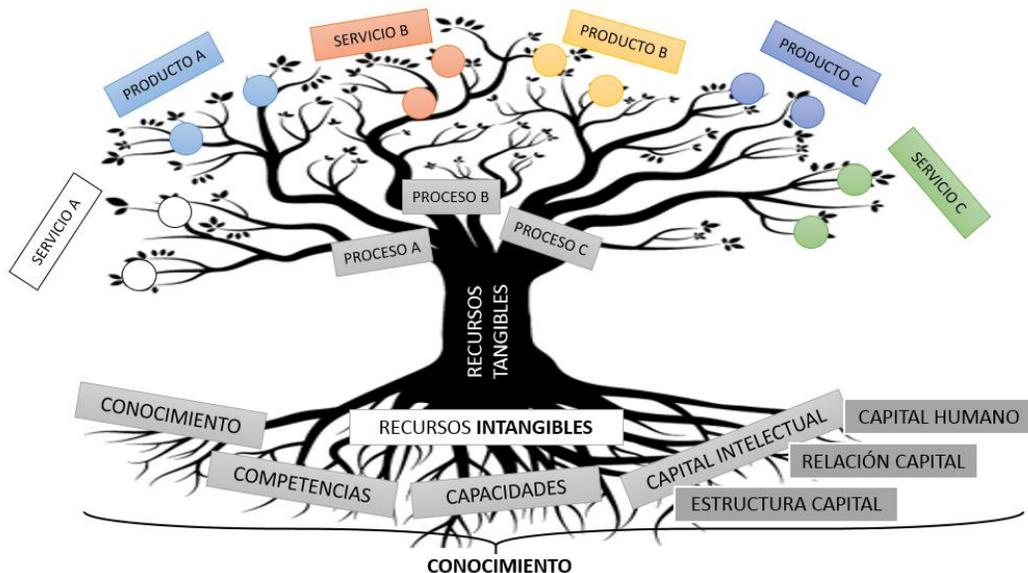
**Ilustración 2.** Gestión integrada de Activos. Adaptado de [9].



Para construir el concepto de las personas como activo de la organización se deben identificar los puntos que dan ese valor adicional y característico de cada individuo, en este orden de ideas como afirma la teoría del capital humano las personas invierten en sí mismas cuando se acumulan bienes sean tangibles o intangibles, esto no significa que los bienes sean propiamente materiales pueden ser de carácter académico y formativo desde lo teórico hasta las experiencias vividas [21].

En la ilustración 3 se presenta de forma dinámica el valor aportado por las personas comenzando por sus aportes en conocimiento de forma intangible, pero que se transforman en tangibles como resultado de bienes, productos o servicios.

**Ilustración 3.** Valoración de recursos. Adaptado de [9].



Es importante mencionar que con esta valoración el personal se podría traducir en impactos económicos para la empresa [9, 22] llevando a que las falencias y/o ausencia de una persona se convierta en términos de costo / beneficio.

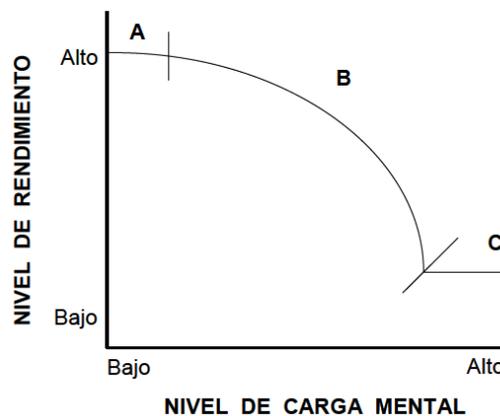
El aumento de los denominados bienes formativos y desarrollo del “know how” (conocimiento de cómo hacer) de las personas en una empresa, depende directamente de la forma como cada individuo asocia, interpreta, infiere y utiliza el entrenamiento, capacitaciones y aprendizaje otorgado por la compañía al momento de ejecutar sus actividades laborales. Adicionalmente, se debe considerar las experiencias teóricas y empíricas que rodean a cada individuo bajo un contexto determinado, ya que los niveles jerárquicos al interior de una organización se encuentran vinculados a diferentes responsabilidades y tareas que a su vez varían en cantidad y duración [20].

Complementando la idea de las experiencias teóricas y empíricas y de cómo se genera un valor agregado frente al desarrollo formativo y de conocimiento del personal, se establece una proporción entre niveles de rendimiento y carga mental donde se podría inferir que cuando una persona comienza a desarrollar una actividad nueva dentro de sus funciones la carga mental es alta y el rendimiento esperado es bajo. Pero una vez la persona adquiere

experiencia sobre la actividad el rendimiento se convierte en alto y por lo tanto la carga mental se espera sea baja. De esta manera, en la ilustración 4 se puede apreciar el comportamiento del factor humano al relacionar la carga mental con el rendimiento. En la zona C se puede observar un comportamiento lineal y constante sobre el rendimiento bajo para las personas que realizan por primera vez una función presentando una carga mental alta. Para pasar a la zona B, la persona debe practicar y capacitarse para comenzar a aumentar el rendimiento, por la forma cóncava de la curva se evidencia como al mejorar las competencias de la persona el resultado de su desempeño o rendimiento comienza a tener efectos positivos y relativamente rápidos. Por último, cuando la persona adquiere la suficiente experiencia y conocimiento sobre determinada función presenta una carga mental baja y un alto rendimiento ubicándose en la zona A.

Es importante considerar que la zona A no se comporta de forma lineal o constante, ya que cuando una función se deja de practicar o ejecutar el rendimiento comienza nuevamente a bajar por la zona B y llegando incluso a volverse estacionario en el punto C.

**Ilustración 4.** Relación hipotética entre carga mental y rendimiento. Tomado de [9].



Por otra parte, el conocimiento de las personas frente a una función nueva o al momento de reforzar sus conocimientos de una actividad que no desempeña en cierto periodo de tiempo depende de las características que acompañen su aprendizaje. De esta forma, las personas atraviesan con respecto a su entorno y el sistema donde se desempeñan un aprendizaje de tipo informal y/o uno de tipo regulado [23].

El tipo informal corresponde a una transferencia de conocimientos donde las personas se encuentran en su lugar de trabajo y por medio de la observación e instrucciones orales aprenden de la actividad que otra persona con experiencia en la función realiza. En estos casos, la persona adquiere la información y conocimientos necesarios para ejecutar la función o tarea determinada, pero si su formador presenta alguna falla o error, el aprendiz probablemente también la presente [23].

En cuanto al tipo regulado la transferencia de conocimientos parte desde la definición del tiempo de duración de la formación y las enseñanzas que recibe la persona antes de enfrentarse a su lugar de trabajo con sus funciones. En este caso, el formador y experto sobre la función se rige por la evaluación de competencias necesarias para la ejecución de

la actividad, pruebas de desempeño, entendimiento del lugar de trabajo y un certificado sobre el aprendizaje alcanzado [23].

En ambos casos, es fundamental que las personas comprendan su lugar de trabajo y es requerido que las funciones o actividades que van a realizar tengan una componente de formación, las diferencias radican en la rigurosidad para certificar los desempeños alcanzados y en el mecanismo de transferencia de estos conocimientos.

Finalmente, en la tabla 1 se presenta un resumen de la información suministrada desde la parte teórica [9, 19, 20, 21, 22, 23].

**Tabla 1.** Resumen sobre puntos de análisis de la confiabilidad humana.

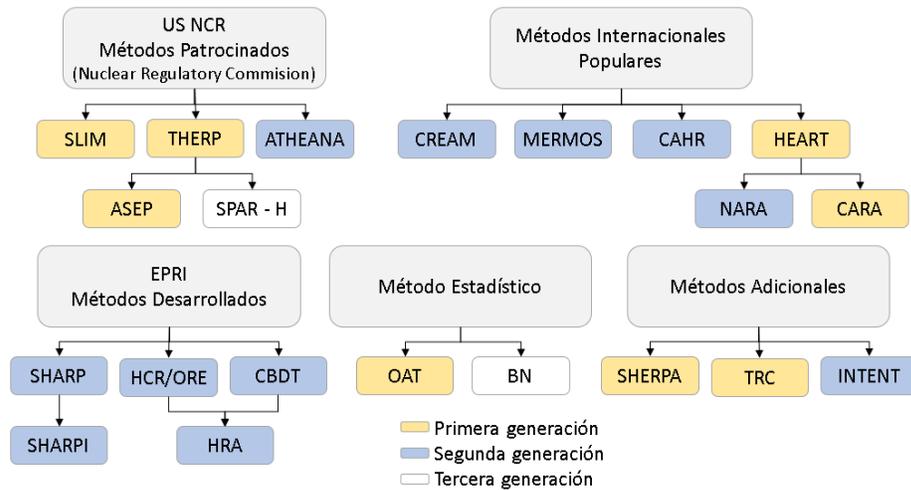
Puntos de análisis	Medición sobre lo denominado Confiabilidad	Participación		
		Hombre	Máquina	Entorno
Objetivos en común en la organización.	Metas se impactan por las funciones del factor humano.	✓		✓
Confiabilidad operacional.	La persona se valora como un activo de la organización.	✓	✓	
Rendimiento y desempeño.	Capacidad de respuesta basada en el aprendizaje de conocimientos y habilidades.	✓		✓

Partiendo de los hallazgos presentados en la tabla 1, se observa que para trabajar sobre el desarrollo del factor humano es fundamental considerar los tres campos: el hombre, la máquina y el entorno, ya que cada uno genera una afectación directa positiva o negativa, pero al final tendrán relevancia sobre el desempeño del factor humano y la calidad de su trabajo. De esta manera, el individuo tiene responsabilidad personal al buscar un aprendizaje y mejora constante sobre sus funciones, acompañado de los recursos mínimos necesarios para responder a la demanda de sus actividades y en un lugar de trabajo idóneo para ejecutar sus labores.

## 2.3 Metodologías de medición de la falla en el factor humano

Con relación a los grupos generacionales, la literatura presenta tres grandes grupos, donde se consideran la probabilidad de error del factor humano, los riesgos potenciales que puede ocasionar el factor humano, el contexto de trabajo, la ergonomía de las operaciones, entre otros [20, 24, 25]. La Primera Generación ocurre en el periodo comprendido entre 1970 y 1990 y se enfoca en la probabilidad de que ocurran errores humanos [15]. La Segunda Generación comprende el periodo entre 1990 y 2005 y analiza los entornos externos e internos de las personas para determinar el HE [15, 22]. La Tercera Generación inicia en el año 2005 hasta la actualidad y evalúa las interacciones entre los entornos externos e internos, relaciones interpersonales y dependencias [15, 26]. En cada una de las generaciones se han creado diversas metodologías de trabajo para el cálculo o estimación del % HRA [27]. Estas metodologías están agrupadas por familias como es muestra en la ilustración 5 [15, 24, 25, 28, 29].

## Ilustración 5. Resumen generaciones.



### 2.3.1 Primera generación

Como Primera Generación se tiene el periodo comprendido entre 1970 y 1990. Se enfoca en la probabilidad de que ocurran errores humanos y errores humanos operacionales. Las metodologías utilizadas en esta etapa son SLIM, THERP, ASEP, HEART, CARA, OAT, SHERPA y TRC.

La metodología Success Likelihood Index Method (SLIM) tiene como principal objetivo trabajar y tratar los factores que inciden sobre el comportamiento. Se cataloga como flexible ante las variaciones de los comportamientos, pero como limitantes: Solo es aplicable por profesionales en el campo de análisis, requiere estimaciones muy precisas por expertos en las actividades del proceso y sus parámetros de aplicación no se encuentran completamente aceptados [24, 29].

Technique for Human Error Rate Prediction (THERP) considera las personas como fuentes de fallas mediante la probabilidad. Además, considera las fallas resultantes como una omisión o comisión de las personas; es un procedimiento de descomposición de actividades para individualizar las tareas ejecutadas, su representación y cálculo es en paralelo o serie según la naturaleza del análisis, se enfoca sobre factores determinados como rendimiento y para su ejecución requiere de 5 pasos principales. No se considera una metodología flexible ante los cambios del proceso y como limitantes: Requiere según la naturaleza del proceso mucho tiempo de investigación y seguimiento para la recolección de datos, por lo tanto, requiere recursos para su aplicación en cuanto a tiempo, personal, entre otros [29, 30].

Por otro lado, Accident Sequence Evaluation Program (ASEP) simplifica la metodología de THERP convirtiéndola en un método más flexible para su ejecución. Pero como limitantes: Es necesario utilizar otra metodología como prerrequisito en este caso THERP. Además, comparte la necesidad de recolección de datos y recurso para su aplicación [24, 31].

La metodología Human Error Assessment And Reduction Technique (HEART) en su aplicación se cataloga como simple para el análisis de tareas complejas, pero no es aplicable a acciones elementales o simples y como limitantes: Por las características de las tareas complejas, requiere de personas expertas en el proceso para su aplicación. Por otro lado, no se considera para uso público por el volumen de información que requiere del proceso [15, 24].

En cuanto a Controller Action Reliability Assessment (CARA) es una metodología orientada a los factores que incidente sobre el comportamiento de las personas, donde resalta su participación en los contextos de seguridad en el trabajo. Se cataloga como flexible ante los cambios del proceso, pero como limitantes: Es necesario utilizar otra metodología como prerrequisito en este caso HEART. Además, no se encuentra disponible para un uso público porque requiere de personal experto en su aplicación [32].

Por parte de Operator Action Tree (OAT) es un procedimiento de descomposición con base en un esquema mental determinado como las barreras o puntos donde las personas deben tomar decisiones y se enfoca sobre el momento previo a que se ejecute una acción. Se cataloga como flexible en la variación de las actividades, pero como limitante: La variabilidad estadística impacta sobre los resultados evaluados del proceso [30].

La metodología de Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA) no necesita que sea aplicada por expertos sobre el proceso, implementa modelos cognitivos y permite establecer recomendaciones para mitigar los errores humanos. Se considera flexible, ya que no requiere de profesionales en el proceso para su evaluación, pero como limitante: Las recomendaciones que establece no son aplicables a otros sistemas o procesos, ya que trabaja en excesivo con subjetividad de quien la aplica [29].

Sobre Time – Reliability Correlation (TRC) es una metodología complementaria a cualquier otro método, pero integra la componente del tiempo lo cual reduce la flexibilidad en su aplicación. Como limitantes: Es solo aplicable por expertos sobre las actividades realizadas, es complejo en su aplicación y depende del tiempo de observación para su aplicación lo cual requiere de muchas repeticiones [29].

### **2.3.2 Segunda generación**

La Segunda Generación se enfoca en los entornos externos e internos de las personas para la ejecución de sus actividades o PSF para determinar el HE. Esta generación comprende el periodo entre 1990 y 2005. Y se destacan herramientas como ATHEANA, CREAM, MERMOS, CAHR, NARA, SHARP, HCR/ORE, CBDT e INTENT.

Técnica para análisis de error humano (ATHEANA) es una metodología para abordar las deficiencias percibidas en las personas para los errores humanos. No se considera flexible, ya que normalmente funciona como complemento de la metodología de THERP y como limitantes: Requiere de recursos dedicados a su desarrollo y recolección de datos [15, 24].

Respecto a Cognitive Reliability Error Analysis Method (CREAM) es una metodología que se enfoca en los factores como problemas psicológicos y procesos cognitivos. No se

considera flexible por los factores que aborda y como limitante: No se recomienda su uso para actividades de seguridad en áreas laborales [15].

Por el lado de Method d'évaluation de la Realisation des Missions Operatour Pour la Surete (MERMOS) es una metodología que se presenta como método de evaluación operacional sobre las tareas de seguridad. No se considera flexible, ya que se desarrolla sobre las tareas netamente de seguridad y como limitante: La metodología no cuenta con suficiente información de aplicación sobre este campo de seguridad [22].

La metodología Connectionest Assessment of Human Reliability (CAHR) evalúa las perturbaciones operativas a partir de históricos de bases de datos. No se considera flexible, ya que depende netamente de una base de datos y como limitante: Requiere un volumen robusto de datos para su aplicación [22].

Como derivación de la metodología HEART surge Nuclear Action Reliability Assessment (NARA) para análisis de los factores humanos que influyen sobre el sistema en el campo nuclear. Se cataloga como flexible entre los procesos nucleares, pero como limitante: Solo se recomienda su aplicación para actividades nucleares [32].

Por lo que corresponde a Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP) es una metodología donde las actividades y operaciones son analizadas según la naturaleza de su ejecución, se consideran las experiencias documentadas y/o datos históricos para su análisis, se enfoca sobre la clasificación de las acciones o actividades que realiza el personal y para su ejecución requiere de 7 pasos principales. No se considera flexible por los requerimientos de aplicación que la constituyen y como limitante: Solo es aplicable por profesionales y expertos del proceso donde se realiza [29, 30].

La metodología de Human Cognitive Reliability / Operator Reliability Experiment (HCR/ORE) para su aplicación considera los errores humanos, los aciertos en la operación es decir sin fallas y falencias en categorizar si es un error humano o no. No se considera flexible por los requerimientos de su aplicación y como limitante: Se considera un método arbitrario por las características de los parámetros que considera para su aplicación [29].

En cuanto a Controller Based on Decision Tree (CBDT) es una metodología que proporciona curvas normalizadas de confiabilidad en un periodo de tiempo, a partir de árboles de decisión. Se cataloga como flexible en la variación de las actividades y como limitante: No se cuenta con información suficiente de aplicaciones relacionadas a la metodología [26].

Por último, la metodología Method For Estimating Human Error Probabilities For Decision Based Errors (INTENT) se basa en la estimación de probabilidades de error humano en procesos de decisión. Se cataloga como flexible en la variación de las actividades y como limitante: Es aplicable solo por expertos y profesionales sobre la operación [29].

### **2.3.3 Tercera generación**

La Tercera Generación, comprende desde el año 2005, las metodologías que comprenden este periodo son SPAR – H y BN. Esta generación se enfoca en los entornos externos e

internos, relaciones interpersonales y dependencias para determinar el análisis de confiabilidad humana (en inglés: Human Reliability Analysis – HRA).

La metodología Standardized Plan Analysis Risk Human (SPAR – H) se enfoca sobre como las personas procesan la información a partir de su capacidad cognitiva y su conducta. No se considera flexible por los factores que aborda y como limitante: Es necesario implementar otra metodología como prerrequisito en este caso THERP, por lo tanto, requiere tiempo de investigación, seguimiento para la recolección de datos y recursos destinados para su aplicación en términos de tiempo, personal, entre otros [26].

Lo que respecta a Bayesian Network (BN) es un modelo gráfico de probabilidad que representa la relación de causas entre variables aleatorias y las condiciones de dependencia. No se considera flexible, ya que depende de la cantidad de datos recolectados y como limitantes: Es complejo para su aplicación, requiere el factor tiempo en la observación es decir el volumen de recolección de datos durante un periodo de tiempo es fundamental y la variabilidad estadística impacta sobre los resultados evaluados [33].

Con base en los hallazgos experimentales, convencionales y teóricos presentados en las generaciones. El objetivo es presentar mediante una matriz (tabla 2) las variaciones, bondades, alcances y limitaciones que presentan las distintas metodologías para valorar el % HRA [34, 35, 36].

**Tabla 2.** Matriz de metodologías para valorar el % HRA.

Metodologías	Generalidades				Campo de aplicación										Restricciones o limitaciones (Ver*)		
	Análisis de riesgos	Pre - accidente	Pos - accidente	Aplicación flexible (Ver*)	Nuclear	Medico	Marino	Químico	Aeronáutico	Transporte	Construcción	Aviación	Petrolíferas	Administrativo/Operativo		Sin especificación	
<b>Métodos patrocinados</b>	SLIM																III, V
	THERP	✓	✓		✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓						I, II
	ASEP	✓	✓		✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓						I, II, IX
	SPAR - H	✓	✓		✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓						I, II, IX
	ATHEANA			✓	✗	✓											II, VI
<b>Métodos internacionales</b>	CREAM	✓	✓		✗											✓	X
	MERMOS			✓	✗		✓										XI
	CAHR	✓		✓	✗	✓	✓					✓					I
	HEART	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓					III, X
	NARA		✓		✓	✓											IV
	CARA	✓		✓	✓	✓											IX, X
<b>Métodos desarrollados</b>	SHARP	✓	✓		✗	✓											III
	SHARPI	✓	✓		✗	✓											III, IX
	HCR / ORE			✓	✗	✓											V
	CBDT	✓		✓	✓											✓	XI
<b>Métodos estadísticos</b>	BN	✓		✓	✗											✓	VI, VII, VIII
	OAT			✓	✓	✓											VIII
<b>Método adicionales</b>	SHERPA			✓	✓	✓						✓					IV
	TRC			✓	✗	✓											III, VI, VII
	INTENT			✓	✓	✓											III

\*Restricciones y limitaciones en la tabla 2:

I: Requiere según la naturaleza del proceso o proyecto mucho tiempo de investigación y seguimiento.

II: Intensivo en cuanto a los recursos necesarios (personal, costo, entre otros).

III: Solo aplicable por profesionales y expertos en la actividad realizada.

IV: No es aplicable a otros sistemas o procesos.

V: Metodología arbitraria o sin aceptación sobre sus parámetros.

VI: Complejo en aplicación.

VII: Requiere el factor tiempo en la observación.

VIII: Variabilidad estadística impacta sobre los resultados evaluados.

IX: Es necesario utilizar otra metodología como prerrequisito.

X: Sin validación para uso público o no se recomienda para estudios de seguridad en áreas laborales.

XI: Sin información detallada de la metodología.

Con base en la información de la matriz de la tabla 2 se debe descartar las metodologías a partir de las siguientes razones enlistadas de forma prioritaria (siendo 1 la de más prioridad y la 7 la de menos prioridad):

1. Se descartan las metodologías sin validación para uso público, ya que se convierten en métodos engorrosos para su ejecución en la empresa.
2. Se descartan las metodologías que no cuentan con información suficiente para su ejecución, ya que no se conoce validaciones que soporten su cálculo.
3. Se descartan las que no se pueden transversalizar a otros sistemas o procesos, ya que se debe seguir la dinámica de evaluación sobre los distintos procesos o actividades operativas del perímetro de trabajo.
4. Se descartan las metodologías que son complementos o requieren metodologías adicionales para su ejecución, ya que presentan mejoras, pero para escenarios específicos no generales.
5. Se descartan las que se consideran metodologías arbitrarias, ya que las conclusiones y/o resultados para desarrollar mejoras deben contar con su soporte pertinente.
6. Se descartan las que se consideran muy complejas para su aplicación, ya que el trabajo se desarrolla en un ambiente industrial y se busca una herramienta de fácil aplicación.
7. Se descarta parcialmente las que requieren específicamente conocimientos especializados o de un experto en el proceso y se conserva la metodología SHARP ya que cuenta con la condición de análisis de riesgo y pre – accidente, condiciones que se adaptan a las características de las otras metodologías seleccionadas.

Las metodologías seleccionadas para realizar la evaluación del % HRA son: THERP, SHARP y OAT. Además, los valores obtenidos se utilizarán para validar y comparar los resultados que entrega la propuesta metodología; está se espera que sea flexible para su aplicación, que se desarrolle en el campo administrativo/operativo, que permita trabajar sobre los pre – accidentes y pos – accidentes.

Según sea requerido por cada metodología convencional y la propuesta es importante determinar los PSF, donde se clasifican básicamente por dos grupos; el primero como los **PSF internos**, referentes a la formación, capacitación, características propias del individuo

y su rendimiento, entre otras. El segundo grupo corresponde a los **PSF externos**, referentes al tipo de actividad, objetivos de la misma, condicione laborales y sus acciones, entre otras.

## 2.4 Técnicas para el análisis de procesos manuales

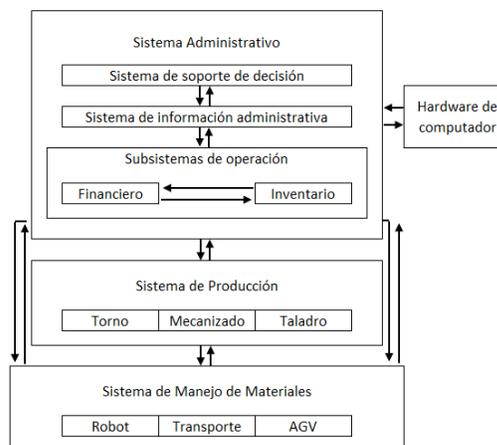
### 2.4.1 Polivalencia

El termino especialización flexible se atribuye a los sistemas de producción que como principales ideas buscan incluir innovación y nuevas tecnologías al proceso, además, de que el sistema se ajuste a las necesidades que presenta la variabilidad de la demanda [37]. La implementación de este modelo permite a las empresas adaptarse a un mundo cambiante con respecto a las expectativas y satisfacción de los clientes frente a los productos [38].

Como característica principal este modelo de especialización flexible busca desarrollar la flexibilidad funcional, es decir que, por medio de la cualificación, polivalencia y la versatilidad del personal se administren de forma idónea los recursos que componen la organización en función de las necesidades de producción y de las variaciones al fabricar un producto u otro según la evolución de la demanda [37].

Por otro lado, la constante adaptabilidad de las organizaciones por medio de esta especialización flexible lleva a un mejoramiento de su competitividad y rentabilidad [39], esto es posible porque esta especialización integra distintas áreas de la organización donde todos los procesos son coordinados y supervisados por el personal que la componen [37]. En la ilustración 6 se presenta un ejemplo de la interacción de las distintas áreas de una compañía [40].

**Ilustración 6.** Interacción sistemas al interior de una organización. Adaptado de [40].



Para lograr la sinergia entre los sistemas de la organización es fundamental incentivar el trabajo en equipo, la aportación de sugerencias e ideas y la implicación de los trabajadores y las trabajadoras, ya que facilitan la innovación permanente y la consecución de los objetivos de calidad y diferenciación que exige un mercado cada vez más competitivo [37].

Al fabricar los productos demandados por los clientes es fundamental contar con el tiempo y el personal capacitado para la producción. De esta manera, la polivalencia es una técnica que permite a las empresas desarrollar trabajadores capacitados para la ejecución de diversas operaciones o múltiples tareas para el tiempo de fabricación que sean requeridos [37].

El éxito de esta técnica de polivalencia depende directamente del esfuerzo por parte de los trabajadores por aprender y formarse y por adquirir el hábito de la rotación entre funciones para colocar en práctica los conocimientos y especializaciones aprendidos [41]. Adicionalmente, la polivalencia es un aliado para evitar la fatiga y la monotonía ocasionada por la ejecución constante de determinada operación [41].

Teniendo en cuenta esto, para lograr una especialización flexible que permita la adaptabilidad de las organizaciones frente a la demanda del mercado es necesario contar con trabajadores capacitados para enfrentar los requerimientos de fabricación. Por lo tanto, la polivalencia es una técnica que funciona orientada a esta necesidad. Algunos ejemplos de sectores donde la polivalencia se ha desarrollado con éxito son los de la fabricación automotriz, productoras de cemento, hospitales, entre otras [39, 41].

## 2.4.2 Análisis por método Delphi

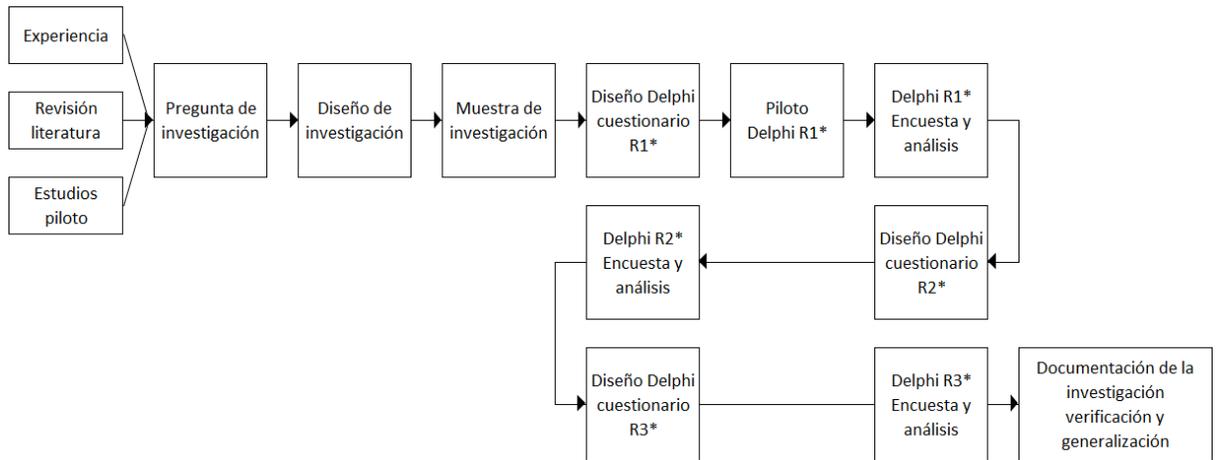
El método Delphi fue desarrollado por Norman Dalkey en la década de 1950 para un proyecto militar para los Estados Unidos, por medio de la Corporación Research and Development (RAND). Donde su objetivo consistía en agrupar las opiniones por medio de cuestionarios realizados a distintos expertos sobre un tema en particular, con el fin de encontrar respuestas frente a una problemática determinada [42]. En otras palabras, el método Delphi es una técnica que permite obtener una opinión lo más consensuada posible de un grupo de personas, que se catalogan como expertos frente a un objetivo de investigación [43]. Con lo establecido por Dalkey y con base información tomada de [43], en la tabla 3 se presentan las características clave para la construcción del método.

**Tabla 3.** Características para construcción del método Delphi. Adaptado de [43].

Característica	Descripción
Anonimato	Durante un Delphi, cada experto desconoce la identidad de los demás. Esto facilita que: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un experto sea influenciado por la reputación de otro.</li> <li>- La postura de cada experto no se predispone por lo que opina la mayoría y se basa en sus propios argumentos.</li> <li>- Se puede cambiar la postura cuantas veces sea necesario sin pérdida de reputación.</li> </ul>
Iteración y realimentación controlada	La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Con el conocimiento de los resultados en cada ronda de los cuestionarios, los expertos pueden cambiar su postura si encuentran argumentos validos para hacerlo. Tanto las posturas minoritarias como las mayoritarias tienen presencia en los resultados finales.
Respuesta del grupo	La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones posturas presentes en el cuestionario.
Heterogeneidad	Pueden participar expertos de diferentes áreas de conocimiento, el modo de proceder es igual para todos los métodos Delphi.

Con base en las características mencionadas, en la ilustración 7 se observa el flujo de aplicación, diseño y retroalimentación de estos cuestionarios realizados [42].

**Ilustración 7.** Flujo de aplicación del método Delphi. Adaptado de [42].



\*R1, R2 y R3 son las rondas del cuestionario.

Es necesario realizar los cuestionarios hasta que las respuestas muestren estabilidad, por lo general se alcanza con tres rondas como se evidencia en la ilustración 7, obteniendo así un pronóstico final por parte de los expertos. Es recomendable que se utilice los conocimientos que aportan entre 5 o 20 expertos sobre el tema trabajado [44].

El método Delphi evita que se generen problemas por juicios o decisiones subjetivas o cuando la interacción de un equipo de trabajo no facilita su comunicación [44]. Esto se evidencia en las diversas aplicaciones que se encuentran en los sectores de tendencias políticas, desarrollos de tecnologías, en educación, en las comunicaciones, en la milicia, entre otros [45].

### 2.4.3 Análisis funcional

El análisis funcional se ha desarrollado como un instrumento clave en el diseño conceptual, ya que proporciona un método sistemático para encontrar soluciones técnicas a un problema. De esta manera, es necesario comprender las funciones del producto o el diseño para comenzar a entender la complejidad que acompaña el sistema [46].

Por otro lado, el análisis funcional acompaña la metodología del valor pues las funciones que definen un producto deben cubrir las necesidades y expectativas del cliente, llevando inclusive a que se cree un nuevo producto o se generen mejoras de los ya existentes [47].

En ambos casos, el objetivo principal del análisis funcional es determinar la función de un producto y la interacción de este con otros productos, el ser humano y el entorno. Esto se debe a dos razones, la primera corresponde a que la aceptación del producto dependerá de las características percibidas por el cliente [47] y la segunda corresponde a las especificaciones funcionales que se traducen en un funcionamiento pertinente del producto [46].

Para analizar las funciones de un producto un punto de partida es dar respuesta a las preguntas planteadas en la tabla 4.

**Tabla 4.** Preguntas para analizar funciones de un producto. Adaptado de [47].

Pregunta	Descripción
¿En qué consiste el producto?	Definición del producto.
¿Para qué sirve el producto?	Funciones que realiza.
¿Cuánto cuesta el producto?	Valor actual.
¿Qué opciones pueden realizar la misma función?	Alternativas.
¿Cuánto costarían estas opciones?	Valor comparativo, ahorro.

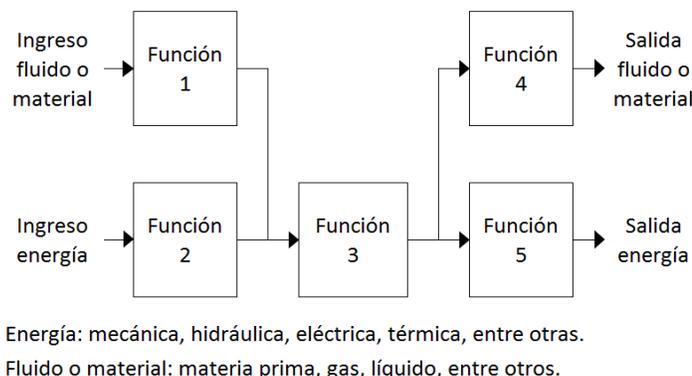
Un producto puede contar con varias funciones, por lo tanto es importante identificar cuales se ajustan con mayor precisión a las especificaciones y al funcionamiento final del producto.

En algunos casos las funciones se definen por su parte estética, esto se debe a características de tipo: cultural, psíquico, conceptos sociales, entre otros. También, se definen por una función simbólica es decir lo que representa el producto para el usuario o por las sensaciones generales que causan sobre las personas o el entorno [47].

En cuanto a una definición más técnica de las funciones, se encuentran las esenciales que son las necesarias para que el producto cumpla con su propósito principal de funcionamiento. Las funciones auxiliares son las que sustentan o apoyan el funcionamiento de la función esencial. Por otro lado, para escenarios de seguridad se encuentran las funciones de protección y para temas de monitoreo y control las funciones de información [48].

Para comprender en detalle las funciones de un producto y su complejidad funcional es recomendable utilizar representaciones gráficas. De esta manera, en la ilustración 8 se presenta el diagrama de análisis denominado como Function Analysis Diagrams (FAD), este es un ejemplo de representación donde es posible visualizar cómo interactúan las funciones del producto de forma general.

**Ilustración 8.** Funcionamiento de un producto por FAD. Adaptado de [46].



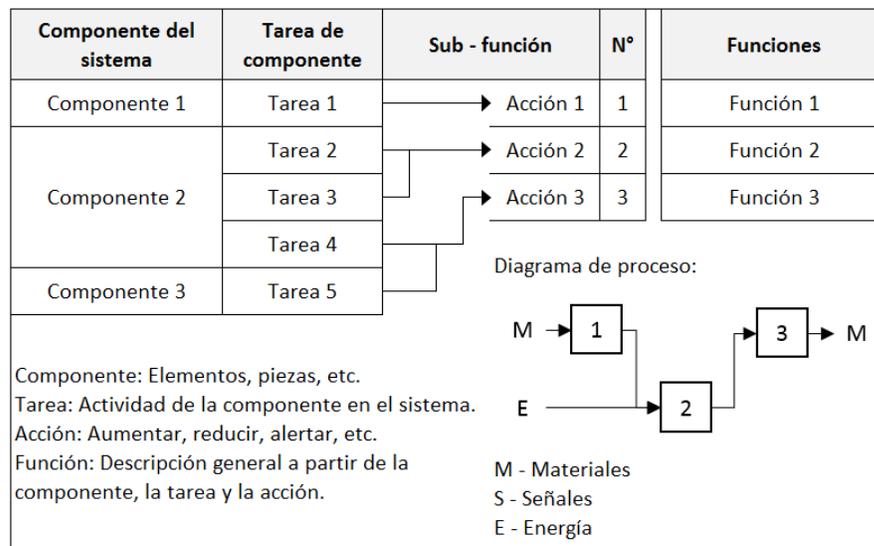
Aunque el diagrama de la ilustración 8 permite comprender la interacción entre las funciones de un producto, es importante utilizar un diagrama de Quality Function Deployment (QFD) en casos donde los sistemas presentan características de funcionamiento complejas, ya que relacionan las funciones del producto con sus componentes (ver tabla 5).

**Tabla 5.** Funcionamiento de un producto por QFD. Adaptado de [46].

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5	Componente 6	Componente 7
Función 1	✓	✓					
Función 2	✓	✓					
Función 3			✓				
Función 4					✓		
Función 5				✓			
Función 6						✓	
Función 7							✓

En la ilustración 9 se presenta otra representación que integra las características del QFD y del FAD. Es decir, se toma la información que entrega el QFD pero estructurada de forma matricial, en la primera columna se encuentran las componentes del producto y se determinan sus tareas específicas, esto con la intención de encontrar las sub – funciones y funciones del producto final. Por otro lado, la información que corresponde al FAD se construye en el espacio asignado para el diagrama de proceso [49].

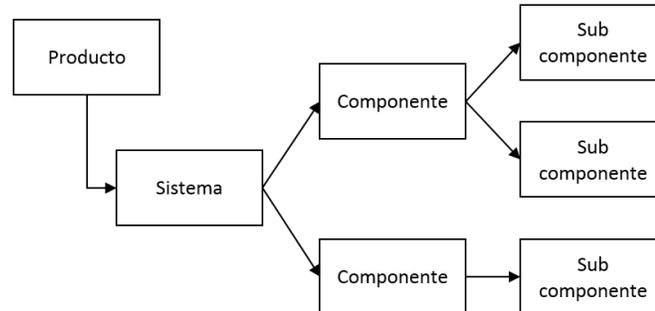
**Ilustración 9.** Funcionamiento de un producto en matriz. Adaptado de [49].



Por último, en la ilustración 10 se presenta una representación que se denomina como diagrama de árbol funcional. En este caso, el producto final se divide en sus sistemas de funcionamiento y estos se van desglosando en sus componentes y subcomponentes. Esta representación se puede llevar al nivel de detalle que sea requerido para su entendimiento. Por otro lado, este tipo de diagrama no presenta todas las características de las representaciones en la tabla 5 y las ilustraciones 8 y 9, pero la información que entrega es

suficiente para comprender el funcionamiento del producto y para analizar la interacción de los sistemas y componentes [49].

**Ilustración 10.** Funcionamiento por medio del diagrama de árbol. Adaptado de [49].



Sin importar la representación utilizada lo más importante es que sea posible identificar las funciones del producto con sus respectivos componentes y elementos.

## 2.5 Regresión logística

La regresión logística fue desarrollada en el siglo XIX para describir el crecimiento de la población y para estimar las reacciones de autocatálisis en compuestos químicos [50]. Pero en la década de los 60s comenzó a existir como un método científico, aunque las referencias dedicadas exclusivamente al cálculo del tamaño de muestra no registran hasta el año 1981 [51].

La regresión logística recibe también los nombres de modelo logístico, esta se encarga de analizar la relación que existe entre múltiples variables independientes y una variable dependiente con la característica de ser categórica. Además, estima la probabilidad de que ocurra un evento con base en una ecuación con curva logística [52].

Por otro lado, la regresión logística no requiere muchas de las suposiciones que establece el modelo de regresión lineal donde se basan en el método de mínimos cuadrados ordinarios, la linealidad de la relación entre las variables dependientes e independientes, la distribución normal de los errores, el escalar constante para los errores y el nivel de medición de las variables independientes. En la regresión logística se pueden manejar relaciones no lineales entre las variables dependientes e independientes, ya que aplica una transformación logarítmica no lineal de la regresión lineal [52].

Además, es un modelo recomendado para trabajar con una variable cualitativa con dos niveles, en la tabla 6, se observa un ejemplo de la clasificación muestral donde a, b, c y d son el número de observaciones.

**Tabla 6.** Clasificación muestral de la regresión logística. Adaptado de [50].

Respuesta	Esperado	
	1	0
1	a	b
0	c	d

El modelo presenta dos tipos de regresión logística binaria y múltiple, en el caso de la binaria se tiene la probabilidad de que “Y” pertenezca a una categoría o nivel particular, pero solo se cuenta con un predictor “X”. La función logística para este caso se observa en la ecuación (2.1) y la función lineal corresponde a la ecuación (2.2) para obtener las predicciones [53].

$$p(X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}} \quad (2.1)$$

$$\log\left(\frac{p(X)}{1 - p(X)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2.2)$$

Por parte de la regresión logística múltiple es una extensión de la binaria y se espera una respuesta binaria en función de múltiples predictores, que pueden ser tanto continuos como categóricos, se implementa la ecuación (2.3) y (2.4) para obtener las predicciones, donde  $X = (X_1, \dots, X_p)$  ( $X_1, \dots, X_p$ ) son los p predictores [53].

$$p(X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p}} \quad (2.3)$$

$$\log\left(\frac{p(X)}{1 - p(X)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p \quad (2.4)$$

Las principales condiciones del modelo de regresión logística consisten en la respuesta dependiente debe ser binaria, las observaciones deben ser independientes, para el caso de la múltiple se requiere poca o ninguna multicolinealidad entre los predictores, debe existir linealidad entre la variable independiente y el logaritmo natural de odds [53].

## 2.6 Metodologías de análisis de confiabilidad y riesgo

### 2.6.1 Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA)

El Análisis de modos y efectos de falla (en inglés: Failure Mode and Effect Analysis – FMEA), es una metodología analítica que permite identificar los posibles problemas potenciales para que sean considerados y prevenidos, con el objetivo de mitigar o eliminar su aparición [54].

El correcto análisis del FMEA depende de todos los errores del proceso productivo sean identificados, permitiendo que los riesgos de estos errores sean determinados. Esto es posible ya que tiene en cuenta las consecuencias generadas por la falla y la probabilidad de ocurrencia de estas [54].

En la tabla 7, se evidencia un FMEA simple, pero con información relevante sobre el proceso que se está analizando, en este orden de ideas es posible visualizar una función,

la posible falla de la función con su respectiva consecuencia y una causa probable de porque la falla ocurre.

**Tabla 7.** FMEA ejemplo 1. Adaptado de [55].

N°	Función	Falla	Efecto potencial de la falla	Causa potencial de la falla
1	Actividades / operaciones	Desviaciones / anomalías	Consecuencias de la falla	Motivos / razones que generan la falla
2				
3				

En cuanto a la tabla 8, se presenta un FMEA más completo que incluye la función del proceso, el modo de falla potencial, el efecto de la falla, la severidad del efecto de falla, la causa potencial que genera la falla, los controles de prevención sobre la causa potencial, la ocurrencia de la causa potencial identificada, los controles del proceso que alertan sobre posibles desviaciones, la probabilidad de detección, las acciones recomendadas para mitigar la falla potencial, el responsable de realizar las acciones recomendadas, las acciones realizadas y el número prioritario de riesgo (NPR).

**Tabla 8.** FMEA ejemplo 2. Adaptado de [54].

N°	Función	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Sev	Causa potencial de la falla	Controles de prevención del proceso	Occ	Controles de detección del proceso	Det	Acciones recomendables	Responsable de acciones	NPR
1	Actividades	Desviaciones	Consecuencias de la falla	Severidad	Motivos que generan la falla	Alertas de posibles desviaciones	Ocurrencia	Alertas que detectan desviaciones	Detección	Acciones para mitigar falla	Encargados de realizar acciones	= Sev x Occ x Det
2												
3												

La relevancia del NPR corresponde a la criticidad de la falla analizada y se calcula multiplicando los valores de los conceptos de severidad, ocurrencia y detección entre sí. Los valores e impacto de cada concepto dependen de lo que establezca la organización o quien implemente el FMEA como se aprecia en la tabla 9.

**Tabla 9.** Valores conceptos de NPR. Adaptado de [56].

Clasificación	Ocurrencia (Occ)		Detección (Det)		Severidad (Sev)
Alto	Probabilidad de que la falla ocurra	$X > \%2$	Probabilidad de que la falla sea detectada	$X < \%1$	Gravedad de que la falla ocurra
Medio		$\%2 > X > \%1$		$\%1 < X < \%2$	
Bajo		$\%1 > X$		$\%2 < X$	

Los conceptos de la tabla 9 podrían ser numéricos o no, esto no representa problemas para el cálculo del NPR, ya que se multiplica los que tengan valor numérico y los que no lo tengan no se consideran en la operación. Pero, para que el NPR funcione por lo menos uno de los conceptos debe tener un valor numérico.

Por otro lado, el FMEA presenta variaciones como el análisis de modos y efectos de falla de diseño (en inglés: Design Failure Mode and Effect Analysis – DFMEA) y el análisis de modos y efectos de falla del proceso (PFMEA), ambos son importantes según el contexto en que se apliquen [57].

El DFMEA se enfoca en el diseño y en proyectos, por lo tanto, su aplicación se encuentra en las organizaciones que desarrollan productos o bienes en general. Las funciones del DFMEA son analizar los requisitos funcionales del producto y alternativas del proyecto considerando temas como el reciclaje. El prerrequisito que debe cumplir es que se realice antes de la etapa de producción y que se actualice cada que el proyecto presente modificaciones [57].

Por otra parte, el PFMEA se enfoca en el proceso de fabricación, su objetivo es identificar y evaluar los requisitos necesarios para que el proceso de producción pueda desarrollarse sin contratiempos, determinando posibles riesgos de fallas sobre el producto, el proceso y las afectaciones sobre los clientes [54].

### 2.6.2 Preliminary Hazard Analysis (PHA)

El análisis preliminar de riesgos (en inglés: Preliminary Hazard Analysis – PHA) es una técnica de análisis que se utiliza en las primeras etapas del diseño de un proceso, sistema o instalación. Para lograrlo, se enfoca en identificar los peligros aparentes, evaluar la gravedad de los posibles accidentes que podrían ocurrir que involucran peligro e identificar acciones, mecanismos o salvaguardas para reducir los riesgos asociados con los peligros [58].

El análisis comienza con una lluvia de ideas y con la participación de uno o dos expertos sobre el proceso que resalten y evalúen los peligros clasificándolos en cada situación que pueda darse. El objetivo de esta clasificación es priorizar la aplicación de las recomendaciones encontradas para reducir el riesgo [58].

En la tabla 10, se presentan como ejemplo algunos criterios por los cuales se evalúan los riesgos según el tipo de problema en seguridad, impacto ambiental y económico. De esta manera, los expertos ayudan al levantamiento de esta tabla 10 y posteriormente a clasificar los peligros determinados según la categoría de gravedad del accidente [58].

**Tabla 10.** Categorías de gravedad de accidente. Adaptado de [58].

Categoría de gravedad del accidente	Categorías del accidente		
	Seguridad	Medio ambiente	Económico
Alto	Niveles o tipos de impacto sobre la seguridad	Niveles o tipos de impacto sobre el medio ambiente	Rangos de pérdidas por los impactos económicos
Medio			
Bajo			

Como se puede observar en la tabla 10, las denominadas categorías de gravedad del accidente se clasifican en: bajo, medio y alto. De esta manera bajo corresponde a los

riesgos que se encuentran en los límites y parámetros normales, es decir pueden ser solucionados por medio de procedimientos y actividades de rutina. En cuanto a la clasificación media, el responsable del proceso debe determinar las recomendaciones necesarias para el tratamiento de los riesgos y su prioridad de aplicación. Por parte del nivel alto, el responsable del proceso debe determinar las estrategias que permitan mitigar o reducir los riesgos y su prioridad de aplicación [59]. En algunos casos se implementa un nivel denominado como extremo, estos serán los riesgos de mayor prioridad y el responsable de la operación debe generar estrategias para mitigar o reducir al máximo el riesgo [59].

Por otro lado, el PHA es un análisis semicuantitativo donde el riesgo se establece como una combinación de un evento / consecuencia encontrada y una gravedad del mismo evento / consecuencia. Esto permitirá una clasificación de los eventos / consecuencias en una matriz de riesgo expuesta en la tabla 11 [60].

**Tabla 11.** Matriz de aceptabilidad del riesgo PHA. Adaptado de [60].

Frecuencia	1	2	3	4	5
Consecuencia	Improbable	Remoto	Ocasional	Probable	Frecuente
Extremo					
Alto					
Medio					
Bajo					

	Aceptable
	Moderado
	No es aceptable

Con la información de la tabla 10 y 11, se construye la tabla 12 donde se evidencia la dinámica del PHA [59].

**Tabla 12.** Ejemplo PHA.

Componente principal	Riesgo Potencial	N°	Incidente / Evento	Consecuencia potencial	Medidas de prevención	Categoría de gravedad	Aceptabilidad Riesgo (Color)
Sistema, proceso o actividad	Riesgo potencial identificado	1	Descripción de como puede ocurrir el riesgo	Consecuencias de que el riesgo ocurra	Acciones para mitigar el riesgo	Tabla 10. Categorías de gravedad de accidente	Tabla 11. Matriz de aceptabilidad del riesgo PHA

Los sectores donde la estimación de riesgos y posterior mitigación mediante el PHA de forma exitosa incluyen la industria química, producción, transportes y servicios, entre otros [59].

## 2.7 Herramientas para gestión del factor humano

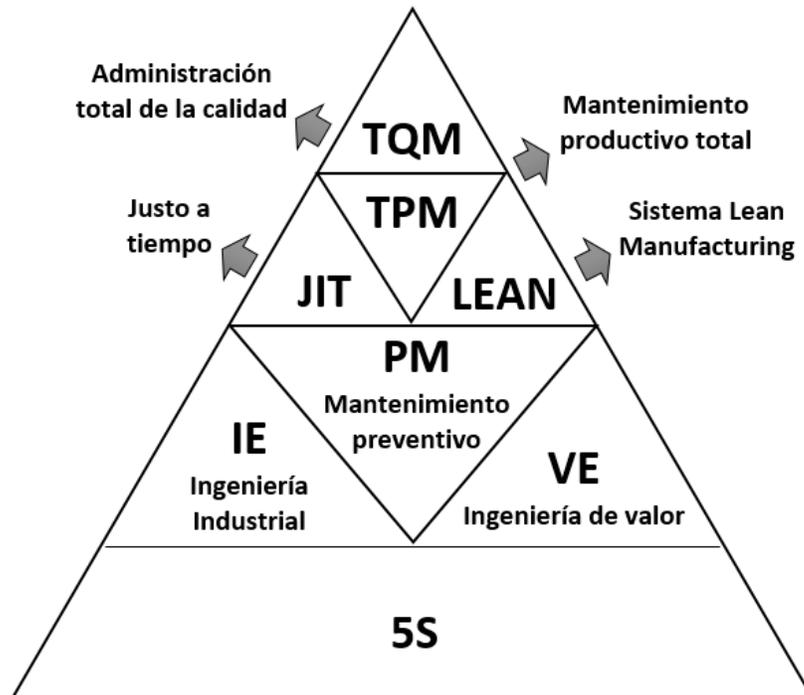
### 2.7.1 5S

Las 5S tienen su origen en Japón y recibe su nombre de 5 acciones: Seiri (separar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (autodisciplina). Estas acciones cuando se aplican de forma organizada en las actividades productivas, servicios, educativas, seguridad, entre otros, generan cambios trascendentes sobre el perímetro de trabajo y el aprendizaje grupal [61].

El perímetro de trabajo adquiere un ambiente agradable, limpio y ordenado. Esto se traduce en beneficios sobre la calidad, productividad, seguridad y otros. En cuanto al aprendizaje grupal, se crea un ambiente participativo y autónomo [61].

Para que la aplicación de las 5S sea exitosa es necesario generar un entorno laboral donde se promueva el dejar hacer por parte de las personas y permitir el aprendizaje organizacional. Con el desarrollo de las 5S las organizaciones se preparan para la aplicación de diversas técnicas que permitan reducir las pérdidas productivas [62]. En la ilustración 11, se observa como las 5S son la base de la pirámide para la identificación continua y eliminación de pérdidas asociadas a los sistemas de fabricación.

**Ilustración 11.** 5S como base en los sistemas de fabricación. Adaptado de [62].



Por otro lado, en la ilustración 12 se esquematiza la interacción de las distintas acciones que componen las 5S, además de su descripción.

**Ilustración 12.** Esquema interacción de las acciones 5S. Adaptado de [62].



Los resultados que la organización alcanza implementando las 5S se destacan sobre el desempeño de la misma, por lo tanto, el seguimiento de las mejoras se debe evidenciar sobre factores de rendimiento como: indicadores ambientales y de seguridad; la satisfacción del cliente frente al producto; la eficiencia de la operación eliminando retrabajos, rechazos o fallas; la disminución de costos y administración de recursos de forma idónea; entre otros [63]. Adicionalmente, se presentan cambios sobre la motivación de la fuerza y la satisfacción laboral de los trabajadores [63].

### 2.7.2 Análisis de puesto del trabajo

En el campo de la ingeniería industrial el estudio del trabajo se define como el conjunto de técnicas para examinar el trabajo humano en determinado contexto. Estas técnicas deben considerar la investigación de los factores que influyen sobre la eficiencia de la situación estudiada con el fin de proponer y efectuar mejoras [64].

Una de las técnicas corresponde al análisis del puesto de trabajo, que se define como el proceso de identificación de los factores que impactan la eficiencia y el rendimiento de este por medio de la observación, entrevistas, tareas, actividades, conocimientos técnicos, condiciones ambientales, habilidades del trabajador, aptitudes y las funciones en general a desempeñar [64].

En la tabla 13 se detallan algunos factores que se podrían considerar al momento de identificar los impactos sobre la eficiencia del puesto.

**Tabla 13.** Factores que impactan la eficiencia del puesto. Adaptado de [65].

Factores	Descripción
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espacio y lugar de trabajo.</li> <li>- Condiciones ambientales.</li> <li>- Estado de máquinas, herramientas y útiles.</li> <li>- Materiales implementados.</li> <li>- Estado de señales.</li> <li>- Movimientos realizados.</li> </ul>
Cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Razonamiento del puesto.</li> <li>- Respuesta motora.</li> <li>- Entendimiento de la operación.</li> </ul>
Organizacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de trabajo.</li> <li>- Secuencia de trabajo (Estándar).</li> <li>- Trabajo en equipo.</li> <li>- Formaciones.</li> <li>- Comunicación.</li> <li>- Participación.</li> </ul>

Estos factores se pueden analizar por medio de las actividades que ejecuta el puesto de trabajo. En la tabla 14 se presenta una propuesta documental para realizar las observaciones sobre un puesto de trabajo [66]. Es importante identificar la máquina que se utiliza para realizar determinada actividad y registrar cuando sea necesario comentarios con base en los factores descritos en la tabla 13.

**Tabla 14.** Observaciones sobre puesto de trabajo por actividades.

Actividad	Máquina	Observaciones		
		I	II	III
Operación que se observa.	Útil, herramienta, pieza, ítem o máquina utilizadas para la actividad.	Anotaciones encontradas en cada periodo de observación con respecto a los factores que se analicen.		

Con los factores que impactan la eficiencia y el rendimiento identificados, se recomienda que el análisis de puesto se acompañe de un documento que permita establecer los principales requerimientos y exigencias que deben cumplir quien ejecuta determinado puesto y las condiciones laborales de este puesto [67].

Algunos requerimientos para el puesto de trabajo son las condiciones físicas del trabajo, es decir esfuerzos físicos, descripción del entorno laboral, fuentes generadoras de malestar general y las exigencias mentales inherentes al mismo. Adicionalmente, las

responsabilidades del puesto, las habilidades, estudios y conocimientos necesarios para la ejecución de las actividades [67].

En la tabla 15 se presenta un ejemplo de un documento que permite diligenciar y controlar los requerimientos o exigencias de un puesto de trabajo.

**Tabla 15.** Requerimientos de puesto de trabajo. Adaptado de [64].

Exigencias del puesto		Nivel requerido			
Habilidades y competencias		1	2	3	4
1	Formación 1			●	
2	Formación 2				●
3	Formación 3				●
4	Formación 4		●		
5	Formación 5			●	

El uso de la técnica de análisis de puesto de trabajo, cuando se desarrolla de forma frecuente según lo defina cada organización mantiene un ambiente laboral donde las operaciones, tareas y actividades de los trabajadores se encuentran en constante mejora a partir del rendimiento y eficiencia que presentan las personas o las máquinas en su entorno [67].

### 2.7.3 Gestión de conocimiento del factor humano

Las organizaciones para alcanzar sus objetivos productivos con éxito se han convertido en organismos que aprenden constantemente a adaptarse ante su entorno cultural que se caracteriza por la inestabilidad de los individuos, la virtualidad y la multiplicidad de expectativas de los clientes. Este aprendizaje se genera a partir de la administración y desarrollo de sus trabajadores, ya que cada individuo que conforma la organización presenta diferentes aptitudes, actitudes, destrezas, formaciones y experiencias [68].

Para la administración y desarrollo del personal, los departamentos de Recursos Humanos o Gestión Humana deben estructurar sus funciones al interior de la organización de tal manera que se incluyan actividades como lograr que los empleados sean competitivos, eliminar la improvisación y planear su ejecución, medir los impactos que el recurso humano genera en indicadores financieros, velar por crear valor desde un punto de vista del capital humano, incorporación o desvinculación del personal, adquisición de nuevos conocimientos, entre otras que generen progreso sobre el recurso humano [69].

La aplicación de estas actividades sobre el recurso humano se debe planear con base en preguntas como: ¿Cuál es el sector productivo de la organización?; ¿Qué habilidades, conocimientos, competencias y capacidades técnicas son necesarias para cumplir los objetivos de la empresa?; ¿Cómo aprovechar de forma proactiva e idónea las capacidades del personal?; ¿Cuáles son las características o requerimientos del puesto de trabajo?. Las respuestas a estas preguntas establecen puntos clave como el personal que se incorpora a la organización y la orientación a los trabajadores para cumplir con las necesidades y expectativas frente a sus funciones, tareas, responsabilidades y obligaciones [69].

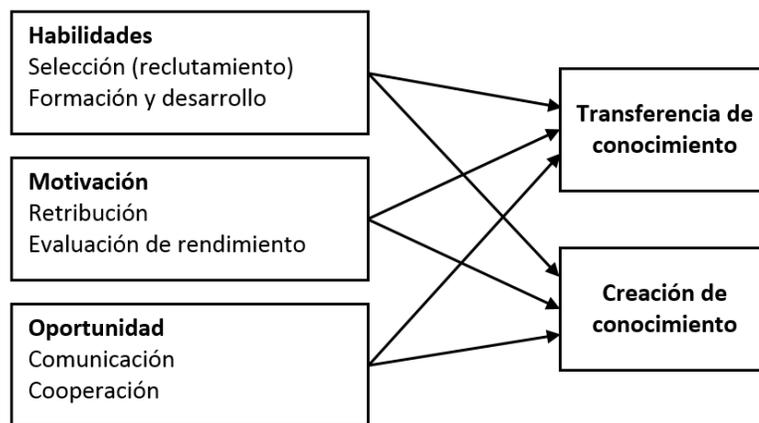
El nivel de cumplimiento de las funciones del puesto de trabajo por los trabajadores debe ser acompañado por el departamento de Recursos Humanos, implementando acciones como evaluación del desempeño, compensaciones, desarrollo y planes de la carrera laboral. La razón de este acompañamiento es identificar si desde su gestión es posible mejorar las competencias y el estado de las personas [69].

En cuanto a la incorporación del personal, se debe realizar con base en las competencias y demandas que requiere determinado puesto de trabajo. Por lo tanto, se consideran temas como: conocimientos, currículum, experiencia y habilidades. Adicionalmente se considera su capacidad cognitiva relacionada a: la capacidad de aprender, la adaptación al cambio, la creatividad e innovación, el trabajo en equipo, las expectativas hacia el futuro y el razonamiento verbal, aritmético y figurativo [70].

Mejorar el rendimiento del personal de la organización y el reclutamiento del mismo depende de una correcta gestión de competencias [71] y de la gestión de los recursos humanos, ya que ambas comparten puntos en común pues como se ha mencionado la gestión del recurso humano se orienta al capital humano de la organización y el conocimiento se ha convertido en un recurso valioso perteneciente a las personas. Por lo tanto, están relacionadas porque comparten como objetivos el desarrollo y administración de las personas en las organizaciones [72].

En la ilustración 13 se presenta un modelo conceptual de la interacción que presenta la gestión de competencias con respecto a la gestión de recursos humanos.

**Ilustración 13.** Modelo conceptual. Adaptado de [72].



### 3. Metodología propuesta

El desarrollo de la propuesta de la metodológica comienza por determinar la perspectiva por la cual se analiza el factor humano. Por lo tanto, se construye una matriz que evalúa las perspectivas de sociología, estadística y riesgo mencionadas en el capítulo 2 (numeral 2.1) contra los parámetros expuestos en la tabla 16.

En la tabla 16 se denomina como factores lo correspondiente al hombre, el entorno y la máquina, y la clasificación es el concepto de participación de cada perspectiva con relación a los parámetros descritos de condiciones de trabajo, participación, viabilidad y mensurable.

**Tabla 16.** Definición de cada parámetro sobre los factores.

Símbolo	Descripción	Clasificación
	<b>Condiciones de trabajo:</b> Existencia de alguna afectación por parte de los de los factores sobre el tipo de acercamiento y/o enfoque del trabajo.	Alto Medio Bajo
	<b>Participación:</b> Influencia de los factores sobre el tipo de acercamiento y/o enfoque del trabajo.	Alto Medio Bajo
	<b>Viabilidad:</b> Posibilidad de realizar las mejoras potenciales que sean identificables.	Alto Medio Bajo
	<b>Mensurable:</b> Factible medir para realizar seguimiento y establecer si los cambios funcionan.	Alto Medio Bajo

Cada concepto de participación de la columna clasificación en la tabla 16 cuenta con un valor numérico donde, alto es igual a 3 y se denota con una flecha verde señalando hacia arriba, medio es igual a 2 y se denota con una línea recta horizontal y de color amarillo, en cuanto a bajo es igual a 1 y se denota con una flecha roja señalando hacia abajo (ver tabla 17).

Con la información de los valores numéricos de cada clasificación con relación a los parámetros que evalúan cada perspectiva de análisis del factor humano y se implementa una matriz comparativa con un cálculo ponderado (ver tabla 17) que permite establecer la forma de análisis que tendrá la propuesta metodológica.

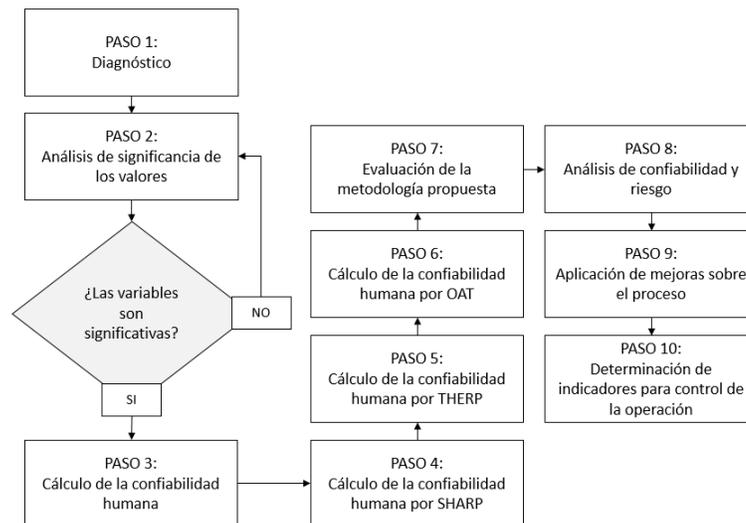
En la columna total de la tabla 17, en color verde se presenta con mayor valor numérico la perspectiva seleccionada para trabajar sobre el modelo propuesto. En este orden de ideas, como se observa en la tabla 17 la perspectiva que presenta un mayor valor numérico corresponde a riesgos, lo cual significa que la metodología propuesta se analiza con base en probabilidades y las posibilidades de fallas humanas de forma cualitativa y cuantitativa.

**Tabla 17.** Matriz comparativa con cálculo ponderado.

Alto ----- ↑ Medio --- ▬ Bajo ----- ↓	Factores Enfoque	Relizar acciones				Tipo de trabajo				Funcionamiento				Total
		Hombre				Entorno				Maquina				
		▲	%	⚙️	➡️	▲	%	⚙️	➡️	▲	%	⚙️	➡️	
Cambios de aspectos	Sociología	↑	↑	↓	↑	▬	↓	▬	↑	↓	▬	↓	↓	23 3
Cualitativo		Sub - total: 10				Sub - total: 8				Sub - total: 5				7.6
Clasificación muestral	Estadística	↑	↑	↑	↑	↑	▬	↑	↑	↑	↑	↓	↓	31 3
Cuantitativo		Sub - total: 12				Sub - total: 11				Sub - total: 8				10.3
Potenciales	Riesgos	↑	↑	↑	↑	▬	↑	↑	↑	↑	▬	↑	↑	34 3
Cualitativo / cuantitativo		Sub - total: 12				Sub - total: 11				Sub - total: 11				11.3

A continuación, en la ilustración 14 se presenta el diagrama de flujo con los pasos para desarrollar la metodología propuesta con base en [15, 19, 22, 73] y con nombre desempeño de análisis de confiabilidad humana (en inglés: Performance Human Reliability Analysis – PHRA). Además, de los pasos para trabajar sobre el factor humano aplicando herramientas de análisis de confiabilidad para garantizar la gestión y estandarización de los procesos.

**Ilustración 14.** Pasos para el desarrollo del PHRA.



En el paso 1, se realiza un diagnóstico sobre el perímetro de trabajo para establecer los procesos que lo componen y seleccionar el de mayor criticidad para mejorar la confiabilidad de este. En el paso 2, se indaga sobre los factores que interactúan en el proceso y se proponen las variables que se creen impactan sobre estos factores. Después se verifica la

significancia de las variables propuestas para proceder con el paso 3, por otro lado, en caso de que ninguna sea significativa se deben proponer otras variables.

En el paso 3 se realiza el cálculo de confiabilidad humana por medio de una regresión logística binaria aplicada a las variables significativas. En el paso 4, 5 y 6 se desarrollan las metodologías presentes en la literatura para calcular la confiabilidad humana, esto con el objetivo de llegar al paso 8 donde se compara los resultados obtenidos por cada metodología y el modelo de regresión logística binaria.

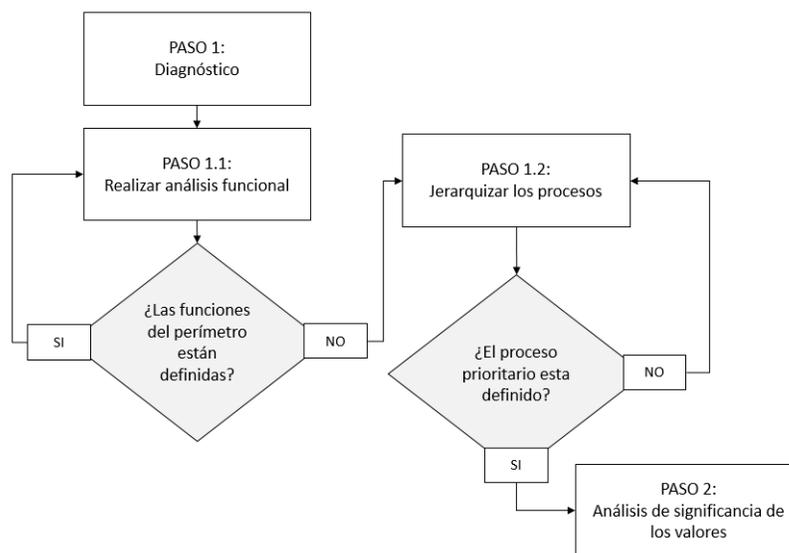
En el paso 9 se aplican las herramientas y técnicas seleccionadas para mejorar la confiabilidad del proceso, estas son las 5S, el análisis sobre la ergonomía, la observación del puesto de trabajo, la capacitación del personal, el análisis de la capacidad cognitiva y la polivalencia del personal. Finalmente, en el paso 10 se determinan los indicadores que permiten realiza control y seguimiento sobre la productividad del proceso en términos de costos y calidad de las operaciones realizadas por el personal.

### 3.1 Diagnóstico

El diagnóstico tiene como principal objetivo determinar el perímetro de trabajo, donde se analiza y se proponen mejoras potenciales sobre la confiabilidad humana. Por esta razón, para comenzar se debe realizar un análisis funcional del proceso donde se pueda identificar y comprender el funcionamiento de sus actividades operativas, esto tanto para los procesos administrativos como para los operativos.

Con un nivel de detalle pertinente del análisis funcional, el paso a seguir consiste en enfocar los recursos y acciones sobre la actividad más crítica del proceso. De esta manera, es necesario realizar una jerarquización del proceso que permita conocer cuál es la actividad que más impacto genera sobre el proceso. En la ilustración 15 se detallan los pasos para el desarrollo del diagnóstico.

**Ilustración 15.** Diagrama de flujo del paso 1 al paso 2.

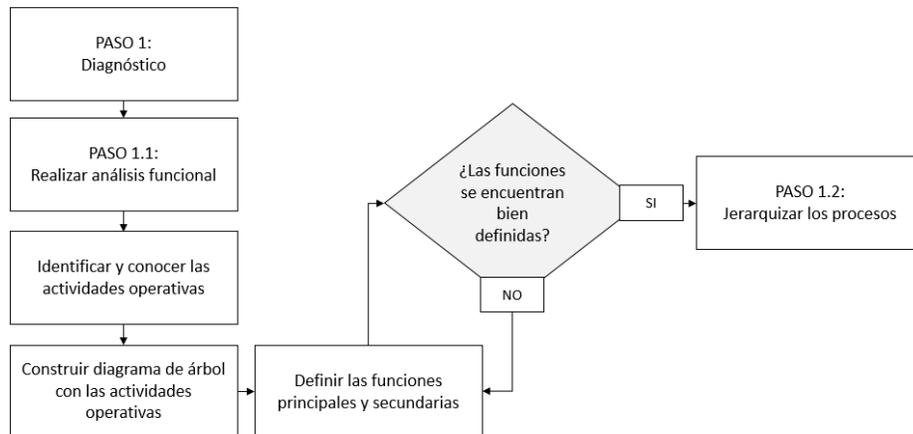


Para que el resultado del diagnóstico sea exitoso y entregue la información requerida es necesario que participen en su construcción el líder y los expertos en el proceso. Al finalizar, se debe tener claridad sobre el perímetro de trabajo del proceso y la actividad más crítica que se desarrolla en dicho proceso.

### 3.1.1 Análisis funcional

El análisis funcional se realiza por medio del esquema de árbol funcional, permitiendo conocer cuáles son las actividades operativas del perímetro de trabajo y clarificando las funciones principales y secundarias del proceso [48]. La diferencia entre función y actividad operativa consiste en que una función es una actividad particular que realiza una persona o una cosa dentro de un sistema de elementos, personas, relaciones, entre otros, con un fin determinado y una actividad operativa es el conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad [48]. Para la construcción del análisis de árbol funcional se utiliza la información de la ilustración 16.

**Ilustración 16.** Construcción análisis de árbol funcional.



De esta manera, para la construcción del análisis de árbol funcional, primero se debe identificar y conocer las actividades operativas del perímetro de trabajo. Después, se organizan según el diagrama del árbol del capítulo 2 (numeral 2.4.3), en este caso el producto es el perímetro de trabajo, el sistema son las operaciones principales (nivel 1 del diagrama) y las componentes son las actividades que constituyen cada operación principal (nivel 2 en adelante del diagrama).

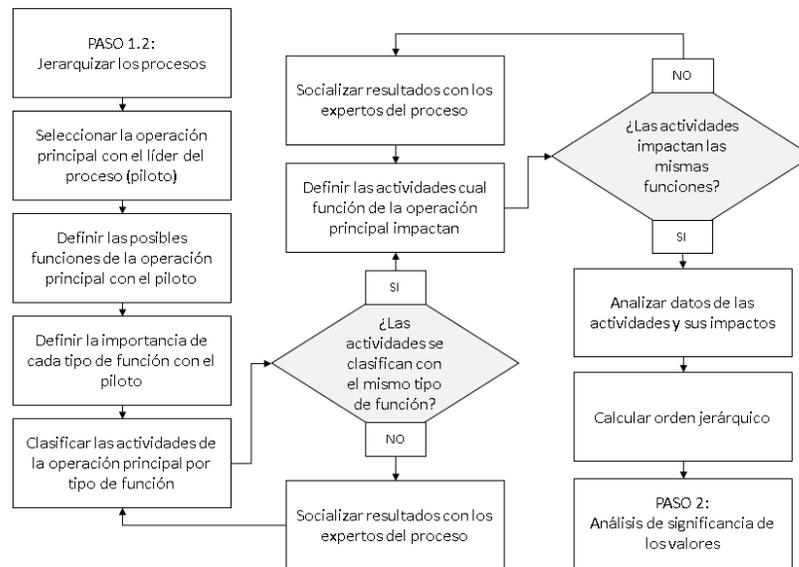
Posteriormente se definen las funciones principales y secundarias del perímetro de trabajo con base en el diagrama construido. Para que las funciones se consideren bien definidas y claras se debe cumplir con la estructurar gramatical de Verbo en infinitivo + Sustantivo + Parámetro de operación. Con la definición de las funciones se procede a desarrollar la jerarquización de los procesos y de esta manera identificar la actividad más crítica.

### 3.1.2 Jerarquización de procesos

Las actividades operativas se componen de actividades administrativas y operacionales, por lo que establecer la prioridad de trabajo no es posible de forma intuitiva, por lo tanto,

basados en el método Delphi del capítulo 2 (numeral 2.4.2), se analiza la información como lo muestra la ilustración 17. El líder del proceso o piloto con ayuda del personal experto en el proceso define la actividad operativa principal que presenta mayores dificultades en cuanto retrasos en la ejecución, reprocesos o se presentan errores constantes por parte del personal.

**Ilustración 17.** Jerarquización de procesos.



De esta manera, el piloto define las posibles funciones de la actividad operativa principal seleccionada cumpliendo con la estructurar gramatical de Verbo en infinitivo + Sustantivo + Parámetro de operación descrita en el numeral 3.1.1 de este capítulo. Después, el líder del proceso define la importancia de cada tipo de función como se muestra en la tabla 18 donde la suma de la columna peso debe ser igual a 1 (Los valores reportados son un ejemplo y su valor puede ser desde 0 hasta una sola función con el 1).

En caso de que por retroalimentación de los expertos del proceso o el mismo piloto requiera otro tipo de función a las definidas en la tabla 18 por las características técnicas del proceso se podrá agregar siempre que la suma de la columna no sea mayor a 1.

**Tabla 18.** Tipos de funciones.

Tipo de función	Descripción	Peso
<b>Esencial</b>	Funciones principales que afecta el desempeño las actividades	0.40
<b>Auxiliar</b>	Funciones secundarias que afectan el desempeño de las actividades	0.20
<b>Informática</b>	Funciones que sirven como alarmas o condiciones de monitoreo	0.15
<b>Conexión</b>	Funciones que sirven para conexiones entre actividades	0.10
<b>Protección</b>	Funciones para proteger el proceso (Ejemplo: Acciones de inspección o verificación)	0.10
<b>Súper Flous</b>	Funciones donde las actividades han sido reacondicionadas o modificadas	0.05
<b>Puntaje total:</b>		1.00

A continuación, se enlistan las actividades pertenecientes a la actividad operativa con su respectivo nivel en el diagrama de árbol y cada experto asigna el tipo de función que considera más adecuada por la naturaleza de la actividad, para ayudar a la decisión de los

expertos las actividades también se definen con su función más relevante. Cuando se logre una clasificación homogénea de las actividades y su tipo de función, se realiza un segundo cuestionario donde cada experto del proceso debe definir cuál de las funciones definidas por el piloto sobre la actividad operativa principal es impactada por cada actividad. A continuación, cuando el segundo cuestionario presente resultados homogéneos, se construye una gráfica de columnas apiladas donde se visualice el tipo de función más representativa, esto permite identificar cuáles de las funciones propuestas son principales y cuales secundarias.

Con las funciones principales y secundarias de la actividad operativa analizada, se realiza un cálculo ponderado para determinar el orden jerárquico a partir de los siguientes pasos:

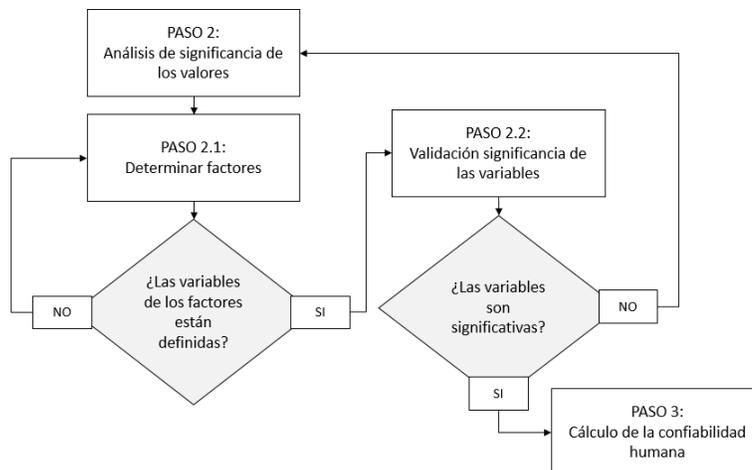
- I. Se agrega un valor según la función general afectada donde la principal tendrá un valor de dos y las secundarias de uno – Variable A.
- II. Se designa un valor al tipo de función a partir de la posición plasmada en el histograma de tal manera que el valor de inicio más bajo es 0.2 y va en aumento sumando 0.2 por cada tipo de función hasta llegar al tipo de función del histograma más alto – Variable B
- III. Puntaje:  $A * B$ , última columna.

Finalmente, se ordenan las actividades con el puntaje obtenido desde la de más valor hasta la de menos. Siendo la de mayor puntaje la actividad más crítica y la prioritaria para trabajar.

### 3.2 Análisis de significancia de los valores

En el análisis de significancia de los valores se busca determinar cuáles son los factores y sus variables que de forma directa o indirecta podrían presentar un efecto positivo o negativo sobre la actividad administrativa u operativa definida en el numeral 3.1 de este capítulo. Posteriormente se debe verificar que las variables definidas realmente son las pertinentes para el análisis y generan algún impacto sobre la conformidad del resultado de la actividad objeto de estudio, esto es posible por medio de una validación de significancia (ver ilustración 18).

**Ilustración 18.** Diagrama de flujo del paso 2 al paso 3.

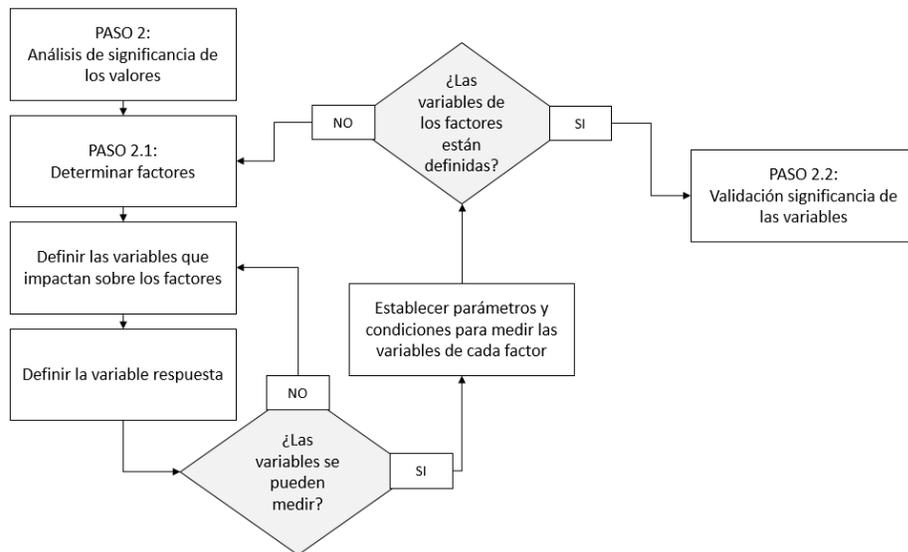


Las variables que se identifiquen para cada factor como las más relevantes sobre la conformidad de resultado, son utilizadas para calcular la confiabilidad humana de la actividad.

### 3.2.1 Determinación de los factores

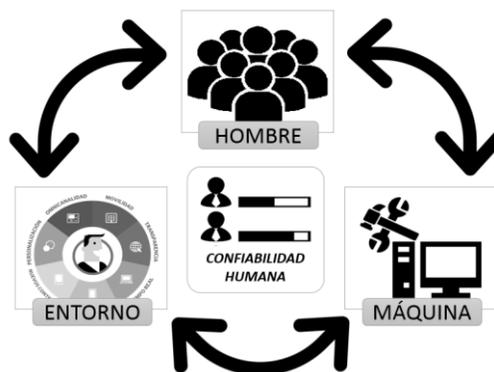
En la determinación de los factores es fundamental tener claridad sobre las variables que lo constituyen, es decir, deben ser variables que se puedan medir e identificar con facilidad en el contexto laboral y en el proceso. De esta manera, para determinar los factores que son objeto de estudio se implementan los pasos descritos en la ilustración 19.

**Ilustración 19.** Pasos para determinar los factores.



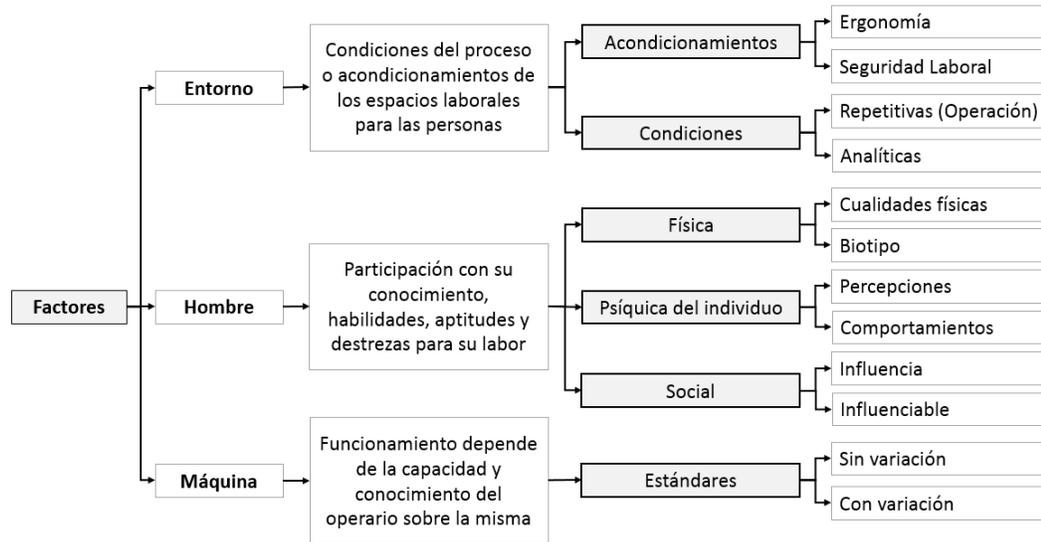
El hombre, entorno y máquina que se evidencian en la ilustración 20 se determinan como los factores principales, y como se puede inferir cuando uno de ellos presenta algún tipo de impacto o variación sea positiva o negativa se genera afectaciones sobre los demás factores, es decir no se puede trabajar sobre un solo factor, ya que para mejorar la confiabilidad del personal se debe trabajar sobre los 3 de forma conjunta.

**Ilustración 20.** Ciclo de interacción.



En la ilustración 20 se propone un ciclo de interacción que intuye como se podría mejorar la confiabilidad humana administrativa y operacional, ya que se debe tener un balance entre la mano de obra, el tipo de labor a realizar definido como entorno y la maquinaria. En la ilustración 21 se proponen las variables que influyen sobre cada factor [74, 75].

**Ilustración 21.** Variables que afectan los factores.



Con las variables definidas en la ilustración 21 y considerando que la idea es trabajar sobre la confiabilidad humana, la variable respuesta esperada corresponde al resultado de la actividad operativa con o sin error.

Por otro lado, las condiciones de la tabla 19 se evalúan con base en las características de cada variable. La ergonomía según el problema se pregunta al personal con opción de respuesta de con o sin malestar. De esta manera se debe tomar como representativo si: Con malestar  $\geq 80\%$  de las respuestas para cada campo y sin malestar  $< 80\%$  de las respuestas para cada campo. Por parte de la seguridad laboral se evalúa los riesgos laborales por puesto de trabajo centrándose en la ausencia de normas y el diseño inadecuado del puesto de trabajo, la afectación es representativa si: Con riesgo  $\geq 80\%$  de los puestos evaluados y sin riesgo  $< 80\%$  de los puestos evaluados [65, 76].

La variable actividades se clasifica en analíticas si la forma de ejecución es variable y las desviaciones son complejas de identificar y corregir. Por otro lado, repetitivas si la forma de ejecución es constante y las desviaciones son fácilmente identificables y corregibles. En cuanto a las cualidades físicas se considera 35 años como la edad límite para que la facilidad de acceder a una oferta laboral sea exitosa [77] y el biotipo como el sexo de la persona entre masculino o femenino.

Las percepciones se evalúan según las teorías sobre el comportamiento humano: El autocontrol como la respuesta a la frustración, el autoconocimiento como el nivel de conciencia sobre las prioridades a ejecutar y claridad sobre sus debilidades y fortalezas, la automotivación como la motivación y aspiraciones para ejecutar y desempeñar sus

actividades, la empatía como el nivel de adaptación con otras personas y su entorno, por último las habilidades sociales como la forma de comunicación significativa y asertiva [78].

La variable influencia (referente) se clasifica según la formación tecnológica incluyendo todos los niveles de escolaridad inferior a la educación superior y la formación profesional incluyendo todos los niveles de escolaridad igual o mayor a la educación superior. Por otro lado, para la variable influenciable (seguidor) se implementa la mediana de la muestra que corresponde a 4 años. Además, según información constatada en el Bureau Of Labor Statistics la mediana aproximada es de 4.2 años sobre la permanencia de las personas en determinado cargo [79].

La variable sistema se determina como: Con problema, se genera un error y sin problema, no se genera afectación sobre el proceso. En la última variable se espera como resultado con o sin errores.

**Tabla 19.** Condiciones para la de medición de las variables.

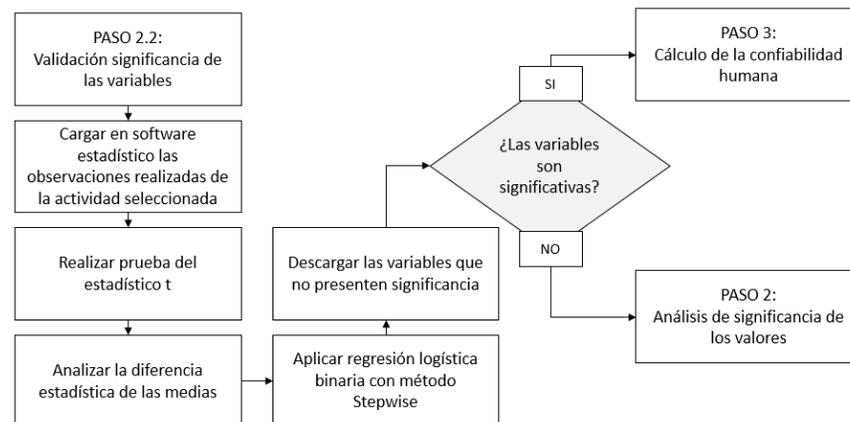
Variable	Categoría	Condición
Ergonomía	Con problema	<b>Problemas por:</b> iluminación de los puestos, ruidos indeseados, disconformidad térmica y postura corporal.
	Sin problema	
Seguridad Laboral	Con riesgo	<b>Problemas por:</b> potenciales incidentes y/o accidentes laborales.
	Sin riesgo	
Actividades	Repetitivas	<b>Definición por:</b> naturaleza de la operación y/o actividad a desempeñar de análisis o ejecución de la misma forma.
	Analíticas	
Cualidades físicas	Edad > 35 años	<b>Clasificación por:</b> rango de edad del personal por fácil acceso al mercado laboral.
	Edad ≤ 35 años	
Biotipo	Hombre	<b>Clasificación por:</b> sexo de la persona.
	Mujer	
Percepciones	Emocionalmente estable	<b>Definición por:</b> concepto del N+1 o jefe directo, donde por medio de reuniones mensuales, se establece un vínculo entre el personal y su jefe para conocer su estado emocional y social, como puntos clave se debe estar atento a la inteligencia emocional.
	Emocionalmente inestable	
Comportamientos	Extrovertido	
	Introvertido	
Influencia (Referente)	Formación profesional	<b>Clasificación por:</b> nivel de escolaridad según corresponda para la educación inicial, preescolar, básica, media y superior.
	Formación tecnología	
Influenciable (Seguidor)	Experiencia laboral > 4 años	<b>Clasificación por:</b> rango de tiempo en el cargo por parte del personal.
	Experiencia laboral ≤ 4 años	
Sistema	Con variación	<b>Problemas por:</b> funcionamiento de los sistemas digitales, físicos, útiles, herramientas, etc. utilizados por el personal para ejecutar su operación.
	Sin variación	
Resultado	Con error	<b>Respuesta por:</b> conformidad, estado, conclusión, finalización de la actividad operativa.
	Sin error	

Como se puede observar en la tabla 19, las variables seleccionadas se organizan por categorías permitiendo establecer las condiciones necesarias para su medición.

### 3.2.2 Validación significancia de las variables

Con las variables claras que componen cada factor, se procede a validar la significancia de cada una sobre la variable respuesta esperada. Por medio de esta validación es posible que todas o algunas variables sean determinadas como las más importantes y las que cumplan con esta condición se toman como las variables relevantes. En la ilustración 22 se detallan los pasos para realizar esta validación.

**Ilustración 22.** Pasos para la validación de la significancia de las variables.



En el software estadístico Minitab (programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas [80]) se tabulan el total de las observaciones realizadas. Las observaciones corresponden a la actividad seleccionada a partir de la prioridad definida por la jerarquización de procesos del numeral 3.1.2 de este capítulo. La primera prueba para validar la significancia de las variables corresponde a la prueba del estadístico t-student y posteriormente se analiza si las medias son estadísticamente diferentes para comprobar que el modelo puede discriminar de forma adecuada una categoría de la otra al utilizar las variables.

Como las variables se definen de forma categórica, la regresión logística binaria se utiliza como el modelo de análisis estadístico. Este modelo es utilizado para predecir el resultado de otra variable categórica como se presenta en el capítulo 2 (numeral 2.5). Por otro lado, es útil para modelar la probabilidad de que un evento ocurra en función de otros eventos y como función de enlace utiliza la función “logit” la cual utiliza un número p entre 0 y 1.

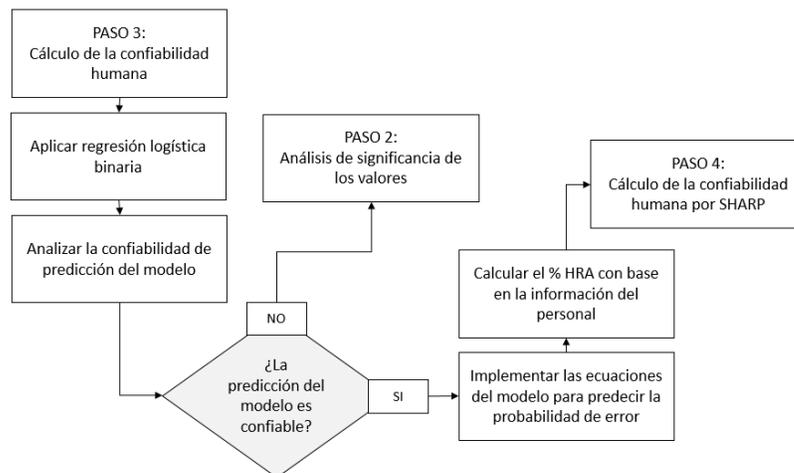
De esta manera, considerando la regresión logística binaria como modelo de análisis, complementado con el método Stepwise [81], y con base en la información de la variable respuesta y una significancia igual a 0.05, se espera una segregación de las variables que permita establecer las que son de mayor representación o impacto sobre la variable respuesta. Finalmente, se descartan las variables no significativas con base en la prueba del estadístico t-student y en la información que entrega el modelo de regresión logística binaria complementado con el método Stepwise.

### 3.3 Cálculo de la confiabilidad humana

El cálculo de la confiabilidad humana permite establecer la probabilidad de falla sobre la actividad que se analice, pero en este caso se realiza por medio de una regresión logística binaria como una metodología alternativa a las presentadas en la matriz de la tabla 2 en la literatura del capítulo 2 (numeral 2.3). De esta manera, se propone una metodología con nombre de Performance Human Reliability Analysis (PHRA), este nombre corresponde a la metodología propuesta o desarrollada en esta tesis, ya que obedece o da respuesta al trabajo que se realiza sobre los procesos en cuanto a la performance laboral: productividad, recursos optimizados, ejecución con calidad y transformación constante.

De esta forma, el cálculo de la confiabilidad humana se realiza por medio de las variables que componen cada factor e inciden sobre la conformidad de la respuesta. Los pasos para su desarrollo se detallan en la ilustración 23.

**Ilustración 23.** Diagrama de flujo del paso 3 al paso 4.



Con la validación de la significancia de las variables del numeral 3.2.2 de este capítulo, se procede a realizar nuevamente la regresión logística sin el complemento Stepwise y con una significancia de 0.05. Cuando se corra el modelo es necesario analizar la confiabilidad de predicción que esta entrega calculando la probabilidad de que la respuesta esperada ocurra, en caso de la confiabilidad de predicción no sea la esperada se debe regresar al numeral 3.2 de este capítulo y definir nuevamente las variables para los factores.

Con la información de las ecuaciones características que entrega el modelo es posible predecir la probabilidad de error para cada escenario posible que entregan las variables [82]. El paso a seguir consiste en encontrar el % HRA para cada persona que participa de la actividad seleccionada según las predicciones que entrega el modelo y clasificando las personas con su información personal. Luego, se calcula el % HRA global de la actividad con la ecuación (3.1), donde por medio de la probabilidad de error que predice el modelo para cada escenario y la proporción (en porcentaje) de las personas para cada escenario.

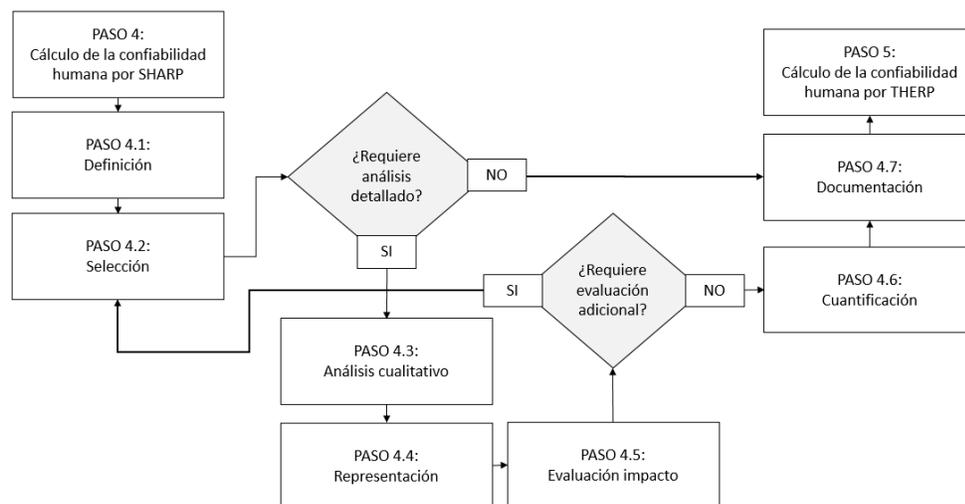
$$\% HRA = SUMAPRODUCTO (Predicción \% HRA; \% Proporción personas) \quad (3.1)$$

Es importante señalar que los resultados de la metodología propuesta se deben comparar con la evaluación de algunas metodologías mencionadas en la revisión bibliográfica, para corroborar que los resultados suministran información de utilidad para el análisis de confiabilidad humana.

### 3.4 Cálculo de la confiabilidad humana por SHARP

La metodología SHARP pertenece a la segunda generación de las metodologías de medición de la falla del factor humano presentadas en el capítulo 2 (numeral 2.3.2), para su desarrollo se deben realizar 7 pasos como lo muestra el esquema de la ilustración 24 [29, 30]. Es una metodología que debe aplicarse por expertos en el proceso y su análisis se realiza de forma cuantitativa y cualitativa. Por estas razones, el resultado del cálculo de confiabilidad humana se considera muy acertado para el proceso y para comparar con la metodología alternativa propuesta.

**Ilustración 24.** Diagrama de flujo del paso 4 al paso 5.



El paso definición consiste en Identificar e incluir las acciones importantes ejecutadas por el personal sobre la actividad seleccionada u objeto de estudio. Además, se debe clasificar las acciones en:

- Tipo 1: Relacionadas con actividades y pruebas, antes de que la falla ocurra.
- Tipo 2: A partir de un error o falla, se genera una perturbación sobre el sistema.
- Tipo 3: Acciones que permiten recuperar un error o falla mediante un procedimiento.
- Tipo 4: Acciones incorrectas sobre un error o falla que perjudican aún más la situación.
- Tipo 5: Acciones no documentadas mediante un procedimiento para recuperar un error o falla.

En cuanto a la selección se debe elegir entre las acciones identificadas y las más importantes con base en dos etapas, la primera etapa corresponde a un análisis cualitativo

donde las acciones del paso anterior se clasifican como importantes o considerables y la segunda etapa corresponde a un análisis cuantitativo que se define en el paso de análisis cualitativo (4.3 en la ilustración 24).

En la etapa cuantitativa se deben tomar unos valores preliminares o genéricos (definidos por la teoría de la metodología [29, 30]), en función del tipo de tarea y del nivel de ejecución requerido, es decir por la rutina, las reglas o el conocimiento (ver tabla 20). Para que el análisis sea válido, cuando se verifique la etapa cuantitativa debe la o las acciones del paso de definición (4.1 en la ilustración 24) deben superar o contribuir una falla mayor o igual al 1% por cada una (ver ecuación 3.2).

$$P(\text{Falla}) = \frac{\text{Fallas por acción}}{\text{Cantidad de acciones realizadas}} \geq 1\% \quad (3.2)$$

Según la teoría las acciones clasificadas en tipo 1 deben utilizar los valores genéricos descritos en la tabla 20 [36].

**Tabla 20.** Valores genéricos selección de acciones humanas tipo 1. Adaptado de [36].

Tipo 1	Rutina	Reglas	Conocimiento
Calibración	$3 * 10^{-3}$	$3 * 10^{-2}$	-
Pruebas	$2 * 10^{-3}$	$2 * 10^{-2}$	-
Mantenimientos	$1 * 10^{-3}$	$1 * 10^{-2}$	$5 * 10^{-2}$
Realineamientos operativos	$3 * 10^{-3}$	$3 * 10^{-2}$	$1 * 10^{-1}$
Factor de error	3	5	5
Los valores indicados representan medianas de distribución log-normal			

Sobre la tabla 20, la rutina se define como el seguimiento de procedimientos de mantenimiento, operaciones, pruebas que requieren cambio de posición. Las reglas son aquellas pruebas, mantenimientos, realineamientos, verificaciones o calibraciones que no cumplen con sus condiciones definidas. Por último, el conocimiento se define como aquellos mantenimientos, verificaciones o realineamientos operativos que afectan a un componente dado, que no son habituales o que pueden requerir actividades complejas o no se tienen procedimientos definidos. En principio no se considera la posibilidad de calibraciones y pruebas basadas en el conocimiento.

Adicionalmente, con base en la teoría para las acciones humanas de tipo 1 lo recomendado es trabajar con los diagramas de fallas que se utiliza en la metodología de THERP [30].

El análisis cualitativo busca detallar los conocimientos de la persona y qué tipo de acciones puede realizar en determinada situación. Además, identificar cómo el comportamiento de una persona puede ser modificado por una disfunción del sistema. Los colores utilizados para realizar el análisis cualitativo se presentan en la tabla 21.

**Tabla 21.** Denominación de colores para análisis cualitativo.

Clasificación	Denominación
Alto	
Medio	
Bajo	
No Aplica	

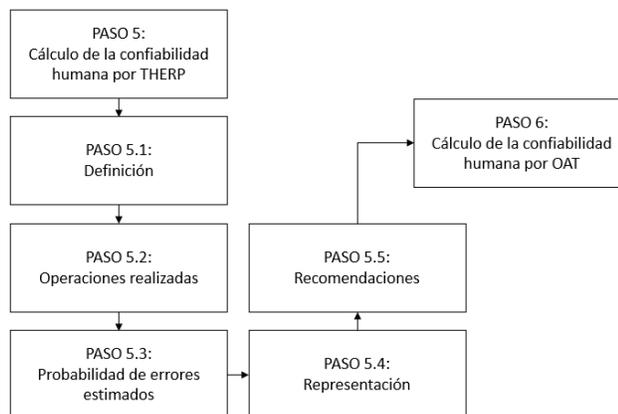
La representación para determinar el valor del análisis de confiabilidad humana consiste en esquematizar los modos de falla humana de forma gráfica. En este orden de ideas recordando la clasificación sobre las acciones humanas tipo 1 de la metodología SHARP, es necesario utilizar el diagrama de fallas de la metodología THERP, pero con los valores de la tabla 20 para las actividades.

La evaluación del impacto consiste en verificar que las acciones analizadas no impacten de forma negativa las otras acciones del paso de definición (4.1 en la ilustración 24). En la cuantificación se analizan los resultados calculados en la representación del diagrama de falla con la intención de establecer posibles mejoras sobre la actividad seleccionada y el paso documentación estipula que se debe almacenar toda la información construida para garantizar la trazabilidad del análisis.

### 3.5 Cálculo de la confiabilidad humana por THERP

La metodología THERP pertenece a la primera generación de las metodologías de medición de la falla del factor humano presentadas en el capítulo 2 (numeral 2.3.1), para su desarrollo se deben realizar 5 pasos como lo muestra el esquema de la ilustración 25 [29, 34]. Es una metodología que se ajusta con facilidad a la naturaleza de cada proceso y las fallas las analiza desde una perspectiva de omisión o falencias en un procedimiento. Por estas razones, el resultado del cálculo de confiabilidad humana se considera pertinente para las condiciones de trabajo de esta tesis.

**Ilustración 25.** Diagrama de flujo del paso 5 al paso 6.



En la definición se busca establecer el proceso o la actividad a trabajar con las respectivas operaciones realizadas por el personal y que además son susceptibles de presentar fallas o errores. Después, se debe asignar a cada operación una probabilidad de error con base en la información de la tabla 22, ya que esta metodología predice la confiabilidad humana de la actividad con base en el tipo de operación [36].

**Tabla 22.** Probabilidad de errores humanos por fallas de control. Adaptado de [36].

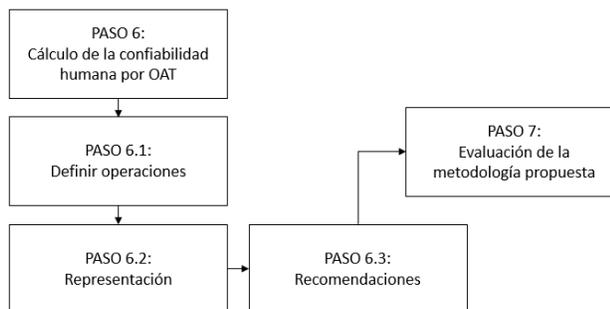
Ítem	Operaciones	Probabilidad
1	Realización de tareas programadas o normales tales como pruebas periódicas.	0.010
2	Verificación o inspección programada.	0.001
3	Utilización de procedimientos en condiciones normales.	0.010
4	Utilización de procedimientos en condiciones anormales.	0.005
5	Utilización de una realineación o corrección.	0.010
6	Utilización de procedimientos de calibración o pruebas escritas.	0.050
7	Utilización de una lista de chequeo.	0.500

Con las probabilidades teóricas asociadas a las operaciones de la actividad objeto de estudio, se construye la representación del diagrama de fallas de la metodología THERP. Esta presenta variaciones según la naturaleza del análisis, ya que se pueden presentar operaciones en serie cuando es necesario que se realicen ambas operaciones con éxito y en paralelo cuando es necesario que se realice una de las operaciones con éxito. Con la representación definida se calcula la confiabilidad humana y posteriormente si se encuentran mejoras potenciales se ejecutan.

### 3.6 Cálculo de la confiabilidad humana por OAT

La metodología OAT pertenece a la primera generación de las metodologías de medición de la falla del factor humano presentadas en el capítulo 2 (numeral 2.3.1), para su desarrollo se deben realizar 3 pasos como lo muestra el esquema de la ilustración 26 [30, 35]. El cálculo de confiabilidad humana por medio de esta metodología es muy pertinente ya que es muy flexible para adaptarse a las condiciones del proceso.

**Ilustración 26.** Diagrama de flujo del paso 6 al paso 7.

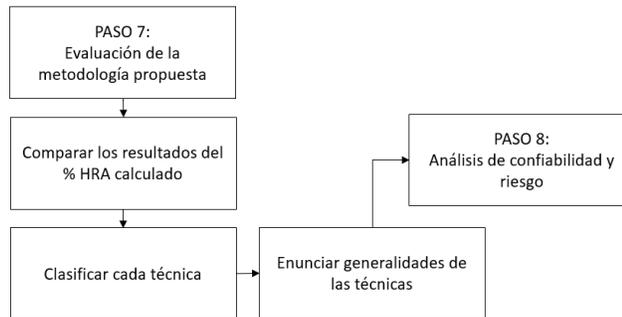


Con la actividad definida se debe enlistar las operaciones que la conforman con sus respectivos porcentajes de error, con esta información se realiza la representación por medio del diagrama de árbol y al final se calcula la confiabilidad humana. En caso de que se detecten mejoras potenciales se deben ejecutar.

### 3.7 Evaluación de la metodología propuesta

El análisis de confiabilidad final es una comparación entre los resultados valorados por cada metodología implementada. De esta manera, es posible verificar que tan acertados son los resultados de la metodología alternativa planteada con respecto a las ya existentes. En la ilustración 27 se presenta los pasos para la evaluación de la metodología propuesta.

**Ilustración 27.** Diagrama de flujo del paso 7 al paso 8.



Para comparar los resultados obtenidos en el cálculo de la confiabilidad humana se debe tomar el % HRA las metodologías de los numerales 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 de este capítulo. En cuanto a la clasificación se utiliza el concepto de alcance que se define como los puntos que causan la variación del % HRA. De esta manera, la operación se centra sobre las acciones que ejecuta la persona en sus actividades operativas y las características se concentran sobre información que constituye al o los individuos.

Otro concepto corresponde al enfoque que se define como las condiciones sobre las cuales la valoración del % HRA aplica, por lo tanto, la persona se centra sobre la confiabilidad o falla de las personas y el sistema se concentra sobre la confiabilidad o falla del sistema en general, donde interactúa el personal.

Por último el concepto de valores se define como la información necesaria o requerida para calcular el % HRA, de esta manera, los predeterminado se centran sobre información recolectada o suministrada por experiencias anteriores, permitiendo calcular el % HRA según la clasificación del tipo de operación o actividad a ejecutar por el personal que ofrece la metodología y los medidos se concentra sobre información recolectada, controlada o medida determinada por algún indicador, proceso y/o elemento, permitiendo calcular el % HRA según la descripción del tipo de operación o actividad que ejecuta el personal.

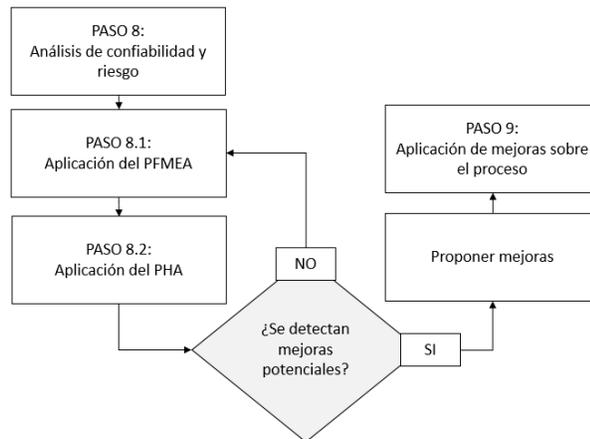
Las generalidades de cada metodología corresponden a la información descrita en la tabla 2 del capítulo 2 (numeral 2.3.3).

### **3.8 Análisis de confiabilidad y riesgo**

En el análisis de confiabilidad y riesgo permite identificar por medio del PFMEA y el PHA las posibles fuentes o causas que generan una falla o un error. Pero, al tener claridad sobre lo que puede estar afectando el proceso también es posible buscar o proponer ideas que ayuden a mitigar o controlas estas fallas que tienen una afectación directa sobre la confiabilidad del personal. En este caso, la confiabilidad del personal que ejecuta la actividad determinada desde la jerarquización de procesos del numeral 3.1.2 de este capítulo.

De esta manera, en la ilustración 28 se presenta el orden de aplicación de cada una de estas metodologías.

**Ilustración 28.** Diagrama de flujo del paso 8 al paso 9.



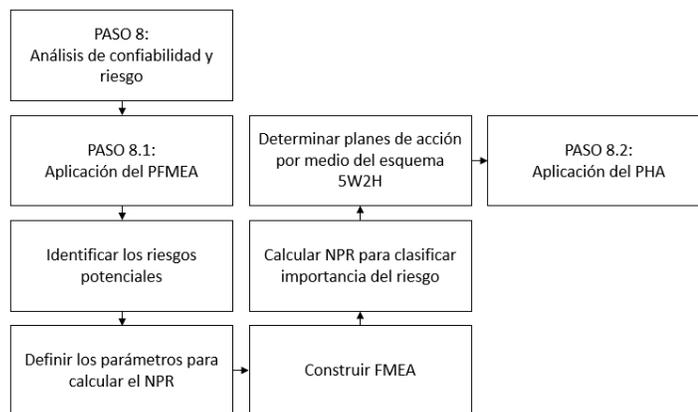
Las causas potenciales de falla que se determinen por cada metodología corresponden a las alertas para trabajar sobre las mejoras del proceso por medio de las herramientas de gestión sobre el personal y de esta forma mitigar o controlar las fallas que se generan.

### 3.8.1 Aplicación del PFMEA

El PFMEA es una herramienta que permite generar un contexto de las fallas potenciales por determinado proceso productivo [83, 84]. El término potenciales en comienzo infiere que el desarrollo de esta herramienta es sobre eventos que aún no ocurren, pero en realidad lo que permite alcanzar la implementación de este tipo de análisis, es la planificación y ejecución de medidas efectivas para mitigar o controlar los posibles detonantes que producen errores o fallas humanas sobre determinado proceso. Es decir, a partir de conocimientos previos se definen fuentes nocivas para la operación.

En la ilustración 29 se presenta los pasos para la aplicación y construcción del PFMEA, donde se debe partir de dos bases fundamentales, la primera el conocimiento multidisciplinar de las personas que participan en su construcción y la segunda se debe contar con información, datos e históricos sobre los procesos a analizar.

**Ilustración 29.** Pasos para aplicación del PFMEA.



Con los riesgos potenciales identificados, se definen los parámetros que permiten encontrar el NPR, con la finalidad de priorizar las acciones a ejecutar para mitigar o eliminar los problemas encontrados.

Los parámetros se definen como la ocurrencia (OCC) que es la frecuencia (si ha ocurrido) o probabilidad (que puede ocurrir) de que la causa se convierta en modo de falla, la severidad (SEV) que es la estimación de la gravedad del efecto del modo de falla sobre el cliente y la detección (DET) que es la facilidad de encontrar la falla antes de que ocurra. Los niveles de evaluados y catalogados de los parámetros se evidencian en la tabla 23.

**Tabla 23.** Definición de parámetros para NPR.

Valor	Ocurrencia [OCC]	Severidad [SEV]	Detección [DET]
5	Alta probabilidad de ocurrencia	Efecto principal/ Inconveniente Mayor	Baja o imposible capacidad de detección
3	Moderada probabilidad de ocurrencia	Inconveniente menor	Capacidad de detección Moderada (Poka Yoke*, SAP, etc.)
1	Baja probabilidad de ocurrencia	Mínimo efecto/sin efecto	Alta capacidad de detección (Visual, inspección, etc.)

\*Poka Yoke palabra en japonés y una de sus traducciones consiste en a prueba de errores.

Para evaluar la ocurrencia es posible utilizar datos históricos de los problemas presentados, de esta manera en la tabla 24 se observan los intervalos de ocurrencia con base en el número de veces o repeticiones de que un evento presente fallas.

**Tabla 24.** Intervalos de Ocurrencia.

Ocurrencia [OCC]	Número de repeticiones de un evento con fallas
Alta probabilidad de ocurrencia	$800 < OCC$
Moderada probabilidad de ocurrencia	$400 < OCC \leq 800$
Baja probabilidad de ocurrencia	$0 < OCC \leq 400$

Con los parámetros claros se construye el PFMEA con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.6.1) y se calcula el NPR para clasificar la importancia del riesgo a partir de las definiciones de la tabla 25. Conocer el tipo de riesgo o importancia es relevante para catalogar los problemas más críticos.

**Tabla 25.** Intervalos calificación NPR.

RPN	Importancia (I)	Definición
> 75	A	Partes y áreas que se relaciona con la integridad e imagen de la Empresa Perdida irreversible del proceso Gran sanción económica a criterio de la Empresa
25 - 74	B	Perdida parcial de la información Implicación de reproceso largos Sanciones económicas moderadas a criterio de la Empresa
1 - 24	C	Perdida de información recuperable Implicación de reprocesos inmediatos Sanciones económicas bajas a criterio de la Empresa

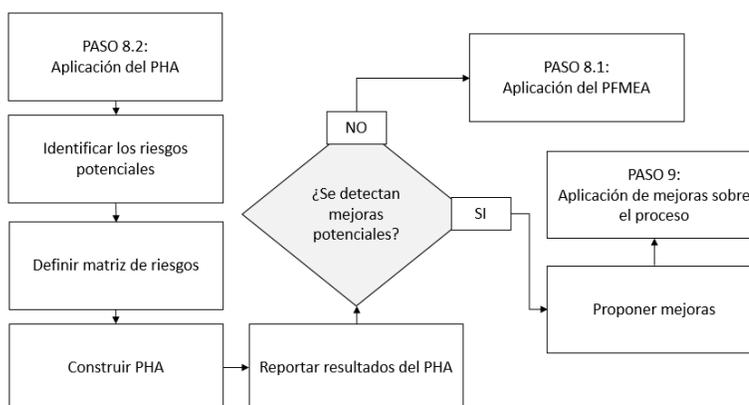
El paso a seguir es estructurar los planes de acción sobre las contramedidas de mitigación o control. Estos planes de acción se definen por medio del esquema 5W2H [85] o cualquier otra técnica para estructurar un plan de acción; donde el orden de aplicación se determina primero por el mayor valor del NPR y después por el tipo de importancia de la tabla 25.

En esta tesis los planes de acción se estructuran por medio del 5W2H, este se compone por el ítem (consecutivo), fecha (realización), ¿Qué? o What? (acción para realizar), ¿Por qué? o Why? (motivo para realizar la acción), NPR (prioridad), I (importancia), ¿Dónde? o Where? (lugar donde se realiza), ¿Quién? o Who? (responsable de la ejecución), ¿Cuándo? o When? (fecha de ejecución), ¿Cómo? o How? (como se realiza), ¿Cuánto tiempo? o How Much? (por cuánto tiempo se realiza), estatus (cerrado con OK y abierto con NOK) y comentarios (observaciones relevantes de la acción) [85].

### 3.8.2 Aplicación del PHA

La construcción del PHA permite un enfoque sobre los problemas que aún no ocurren pero que podrían suceder generando dificultades sobre la gestión o funcionamiento del proceso, es decir este análisis se utiliza como fuente de detección de riesgos [59]. En la ilustración 30 se presentan los pasos para su aplicación.

**Ilustración 30.** Pasos para aplicación del PHA.



En primer lugar, se enlistan los riesgos y detonantes investigados que perjudican la actividad analizada. Después con ayuda de personas expertas en el proceso se define la matriz de riesgos donde se evalúa el nivel de severidad de los riesgos detectados. En la tabla 26 se encuentran los parámetros para evaluar el riesgo y la probabilidad de ocurrencia de forma cuantitativa [59].

**Tabla 26.** Matriz para evaluación del riesgo PHA.

Evaluación Severidad									
Parámetros					Probabilidad				
Rango		% Perdida de información	% recuperación de error	Participación Mano de Obra	Baja	Ocasional	Moderado	Probable	Alta
1	Sin riesgo	0%	100%	Sin efecto	1	2	3	4	5
2	Bajo	25%	75%	Efecto menor	2	4	6	8	10
3	Medio	50%	50%	Efecto moderado	3	6	9	12	15
4	Alto	75%	25%	Efecto mayor	4	8	12	16	20
5	Critico	100%	0%	Efecto masivo	5	10	15	20	25

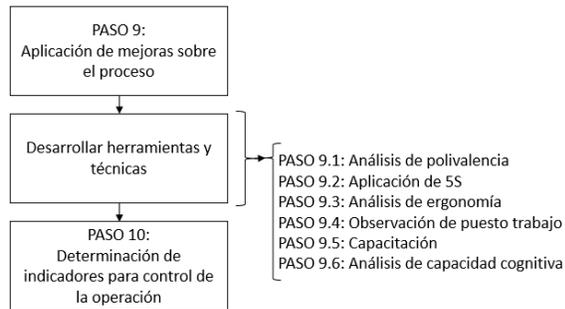
El PHA se construye con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.6.2), donde además se cuenta con la columna de Riesgo: Accidente Potencial con el tipo de riesgo y la descripción del posible accidente, una columna de causa donde se detalla la información sobre la posible causa del accidente y una columna de efecto donde se detalla la información sobre el resultado de la causa.

En cuanto a la columna accidente como categoría severa se ingresa el valor resultante de la matriz para evaluación del riesgo PHA (ver tabla 26); al cruzar la información de los parámetros contra la probabilidad cuantitativa. Para finalizar se definen las posibles medidas correctivas para mitigar o controlar los riesgos potenciales detectados.

### 3.9 Aplicación de mejoras sobre el proceso

La aplicación de las mejoras potenciales sobre el proceso por medio de las herramientas y técnicas que permiten gestionar el factor humano comienza con base en el nivel de riesgo que entrega el NPR de los análisis de confiabilidad y riesgos, ya que al controlar o mitigar las causas de mayor impacto, la confiabilidad del proceso podría presentar ganancias que se refleja en los posibles indicadores que miden la productividad del personal. En la ilustración 31 se presentan los pasos para su aplicación, pero es importante recordar que el orden dependerá del valor del NPR (del PFMEA) y el valor de severidad en el PHA.

**Ilustración 31.** Diagrama de flujo del paso 9 al paso 10.

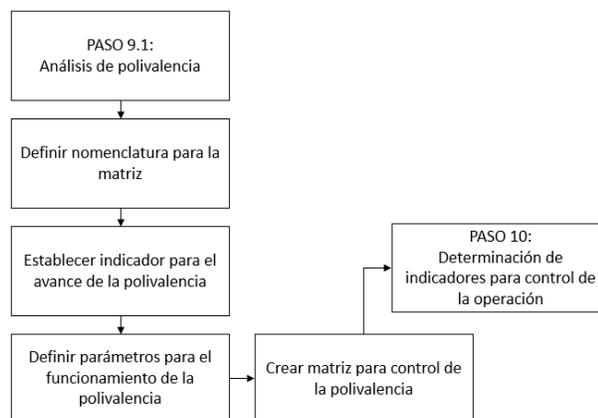


Con el desarrollo de estas herramientas y técnicas en principio se busca dar respuesta a las condiciones de la actividad más crítica del proceso, pero si la aplicación se realiza de forma robusta y se mantiene una dinámica clara para su soporte en el tiempo, los resultados de las posibles mejoras podrían tener impactos positivos sobre las otras actividades operativas del proceso.

### 3.9.1 Análisis de polivalencia

Para aumentar las competencias del personal sobre las actividades operativas y/o administrativas se implementa la polivalencia, ya que es la forma como se promueve la rotación entre las personas y sus funciones en los cargos. Además, se comienza a gestionar una dinámica donde el conocimiento y la experiencia del personal se encuentra en constante socialización, permitiendo que el proceso sea sólido y constante en la forma como se ejecuta. En la ilustración 32 se encuentran los pasos para realizar el análisis de la polivalencia.

**Ilustración 32.** Pasos para análisis de polivalencia.



El procedimiento de la ilustración 32, se construye con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.4.1). De esta forma, la polivalencia o “back up” que, si bien permiten suplir la misma necesidad, su concepto adopta finalidades distintas. La polivalencia es la rotación temporal o periódica determinada por la empresa entre los cargos del personal operativo y administrativo, buscando aumentar las competencias de estos, con intención de que las

funciones sean comprendidas por el total de personas en el departamento. Logrando evitar que, en caso de un ausentismo por razones esporádicas o programadas, no se genere ningún contratiempo o riesgo sobre la dinámica del proceso.

El “Back up” se considera una rotación obligada o programada, porque no se genera con intenciones de aumentar las competencias del departamento, su objetivo es blindar el conocimiento por parte del departamento sobre las actividades operativas y administrativas.

Como valor agregado entre más se desarrollen estos conceptos sobre el proceso, el riesgo de errores por ausentismo del personal se espera comience a reducir. De esta manera en caso de que se tenga algún tipo de ausentismo por razones esporádicas o programadas se asegura el funcionamiento del proceso, ya que el conocimiento no depende de las personas, sino que se encuentra ligado específicamente al cumplimiento y seguimiento del “Back up”.

La matriz para control de la polivalencia del personal operativo y administrativo, está constituida por una nomenclatura para su interpretación donde consta de B1, B2 y B3 para el Back Up 1, 2 y 3 respectivamente, esto con relación a la numeración de “Back up” para priorizar el orden de formación y el responsable para las funciones de cada cargo. Pero, aunque la numeración recibe el nombre de “Back up” la matriz se estructura con miras a la aplicación y aseguramiento de la polivalencia entre el personal. En cuanto a la letra “S” corresponde al personal directo de la empresa, la “P” para el personal directo por una performance o tercerizado y la A para otros. En las filas de la matriz se encuentra el total del personal del proceso con su correspondiente dependencia según la letra S, P y A.

En cuanto al seguimiento y control del personal formado o capacitado se consideran los colores en los recuadros, donde el azul es el personal en el cargo es decir Cargo (C), el verde es el personal formado o capacitado en el cargo con concepto OK (B); respetando el orden de prioridad se toma B1, B2 o B3, el amarillo es el personal pendiente de formación o capacitación en el cargo con concepto PEND (BP) y respetando el orden de prioridad se toma BP1, BP2 o BP3.

Los valores numéricos para establecer los indicadores del avance en la polivalencia se encuentran en la sumatoria de las columnas que incluyen la cantidad de personas formadas y pendientes por formar en cada nivel considerando la prioridad. Ejemplo: Persona con B2 + BP1 = 2, es decir la persona es polivalente en dos (2) cargos.

La sumatoria de las filas incluye la cantidad de personas formadas o capacitadas por cargo. Ejemplo: Persona con B2 + BP1 + BP2 = 1, es decir el cargo de esta persona cuenta con tres (3) polivalentes, pero solo uno (1) se encuentra formado.

El indicador para el porcentaje de avance de la polivalencia o “Back up” se obtiene por medio de la ecuación (3.3)

$$\% \text{ Avance polivalencia} = \frac{\sum \text{Total General Cargo}}{\sum \text{Total General Persona}} \quad (3.3)$$

En la tabla 27 se presentan los niveles de riesgo según el porcentaje de avance de la polivalencia.

**Tabla 27.** Nivel de riesgo por porcentaje de avance de la polivalencia.

Rango Porcentaje Polivalencia	Riesgo	
95% < % Polivalencia < 100%	Nulo	Totalmente cubierto
80% < % Polivalencia < 95%	Bajo	Parcialmente cubierto
60% < % Polivalencia < 80%	Moderado	Con cobertura en la mayoría de cargos
40% < % Polivalencia < 60%	Alto	Con cobertura en algunos cargos
20% < % Polivalencia < 40%	Crítico	Sin cobertura significativa
0% < % Polivalencia < 20%	Urgente	Sin cobertura

En caso de que el porcentaje (%) de avance de la polivalencia presenta un valor mayor a cien por ciento (100%), significa que las asignaciones de los “Back up”, o la nomenclatura o las sumatorias no se encuentran bien diligenciadas.

Para la asignación del “Back up” o polivalencia de cada cargo, se definen unas zonas para cada grupo polivalente, ya que formar a cada persona en cada cargo tomaría mucho tiempo. De esta forma garantiza una polivalencia entre las zonas y por lo menos debe existir una persona que sea polivalente en una zona distinta a la que pertenece. Las asignaciones de la polivalencia comienzan por la zona 1 (N1) correspondiente al personal directo de la empresa con cargo de jefes, después por la zona 2 (N2) que corresponde al personal directo de la empresa con otros cargos, la zona 3 (N3) es el personal performance o tercerizado y la zona 4 (N4) para otros.

Para cada cargo directo de la empresa y de la performance o tercerizado se asigna una polivalencia entre sus homólogos por zona y por lo menos una persona a su jefe directo (esto no aplica para el personal catalogado como otros). Cada persona (excepto el cargo jerárquico más elevado) debe por lo menos tener dos (2) puestos polivalentes, en caso de que exista un supernumerario debe ser polivalente en todos los cargos o puestos de trabajo.

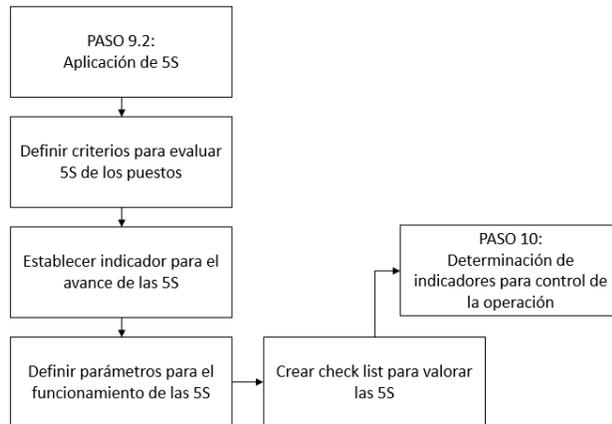
Por último, el cargo jerárquico más elevado en el perímetro de trabajo cuenta con polivalentes, pero no es responsable de ser polivalente de algún cargo, ya que sus funciones se encuentran orientadas a temas estratégicos y de aumento de competencias.

### 3.9.2 Aplicación de 5S

Para estructurar los puestos o unidades de trabajo de una forma organizada, limpia y con componentes estandarizados, se establecen unos criterios básicos que permitan la evolución de un estado inicial a una instancia donde se evidencie mejora [61].

Además, con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.7.1) cada unidad de trabajo es valorada por medio de check list desarrollado con el personal experto en el proceso y con los conceptos de las acciones 5S. En la ilustración 33 se encuentran los pasos para la aplicación de las 5S.

**Ilustración 33.** Pasos para la aplicación de las 5S.



Los criterios de evaluación se definen según la necesidad del perímetro de trabajo, pero con base en los principios de las 5S. De esta manera, el primer criterio evalúa que se tenga un estándar de estados de referencia que busca definir una ubicación para los elementos, útiles, herramientas, entre otros. El segundo criterio evalúa que el puesto de trabajo respete los estados de referencia establecidos. El tercer criterio evalúa que el puesto cuente con un estándar para nombrar las carpetas o archivos que se utilicen.

El cuarto criterio evalúa que el estándar definido para las carpetas se respete y corresponda con lo reportado. El quinto criterio valora que la forma como están distribuidos los elementos, útiles, herramientas, entre otros sea la más idónea para la naturaleza de las operaciones que realiza el puesto. El último criterio vela porque el puesto de trabajo se mantenga organizado, limpio y que todo lo que no pertenece a la actividad operativa sea desechado.

Los criterios se valoran para cada unidad de trabajo y la calificación de cada criterio se marca con una X, cuando se tenga el punto conforme se marca sobre el OK y en el caso contrario sobre el NOK. El objetivo mínimo de conformidad que debe alcanzar cada puesto de trabajo se presenta en la tabla 28, en caso de que no se alcance esta condición se deberá valorar nuevamente el puesto con las modificaciones pertinentes, el orden de trabajo para mejorar las condiciones del puesto está definido por una prioridad establecida por los expertos del proceso en el check list.

**Tabla 28.** Objetivo mínimo de aceptación del check list 5S.

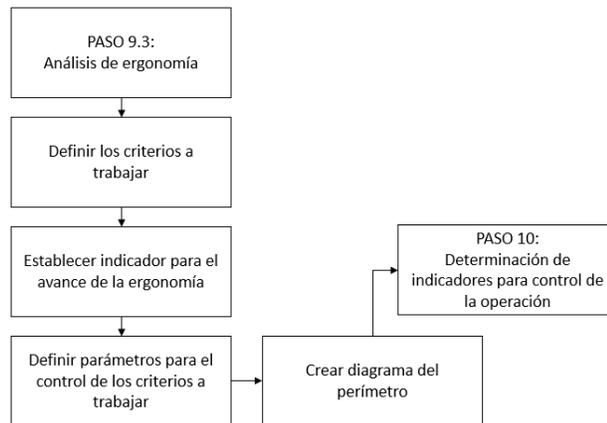
Descripción	Rango
Objetivo alcanzando	Valor $\geq$ 80%
Objetivo parcial	80% > Valor $\geq$ 60%
Objetivo no alcanzado	60% > Valor

Con los criterios establecidos y el objetivo mínimo a alcanzar se debe crea el documento correspondiente al check list para evaluar los puestos de trabajo.

### 3.9.3 Análisis de ergonomía

El análisis de ergonomía se construye con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.7.2), con la intención de identificar los problemas que generan quejas, inconformismo o molestias del personal en el entorno laboral. Estos problemas según el impacto y alcance que tenga podrían generar efectos importantes en el rendimiento de las actividades operativas, por esta razón en la ilustración 34 se encuentran los pasos para el análisis de ergonomía.

**Ilustración 34.** Pasos para el análisis de ergonomía.



Los criterios seleccionados para trabajar sobre la ergonomía de los puestos son: La sensación térmica por el impacto que ocasiona el aire acondicionado, la iluminación por la deficiencia en la orientación, ubicación y cantidad de lámparas, el ruido por la desconcentración y perturbaciones sobre la comunicación por los diferentes radios o sistemas reproductores de música. Por último, la postura corporal por el efecto físico ocasionado por los mobiliarios del perímetro de trabajo (sillas) [65].

De forma general para todos los aspectos ergonómicos es necesario que la actualización o renovación del análisis se realice cada año sobre los criterios de sensación térmica, iluminación, ruido y postura corporal. En caso de que considere un criterio más representativo que impacte la ergonomía es posible incluirlo en cualquier momento en el análisis. Cuando el puesto de trabajo se evalúa y de ser requerido se deben establecer contramedidas o acciones para mejorar las condiciones laborales, ya que se debe llevar cada criterio al objetivo mínimo de conformidad descrito en la tabla 29.

**Tabla 29.** Objetivo mínimo de aceptación para los criterios ergonómicos.

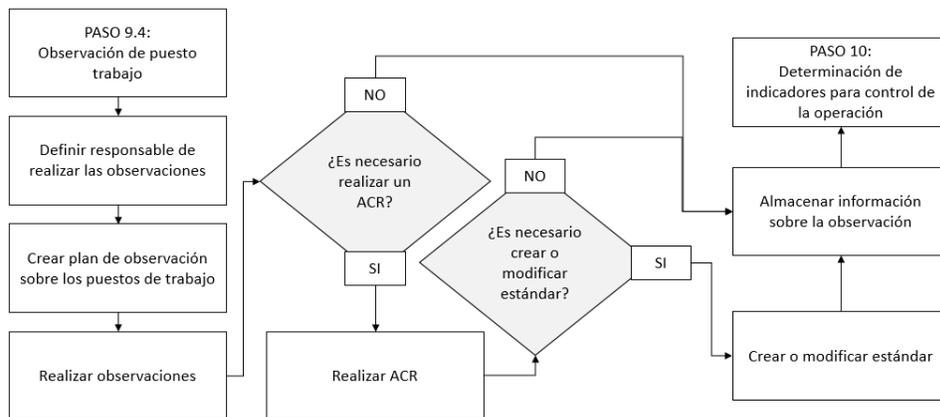
Descripción	Rango
Objetivo alcanzando	Valor $\geq$ 80%
Objetivo parcial	80% > Valor $\geq$ 60%
Objetivo no alcanzado	60% > Valor

Para cada criterio definido se debe crear dos diagramas del perímetro, el primero para mostrar la situación inicial y el segundo donde se evidencie las mejoras alcanzadas con las contramedidas o acciones aplicadas.

### 3.9.4 Observación del puesto de trabajo

La observación de puesto de trabajo permite realizar una validación de la calidad y la conformidad de ejecución de las actividades administrativas y operativas. Además, es una forma efectiva para identificar y proponer posibles soluciones sobre las desviaciones y anomalías que el proceso no detecta con facilidad o simplemente para control del proceso. Por lo tanto, con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.7.2) en la ilustración 35 se detallan los pasos para ejecutar las observaciones del puesto de trabajo.

**Ilustración 35.** Pasos para la observación del puesto de trabajo.



Para realiza las observaciones de los puestos de trabajo es necesario identificar el área o el responsable encargado de planificar por prioridad y frecuencia las observaciones durante cada año. Además, los que realicen las observaciones deben ser las personas más capacitadas o expertas sobre el proceso. Por otra parte, dependiendo de las desviaciones o anomalías detectadas se debe realizar un análisis de causa raíz para encontrar lo que genera problemas o se debe verificar si es necesario trabajar sobre el estándar del puesto.

Los resultados que entreguen las observaciones y sus modificaciones son monitoreados por el área o responsable encargado. En este orden de ideas, también debe crear el plan de observaciones o plan OPT que incluya el nombre que permita identificar las FOP / FOS, la prioridad para realizar las observaciones sobre las FOP / FOS, los comentarios con anotaciones relevantes sobre las FOP / FOS, en caso de que sea requerido el ACR [86] y las semanas del año.

Se define trabajar los ACR por medio del análisis porque, ya que es una herramienta sin complejidad técnica para su uso y con un alcance suficiente para determinar las causas de los problemas presentados [87].

Por otro lado, como desviaciones se consideran todas las anomalías o perturbaciones que no permitan realizar el estándar del puesto de forma adecuada. Además, se revisa que el

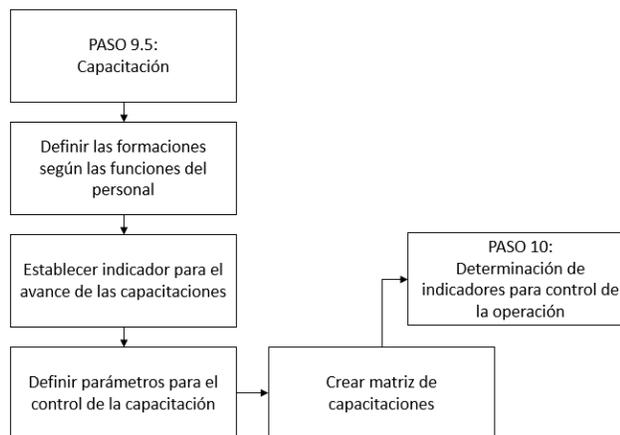
estándar sea conforme con la actividad operativa que se está ejecutando, de ser necesario es posible realizar la cantidad de observaciones que se requieran para eliminar o mitigar las desviaciones encontradas.

Finalmente, todo lo que se implemente o todos los hallazgos que se detecten en las observaciones se deben documentar para conservar la trazabilidad de la información.

### 3.9.5 Capacitación

El desarrollo de competencias del personal frente a sus actividades garantiza la calidad y efectividad del proceso pues se cuenta con personas con mayores habilidades y destrezas frente a sus funciones. Adicionalmente, al trabajar sobre la capacitación se genera una dinámica controlada para incentivar el aprendizaje del personal. Con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.7.3) en la ilustración 36 se evidencian los pasos para trabajar sobre la capacitación.

**Ilustración 36.** Pasos trabajar sobre la capacitación.



Las capacitaciones se deben definir con base en los conocimientos técnicos que requiera el proceso del perímetro de trabajo. Para comenzar con el desarrollo de la matriz de capacitaciones y contar con personal más competente sobre sus actividades y habilidades técnicas, es necesario establecer un orden coherente de formación según la complejidad de la capacitación.

Para el mantenimiento de la matriz de capacitación y su actualización se asigna a cada formación un responsable principal y un polivalente para su gestión. Por otro lado, la matriz presenta 3 tipos de avances en porcentaje: Porcentaje individual por formación (columna final) que permite visionar la persona con más déficit o necesidad de capacitación, el porcentaje de avance por formación (fila final) que permite enfocar la prioridad para programar la formación con más déficit en el personal y la esquina inferior al final de las columnas y las filas que permite visualizar el avance general de la matriz de formación en el departamento.

Luego, para diligenciar la matriz de capacitación se utilizan los conceptos establecidos en la tabla 30.

**Tabla 30.** Conceptos para diligenciar la matriz.

Símbolo	Concepto	Descripción
DOC	Azul	Piloto responsable de la herramienta y polivalente(s)
OK	Verde	Persona que ha recibido la capacitación (recibida)
NOK	Rojo	Persona pendiente por recibir la capacitación (pendiente)
NA	Negro	Persona que no debe recibir capacitación (no aplica)

En cuanto al porcentaje de avance de las capacitaciones del perímetro de trabajo en la tabla 31 se detalla el objetivo mínimo de aceptación.

**Tabla 31.** Objetivo de aceptación de las capacitaciones.

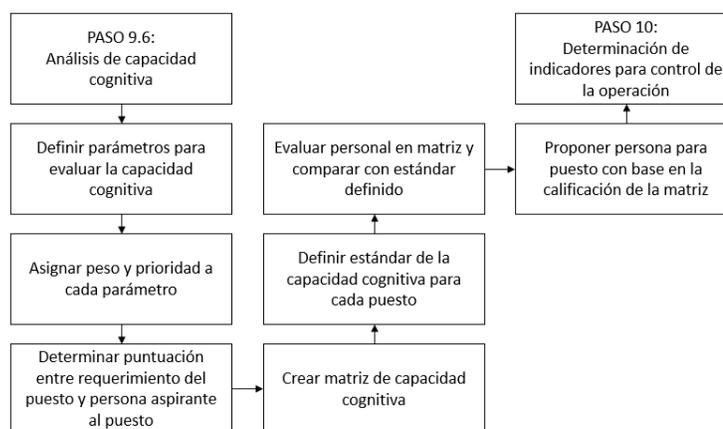
Color	Descripción	Rango
Verde	Objetivo ideal	95% - 100%
Amarillo	Objetivo alcanzado	71% - 94%
Rojo	Objetivo no alcanzado	0% - 70%

En conclusión, la matriz de capacitación cuenta con los conocimientos necesarios para el trabajo y funcionamiento del perímetro de trabajo, donde cada formación cuenta con un piloto y un docente o formador responsable.

### 3.9.6 Análisis de capacidad cognitiva

Comprender la capacidad cognitiva de las personas considerando su significado como la forma y capacidad que se tiene para procesar e interpretar información, se vuelve una labor estratégica para garantizar un buen resultado al asignar las actividades y funciones al personal más idóneo o coherente para ejecutarlas. Con base en la información del capítulo 2 (numeral 2.7.3) en la ilustración 37 se detallan los pasos para el análisis de la capacidad cognitiva.

**Ilustración 37.** Pasos para el análisis de la capacidad cognitiva.



En la tabla 32 se definen los parámetros para evaluar la capacidad cognitiva [70, 88, 89].

**Tabla 32.** Parámetros para trabajar sobre la capacidad cognitiva.

#	Criterio	Parámetros
1	Atención	Entrada de información al cerebro sobre la respuesta a un estímulo o tarea o varias al tiempo.
2	Comprensión	Entendimiento sobre la información que recibe con base en a las experiencias y conocimientos propios.
3	Memoria	Recordar la información procesada.
4	Lenguaje	Capacidad de relacionar un sistema, según los significados de las palabras.
5	Razonamiento	Integración de nuevos conocimientos a través de lo que ya se conoce.
6	Resolución problemas	Estructura formativa piramidal (detallada) o lineal (conceptual).
	Se utiliza el criterio	
	No se utiliza el criterio, por complejidad para su evaluación y medición.	

Con los criterios y sus respectivos parámetros, en la tabla 33 se ordenan según la prioridad requerida por las funciones de los puestos de trabajo. De esta manera, la prioridad se clasifica de 1 a 5 siendo 5 el de mayor importancia, la sumatoria de estos puntos (15) se divide por cien y el valor total (6,7) se multiplica por cada número de la clasificación de 1 a 5. Con los pesos de cada criterio, se realiza una multiplicación ponderada para valorar los candidatos de forma cuantitativa.

**Tabla 33.** Prioridad criterios capacidad cognitiva.

Criterio	Prioridad	Ponderado
Atención	4	27
Razonamiento	2	13
Resolución problemas	5	33
Lenguaje	1	7
Comprensión	3	20
<b>Total:</b>	6.7	100

En la tabla 34 se establecen los rangos para determinar la puntuación de los requerimientos de los puestos y el nivel que alcance cada aspirante al puesto.

**Tabla 34.** Puntuación rangos en la matriz de capacidad cognitiva.

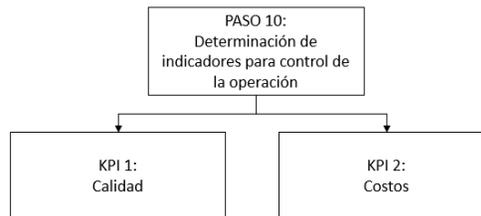
Descripción puntuación	Rango
Nivel alto	Valor $\geq$ 666
Nivel medio	666 > Valor $\geq$ 333
Nivel bajo	333 > Valor

Después, se crea la matriz de capacidad cognitiva donde cada criterio tendrá valores numéricos para los parámetros. De esta forma, se evalúa el estándar requerido para cada puesto y posteriormente se debe evaluar el personal del perímetro para corroborar que la puntuación de las personas corresponde con lo exigido por el puesto. En caso contrario, se debe proponer las posibles modificaciones que se ajusten a las puntuaciones de las personas con los cargos.

### 3.10 Determinación de indicadores para control de la operación

Los indicadores son fundamentales para medir, controlar y verificar si un proceso se está ejecutando de forma correcta y los resultados se encuentran alineados con las expectativas de los objetivos y metas trazadas por las directivas o los líderes de la organización [19]. Para lograr que los indicadores muestren de forma pertinente el comportamiento del proceso es necesario que se tenga disponibilidad de los datos, debe tener una formula sencilla para su cálculo, deben estar asociados a la naturaleza del proceso y debe tener una frecuencia de revisión en determinados periodos de tiempo. En la ilustración 38 se detalla los indicadores necesarios que permiten controlar y evaluar la productividad de la operación del proceso trabajado.

**Ilustración 38.** Diagrama de flujo paso 10.



El objetivo del KPI 1 es verificar la calidad del proceso con base en los resultados obtenidos por la metodología que se utilice para calcular la confiabilidad humana; es decir se realiza un seguimiento sobre el desempeño del personal por medio de la probabilidad de error y el objetivo del KPI 2 es controlar el impacto de los costos, ya que para que la operación se considere rentable los imprevistos o sobre costos deben controlarse y se deben tratar de disminuir; por lo tanto se cuenta con un control sobre los impactos económicos [19].

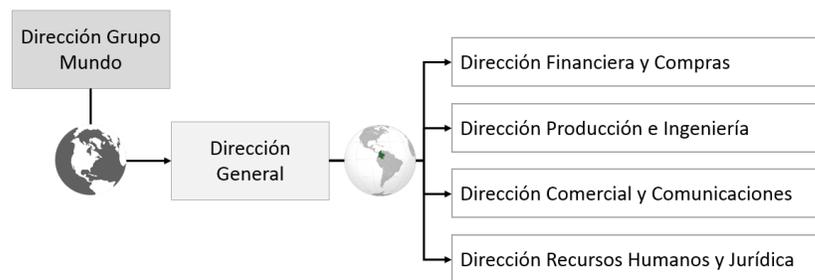
Con los KPI definidos en los ejes de calidad y costos se espera tener un control y seguimiento pertinente de la productividad del proceso. Además, deben ser muy específicos para que cuando se presenten desviaciones o valores no deseados se pueda investigar las posibles causas o razones del problema y se generen los planes de mejora necesarios.

## 4. Aplicación

La metodología desarrollada se lleva a cabo en el departamento de comercio exterior dentro de una empresa del sector automotriz dedicada a la producción y ensamble de vehículos en Colombia. Al interior del departamento se encuentra un grupo de personas con diferentes características personales, habilidades, capacidades técnicas y conocimientos que realizan las actividades operativas y administrativas necesarias para su funcionamiento.

La estructura organizacional de la empresa se presenta en la ilustración 39, donde todas las direcciones dependen de una general, pero en cuanto a la parte funcional las direcciones trabajan en torno a la dirección de producción e ingeniería pues la finalidad de la compañía es producir automóviles.

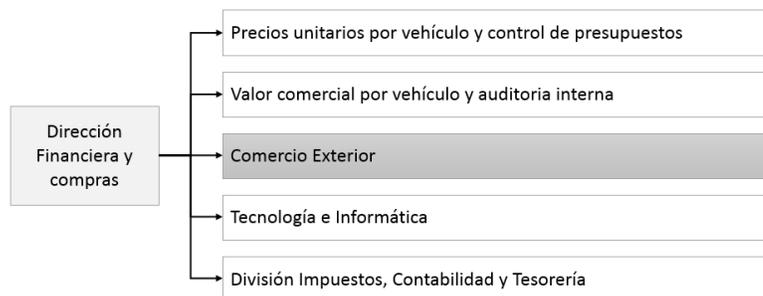
**Ilustración 39.** Estructura organizacional por direcciones.



Dentro de los objetivos de la organización se cuenta con una meta clara y es posicionarse en el medio automotriz con un producto de calidad y con las exigencias básicas del mercado. Para lograr esta meta se cuenta con una vasta gama de modelos, aunque en algunos casos se debe importar vehículos pertenecientes a la marca que no cuentan con producción local.

Las áreas que conforman la dirección de producción son la división técnica, la división de fabricación y la división de logística externa. Las operaciones de la división de logística externa requieren constante comunicación con la dirección financiera específicamente con una de sus ramas correspondiente al departamento de comercio exterior (comex), tal como se muestra en la ilustración 40.

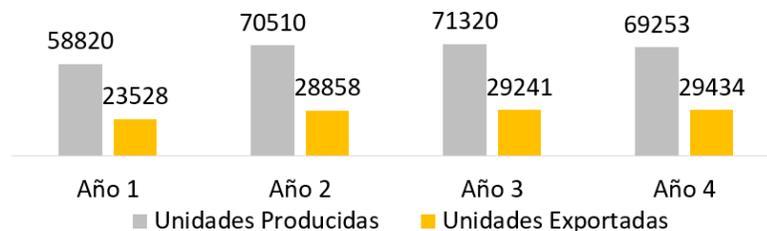
**Ilustración 40.** Estructura dirección Financiera y compras.



La razón de esta comunicación se debe a que comercio exterior se encarga de todas las fases documentales de las operaciones de importación y exportación, mientras la división de logística externa se enfoca en las operaciones físicas y de coordinar los distintos transportes de contenedores, camiones, entre otro, de materias primas y de los productos terminados. De esta forma, las importaciones son suministro de modelos de otras gamas, materias primas para almacenamiento en planta y que posteriormente se utilizan para la transformación. Por otro lado, las exportaciones son la distribución del o los productos terminados para venta local o ventas para el exterior.

Por el crecimiento aproximado que se evidencia en la ilustración 41 el volumen de producción de vehículos y exportación de estos, la participación del departamento de comex se hace indispensable.

**Ilustración 41.** Crecimiento producción. Datos suministrados por la empresa.



En otro orden de ideas, las condiciones del departamento en cuanto a velocidad de respuesta y productividad no son las esperadas por las directivas al momento de validar y legalizar las actividades aduaneras.

El departamento de comercio exterior se compone por un gerente, un practicante de aduanas, tres jefes de área con sus respectivos grupos de trabajo conformados por personal directo de la empresa, personal perteneciente a una performance para proyectos y actividades soporte y por personal denominado como agente aduanero.

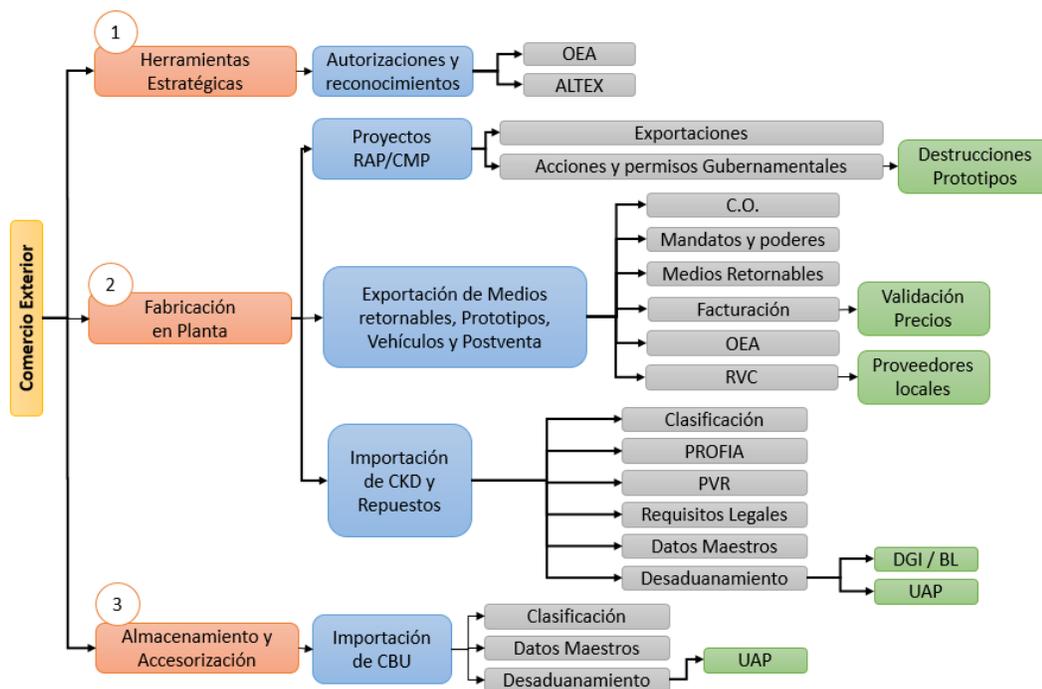
## 4.1 Diagnóstico

### 4.1.1 Análisis del árbol funcional

El desarrollo del árbol funcional considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.1.1) y con el personal que conoce el detalle del proceso se enlistan las actividades operativas que realiza el departamento y se organizan los niveles del diagrama de árbol.

El nivel 1 (recuadro amarillo) corresponde al departamento en general, el nivel 2 (recuadro rojo) son las actividades operativas y administrativas principales, el nivel 3 (recuadro azul) son las tareas por áreas del departamento, el nivel 4 (recuadro gris claro) son las actividades que componen cada área y el nivel 5 (recuadro verde) son las subactividades que componen la actividad de cada área. En la ilustración 42 se detalla el árbol funcional del departamento con los niveles descritos.

**Ilustración 42.** Diagrama árbol funcional del departamento.



Construido el diagrama del árbol funcional, se define la prioridad por importancia para el funcionamiento del departamento de 1 a 3, siendo 1 la actividad principal más importante y la 3 la de menos prioridad.

Después, se definen las funciones del departamento con base la ilustración 42, de esta manera, la función principal corresponde a Cumplir y gestionar demandas establecidas por las reglas y/o normas gubernamentales del país con relación a las importaciones y las exportaciones de la empresa. En cuanto a las funciones secundarias se definen dos, la primera es Implementar gestión de Administración para OEA, Proyectos Aduaneros, cumplimiento de Origen y Operaciones Aduaneras y la segunda es Velar por el cumplimiento y acciones oportunas cuando son requeridas por la operación o proceso mediante la estandarización.

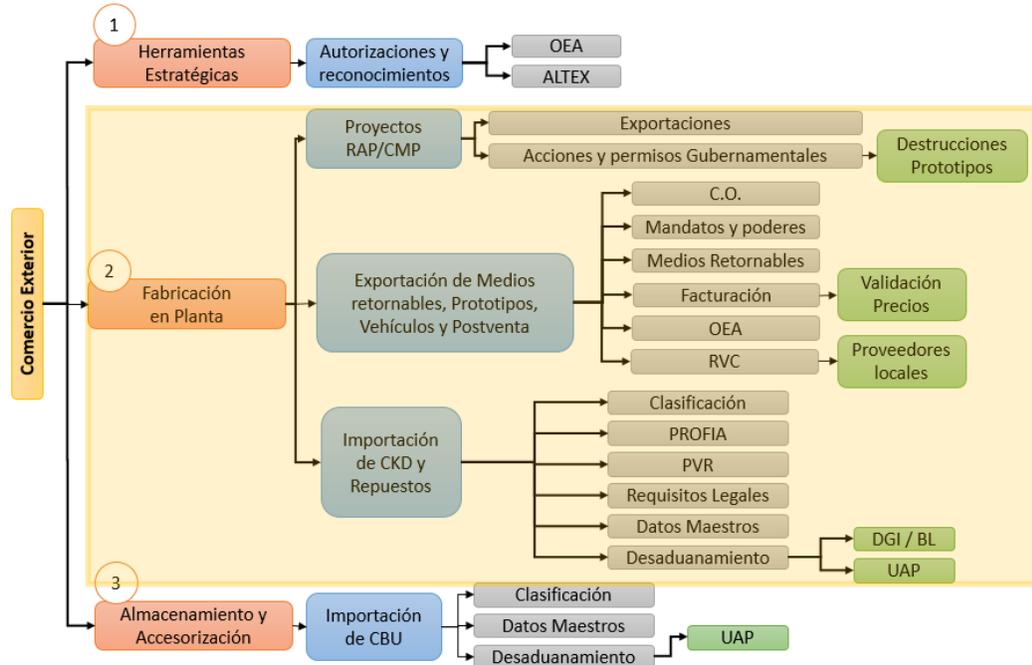
Con este nivel de detalle de las funciones operativas, se procede a jerarquizar los procesos y determinar la actividad que presenta mayor criticidad para el departamento de comercio exterior.

### 4.1.2 Jerarquización de procesos

El desarrollo de la jerarquización de procesos considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.1.2) y la información del análisis del árbol funcional del numeral 4.1.1 de este capítulo. Con el direccionamiento del líder del proceso, la participación del personal experto en el proceso y considerando la prioridad de las actividades principales se define trabajar sobre la “fabricación en planta” del diagrama de árbol funcional (ver ilustración 42). Por lo tanto,

en la ilustración 43 se presenta la selección de la actividad principal sobre el diagrama del árbol funcional.

**Ilustración 43.** Sección de la actividad del diagrama de árbol funcional.



Después, el piloto define las funciones potenciales que acompañan la actividad principal seleccionada, de esta manera en la tabla 35 se describen 5 posibles funciones.

**Tabla 35.** Funciones generales de la actividad seleccionada.

Funciones: Fabricación en Planta	
Ítem	Descripción
1	Documentar información necesaria para la importación de piezas y/o repuestos
2	Documentar información necesaria para la exportación de piezas y/o repuestos
3	Sustentar los bienes para transformación y construcción de un producto
4	Sustentar los bienes para funcionamiento de la planta ante la DIAN
5	Garantizar la validez documental ante la DIAN del producto construido

Luego, las actividades de los niveles 3, 4 y 5 correspondientes a la actividad principal seleccionada se enlistan como lo muestra la tabla 36. Además, a cada actividad se le asigna su función principal para facilitar la clasificación del tipo de función por parte de los expertos en el proceso con base en la tabla 18 del capítulo 3 (numeral 3.1.2), los resultados de esta clasificación se presentan en la tabla 36.

Adicionalmente, los expertos en el proceso definen que función de la tabla 35 se encuentra impactada por cada actividad (Para ver el listado de actividades con sus funciones ver anexo: Jerarquización de procesos).

**Tabla 36.** Resumen de Listado de actividades con sus funciones.

Nivel	Actividad	Función general impactada	Tipo de función
<b>N3</b>	<b>Importación de CKD y/o Repuestos</b>		
N4	PROFIA	1	Esencial
N4	PVR	1	Auxiliar
N4	Requisitos Legales	3	Informática
N4	Clasificación	3	Conexión
N4	Datos Maestros	5	Informática
N4	Desaduanamiento	1	Esencial
N5	DGI / BL	4	Protección
N5	UAP	1	Auxiliar
<b>N3</b>	<b>Exportación de Medios retornables, Prototipos, Vehículos y Postventa</b>		
N4	C.O.	5	Auxiliar
N4	Mandatos y Poderes	3	Informática
N4	Medios Retornables	4	Protección
N4	Facturación	2	Esencial
N5	Validación Precios	3	Auxiliar
N4	OEA	5	Informática
N4	RVC	2	Protección
N5	Proveedores locales	4	Conexión
<b>N3</b>	<b>Proyectos RAP/CMP</b>		
N4	Exportaciones	2	Auxiliar
N4	Acciones y permisos Gubernamentales	5	Esencial
N5	Destrucciones Prototipos	4	Conexión

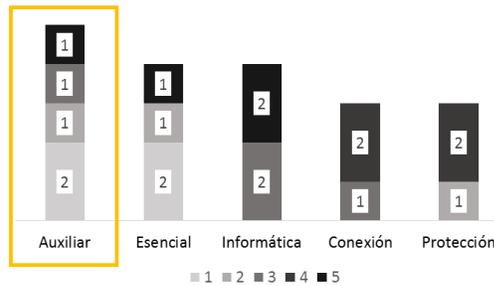
En la tabla 36 la función general impactada es representada por el número de ítem en la tabla 35. De esta forma, para analizar los datos construidos en la tabla 36, se tabula en la tabla 37 la información de tipo de funciones y el número de ítem de las funciones generales de la tabla 35.

**Tabla 37.** Tipo de funciones vs funciones generales impactadas.

Tipo de funciones	Funciones generales					Total por tipo de función
	1	2	3	4	5	
Auxiliar	2	1	1		1	5
Esencial	2	1			1	4
Informática			2		2	4
Conexión			1	2		3
Protección		1		2		3
<b>Total por función general</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>19</b>

Para mayor claridad de la tabla 37 se construye una gráfica de columnas apiladas como lo muestra la ilustración 44, esta gráfica presenta de forma desglosada la información por tipo de función. Siendo el tipo de funciones auxiliar la que presenta mayor criticidad con 5 impactos sobre las funciones generales.

**Ilustración 44.** Histograma por tipo de funciones.



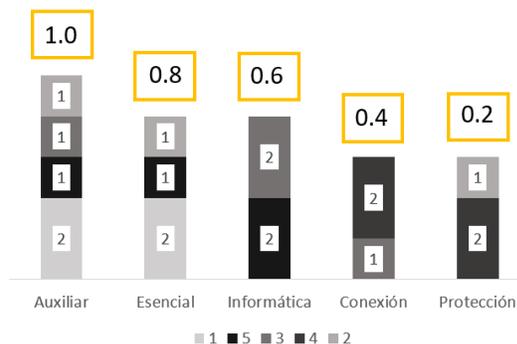
Para calcular el orden jerárquico, se debe regresar a las funciones propuestas en la tabla 35, y agregar la cantidad por cada tipo de función que impacta las funciones propuestas como se observa en la tabla 38.

**Tabla 38.** Clasificación de funciones generales.

Funciones: Fabricación en Planta			
Ítem	# tipo de función afectadas	Descripción	Clasificación
1	Esencial (2) y Auxiliar (2)	4 Documentar información necesaria para la importación de piezas y/o repuestos	Principal
2	Esencial (1), Auxiliar (1) y Protección (1)	3 Documentar información necesaria para la exportación de piezas y/o repuestos	Secundaria
3	Auxiliar (1), Informática (2) y Conexión (1)	4 Sustentar los bienes para transformación y construcción de un producto	Secundaria
4	Conexión (2) y Protección (2)	4 Sustentar los bienes para funcionamiento de la planta ante la DIAN	Secundaria
5	Esencial (1), Auxiliar (1) e Informática (2)	4 Garantizar la validez documental ante la DIAN del producto construido	Secundaria

En este orden de ideas, la función general uno se determina como la principal, ya que cuenta con dos tipos de funciones afectadas cada una con dos actividades, como se presenta igualdad en las que suman cuatro, la función general más relevante será la número uno, ya que el tipo de función que más impacta sobre el proceso es la auxiliar y en este caso la función general uno aporta dos auxiliares. Ahora, para asignar el puntaje para el cálculo jerárquico de cada tipo de función según su posición se considera la información de la tabla 18 del capítulo 3 (numeral 3.1.2) como se observa en la ilustración 45.

**Ilustración 45.** Puntaje según posición del tipo de función.



Por último, para obtener el cálculo ponderado de cada actividad, en la tabla 39 se organiza la información con base en los pasos en números romanos (I, II y III) descritos en el capítulo 3 (numeral 3.1.2). Los resultados del puntaje permiten observar que las actividades del UAP y PVR son prioritarias con un valor equivalente a 2.0.

**Tabla 39.** Matriz de cálculo por cada actividad operativa.

Nivel	Actividad	Valor Función general impactada (A)		Valor Tipo de función (B)		Puntaje (A*B)
<b>N3</b>	<b>Importación de CKD y/o Repuestos</b>				<b>Calificación</b>	<b>9.0</b>
N4	PROFIA	1	2	Esencial	0.8	1.6
N4	PVR	1	2	Auxiliar	1.0	2.0
N4	Requisitos Legales	3	1	Informática	0.6	0.6
N4	Clasificación	3	1	Conexión	0.4	0.4
N4	Datos Maestros	5	1	Informática	0.6	0.6
N4	Desaduanamiento	1	2	Esencial	0.8	1.6
N5	DGI / BL	4	1	Protección	0.2	0.2
N5	UAP	1	2	Auxiliar	1.0	2.0
<b>N3</b>	<b>Exportación de Medios retornables, Prototipos, Vehículos y Postventa</b>				<b>Calificación</b>	<b>4.8</b>
N4	C.O.	5	1	Auxiliar	1.0	1.0
N4	Mandatos y Poderes	3	1	Informática	0.6	0.6
N4	Medios Retornables	4	1	Protección	0.2	0.2
N4	Facturación	2	1	Esencial	0.8	0.8
N5	Validación Precios	3	1	Auxiliar	1.0	1.0
N4	OEA	5	1	Informática	0.6	0.6
N4	RVC	2	1	Protección	0.2	0.2
N5	Proveedores locales	4	1	Conexión	0.4	0.4
<b>N3</b>	<b>Proyectos RAP/CMP</b>				<b>Calificación</b>	<b>2.2</b>
N4	Exportaciones	2	1	Auxiliar	1.0	1.0
N4	Acciones y permisos	5	1	Esencial	0.8	0.8
N5	Destrucciones Prototipos	4	1	Conexión	0.4	0.4

Del diagrama del árbol funcional en la ilustración 43 se puede apreciar que la instancia de afectación por niveles el UAP (N5) se encuentra un nivel inferior al PVR (N4) lo cual significa que no solo se impacta esta actividad, sino que estaría impactando la actividad que le precede en este caso el Desaduanamiento. Por esta razón, se toma como más crítico la actividad operativa del UAP, en la tabla 39 se puede observar los resultados con sus puntajes obtenidos y en la tabla 40 se reestructura en el orden de criticidad más elevado, para evidenciar la actividad operativa con mayor puntaje.

**Tabla 40.** Actividades operativas organizadas según puntaje obtenido.

Nivel	Actividad	Puntaje (A*B)
<b>N3</b>	<b>Importación de CKD y/o Repuestos</b>	<b>9.0</b>
<b>N5</b>	<b>UAP</b>	<b>2.0</b>
N4	PVR	2.0
N4	PROFIA	1.6
N4	Desaduanamiento	1.6
N4	Requisitos Legales	0.6
N4	Datos Maestros	0.6
N4	Clasificación	0.4
N5	DGI / BL	0.2

Finalmente, el cálculo de confiabilidad humana y las acciones propuestas de mejora que se determinen tienen como objetivo principal las actividades operativas del UAP.

## 4.2 Análisis de significancia de los valores

### 4.2.1 Determinación de los factores

Con la información del capítulo 3 (numeral 3.2.1), donde se detallan los factores y las variables que inciden sobre ellos se procede a organizar cada categoría de las variables asignando el valor numérico de 0 o 1 (ver ilustración 46). Esta asignación es necesaria para realizar el cálculo de confiabilidad humana de la metodología propuesta por medio de la regresión logística binaria.

**Ilustración 46.** Variables organizadas como categóricas.

<b>Factores</b>	<b>Entorno</b>	<b>Acondicionamiento</b>	<b>Ergonomía</b>	Con problema	1	
				Sin problema	0	
				<b>Seguridad Laboral</b>	Con riesgo	1
					Sin riesgo	0
			<b>Condiciones</b>	<b>Actividades</b>	Repetitivas	1
					Analíticas	0
		<b>Hombre</b>	<b>Físicas</b>	<b>Cualidades físicas</b>	Edad > 35 años	1
					Edad ≤ 35 años	0
				<b>Biotipo</b>	Hombre	1
					Mujer	0
			<b>Psíquica del individuo</b>	<b>Percepciones</b>	Emocionalmente estable	1
						Emocionalmente inestable
			<b>Comportamientos</b>	Extrovertido	1	
					Introverso	0
		<b>Maquina</b>	<b>Estándares</b>	<b>Sistema</b>	Con variación	1
						Sin variación
				<b>Resultado</b>	Con error	1
					Sin error	0

En la ilustración 46 se puede observar la clasificación de cada variable con su correspondiente valor de 0 y 1. Además, se incluye la variable respuesta (resultado).

### 4.2.2 Validación significancia de las variables

Con base en la información del capítulo 3 (numeral 3.2.2) se comienza por tabular los datos (ver tabla 41) correspondientes a las observaciones realizadas sobre la actividad operativa del UAP en función de la variable resultado, cuando el valor que se obtiene es igual a 1 significa que la actividad presenta falla o error y en caso de que el valor sea igual a 0 significa que el resultado no presenta error.

**Tabla 41.** Total de datos tabulados.

Variable respuesta	Categoría	Observaciones
Con error	1	2925
Sin error	0	85304
Total:		88229

En total son diez variables categóricas, de las cuales para validar su significancia en primer lugar no se consideran las variables que corresponden a acondicionamiento, ya que la ergonomía y la seguridad laboral presentan el mismo valor para todas las operaciones de uno (1) y cero (0) respectivamente, por lo tanto, no presenta un impacto significativo sobre la variable respuesta.

Por medio de la prueba t de dos muestras, cada variable discreta se cruza contra la variable respuesta y CI para conocer su significancia. A continuación, se realiza la prueba t donde como resultado se observa la variable Sistema como no significativa, por esta razón, se debe retirar esta variable del modelo y se realiza nuevamente la prueba t para validar la significancia de las variables restantes. En caso de que se tenga otra variable que se considere no significativa se debe retirar la variable y realizar nuevamente la prueba t, por otro lado, si las variables analizadas se consideran significativas por medio de la prueba t se procede con la validación de significancia por medio del método Stepwise. En este orden de ideas, las variables que no se consideran significativas por la prueba t y el método Stepwise se observa en la tabla 42.

**Tabla 42.** Resumen significancia de las variables.

Variable		T Value	Media de las variables	Significancia				
Actividades	Repetitivas	1	11.75	Variables significativas para implementar regresión lineal binaria.				
	Analíticas	0			0.995			
Cualidades físicas	Edad > 35 años	1	5.19		0.947			
	Edad ≤ 35 años	0			0.245			
Percepciones	E. Estable	1	20.55		0.206			
	E. inestable	0			0.760			
Influenciable (Seguidor)	E. Laboral > 4 años	1	13.98		0.569			
	E. Laboral ≤ 4 años	0			0.249			
Biotipo	Hombre	1	4.13		No se tiene en cuenta por método Stepwise.			
	Mujer	0				0.153		
Comportamientos	Extrovertido	1	11.55	Se rechaza por valor T.				
	Introvertido	0				0.249		
Influencia (Referente)	F. Profesional	1	15.47			No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.		
	F. Tecnología	0					0.153	
Sistema	Con variación	1	Se rechaza por valor T.				No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.	
	Sin variación	0						0.153
Ergonomía	Con problema	1	No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.					No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.
	Sin problema	0						
Seguridad Laboral	Con riesgo	1	No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.		No es significativa por tener el mismo valor durante todas las muestras.			
	Sin riesgo	0						

Por otro lado, como se observa en la tabla 42 al analizar la diferencia estadística de las medias de cada variable categórica se determina que el modelo puede discriminar de forma adecuada las categorías de las variables. Es decir, el modelo predice de forma adecuada la ocurrencia de un evento con respecto a otro [81]. Con la aplicación de la regresión logística binaria complementada con el método Stepwise, las variables seleccionadas para

continuar con base en la significancia corresponden a la actividad, cualidades físicas, percepciones e influenciante (seguidor).

### 4.3 Cálculo de la confiabilidad humana

Con base en la información del capítulo 3 (numeral 3.3) y con las variables significativas identificadas se procede con la aplicación de la regresión logística binaria que entrega como la función logística presentada en la ecuación (4.1) y para las predicciones del modelo presentado en la ecuación (4.2).

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{-Y'}} = \frac{e^{Y'}}{1 + e^{Y'}} \quad (4.1)$$

$$Y' = -0.846 - 1.689 \text{ Actividades}_1 - 1.066 \text{ Percepciones}_1 + 0.136 \text{ Cualidades físicas}_1 - 0.917 \text{ Influenciante (Seguidor)}_1 \quad (4.2)$$

La ecuación (4.2) se utiliza para predecir las probabilidades de error para cada combinación posible que ofrece el modelo basado en las variables actividad, cualidades físicas, percepciones e influenciante (seguidor). De esta manera, en la tabla 43, los valores para las covariables y la predicción del modelo.

En la columna perfiles % HRA, se presenta el resultado de probabilidad de error para cada una de las combinaciones que se determinan como perfil. Por otro lado, en la columna proporción de personas se presenta la participación del personal operativo sobre el UAP en porcentaje por cada perfil definido, esta proporción se calcula con la ecuación (4.3).

$$\% \text{ Proporción del personal} = \frac{\# \text{ de personas según perfil}}{\# \text{ total de personas de la operación del UAP}} \quad (4.3)$$

**Tabla 43.** Matriz % HRA sobre el UAP. Elaboración propia.

Entorno		Hombre					% HRA	8.1%	
Condiciones		Físicas	Psíquica individuo	Social					
Actividades		Cualidades físicas	Percepciones	Influenciante (Seguidor)		Perfiles % HRA	Proporción personas		
#	Descripción	#	Descripción	#	Descripción	#	Descripción		
0	Analíticas	1	Edad > 35 años	0	E. Inestable	0	E. Laboral ≤ 4 años	32.9%	0%
0	Analíticas	0	Edad ≤ 35 años	0	E. Inestable	0	E. Laboral ≤ 4 años	30.0%	10%
0	Analíticas	1	Edad > 35 años	0	E. Inestable	1	E. Laboral > 4 años	16.4%	0%
0	Analíticas	0	Edad ≤ 35 años	0	E. Inestable	1	E. Laboral > 4 años	14.6%	10%
0	Analíticas	1	Edad > 35 años	1	E. Estable	0	E. Laboral ≤ 4 años	14.5%	0%
0	Analíticas	0	Edad ≤ 35 años	1	E. Estable	0	E. Laboral ≤ 4 años	12.9%	0%
1	Repetitivas	1	Edad > 35 años	0	E. Inestable	0	E. Laboral ≤ 4 años	8.3%	10%
1	Repetitivas	0	Edad ≤ 35 años	0	E. Inestable	0	E. Laboral ≤ 4 años	7.3%	20%
0	Analíticas	1	Edad > 35 años	1	E. Estable	1	E. Laboral > 4 años	6.3%	0%
0	Analíticas	0	Edad ≤ 35 años	1	E. Estable	1	E. Laboral > 4 años	5.6%	0%
1	Repetitivas	1	Edad > 35 años	0	E. Inestable	1	E. Laboral > 4 años	3.5%	10%
1	Repetitivas	0	Edad ≤ 35 años	0	E. Inestable	1	E. Laboral > 4 años	3.1%	10%
1	Repetitivas	1	Edad > 35 años	1	E. Estable	0	E. Laboral ≤ 4 años	3.0%	10%
1	Repetitivas	0	Edad ≤ 35 años	1	E. Estable	0	E. Laboral ≤ 4 años	2.7%	10%
1	Repetitivas	1	Edad > 35 años	1	E. Estable	1	E. Laboral > 4 años	1.2%	0%
1	Repetitivas	0	Edad ≤ 35 años	1	E. Estable	1	E. Laboral > 4 años	1.1%	10%

Como resultado de la confiabilidad humana se tendrá una confiabilidad del 92% del personal en conjunto sobre la operación del UAP y se tendrá un margen de probabilidad de error o falla del 8%.

Posteriormente, se analiza la precisión del modelo para predecir si el proceso: operación del UAP, dadas las covariables, es aceptado (0) o es rechazo (1). En la tabla 44 se presenta la tabla de contingencia resultado del modelo.

**Tabla 44.** Contingencia resultado del modelo.

Clasificación del proceso (UAP)	Clasificación del modelo	
	0	1
0	75176 97.48%	983 8.85%
1	1942 2.52%	10128 91.15%
Total	77118 100.00%	11111 100.00%

Como se puede observar se cuenta con una confiabilidad (0,0) en la predicción de la regresión del 97.48%, este porcentaje representa que no existe error en el proceso ni en la predicción. Adicionalmente, el falso positivo se presenta cuando el modelo predice que el proceso es rechazado (1), pero realmente es aceptado (0). Para el modelo propuesto este porcentaje es 8.85%. En este caso, este error de clasificación es el que representa menor severidad en el proceso dado que no existe riesgo de sanción. Por otro lado, para el modelo propuesto el error de clasificación equivalente al 2.52% representa una mayor severidad sobre el proceso, ya que se puede presentar una sanción.

En este orden de ideas, cuando se analizan los falsos positivos se puede observar que la covariable correspondiente a las cualidades físicas tiende a generar errores sobre la predicción de clasificación. Esto ocurre cuando las condiciones de clasificación presentan un escenario donde las covariantes de actividades, percepciones e influenciado (seguidor) se encuentran en la categoría 0; ya que sin importar el valor que presenta la covariante cualidades físicas se tendrá un resultado de probabilidad de falla alto. Esto se puede apreciar en la tabla 46 donde los resultados de probabilidad de fallas más elevados corresponden al escenario descrito. En los casos donde la covariante cualidades físicas presenta un valor de 1 la probabilidad de falla es 32.9% y cuando es 0 la probabilidad de falla es 30.0%. De esta manera, la diferencia entre ambos casos es solo del 2.9%, comparado con los otros resultados de clasificación donde la diferencia es mínima de hasta 13.6%. Por lo tanto, bajo este escenario es posible encontrar que la predicción de clasificación genere falsos positivos.

Para los valores individuales en la tabla 43 se encuentran resaltados en color gris oscuro, y se puede observar que según la combinación del modelo de regresión logística se tienen diferentes proporciones con base en los perfiles del personal que participa en el UAP. Los

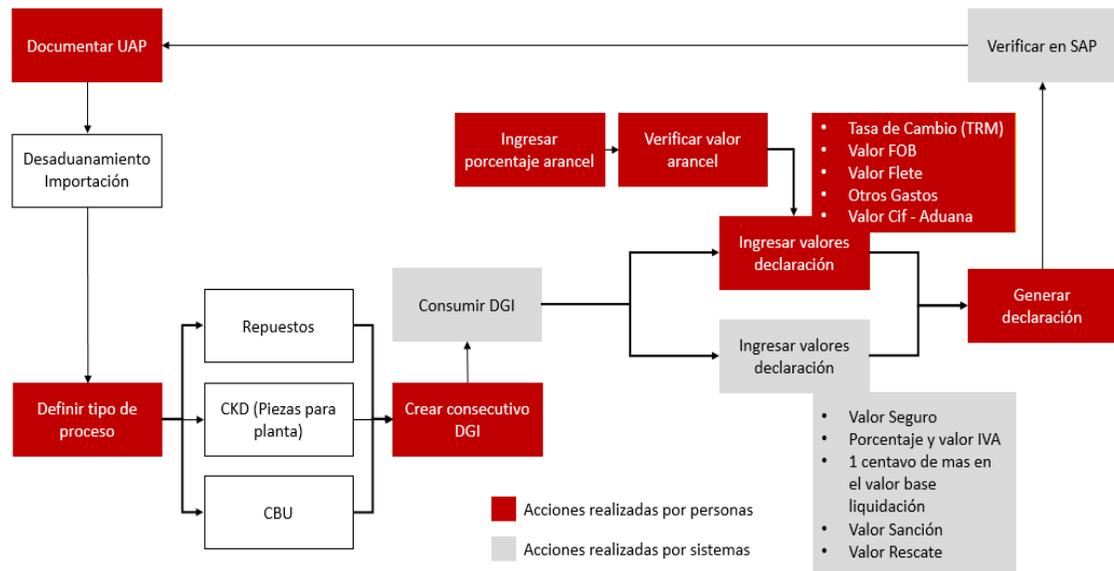
valores más elevados se encuentran en un 15% y un 30%, y los más bajos radican en 3.5% llegando incluso al 1%.

Finalmente, se puede concluir que la regresión logística es un modelo adecuado para el proceso del UAP. Con estos valores de los porcentajes se puede afirmar que el modelo predice de forma adecuada, aunque puede presentar alguna desviación de este resultado.

## 4.4 Cálculo de la confiabilidad humana por SHARP

Para el desarrollo de la metodología de SHARP se utiliza la información del capítulo 3 (numeral 3.4). Por otro lado, es necesario estructurar por medio de un diagrama de flujo las acciones que integran la actividad operativa del UAP, ya que esta información se utiliza para la aplicación de la metodología. En la ilustración 47 se presenta el funcionamiento de las acciones.

**Ilustración 47.** Funcionamiento del UAP.



Con la información de la ilustración 47, se enlistan las acciones y se catalogan como importantes según el impacto que presentan para la actividad operativa del UAP. Después, las acciones considerables se clasifican según el tipo como se muestra en la tabla 45.

**Tabla 45.** Clasificación acciones SHARP.

Acciones	Importante / considerable	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Definir tipo de proceso	NO	-	-	-	-	-
Crear consecutivo DGI	NO	-	-	-	-	-
Ingresar valores declaración y porcentaje arancel	SI	SI	-	-	-	-
Generar declaración	NO	-	-	-	-	-

Para determinar si la acción seleccionada continúa siendo relevante, se analiza la valoración cualitativa y cuantitativamente con un cálculo aproximado de probabilidad de falla establecido en la ecuación (3.2) del capítulo 3 (numeral 3.4).

De esta manera, cualitativamente como se observa en la tabla 45 la acción corresponde a ingresar los valores de las declaraciones y porcentaje arancel y cuantitativamente por medio de la ecuación (3.2) del capítulo 3 (numeral 3.4) la acción de ingresar valores declaración y porcentaje de arancel obtiene un valor igual a 1.2%, superando el 1% exigido. Por lo tanto, la acción es válida para continuar con el análisis.

En la tabla 46 se construye con información de la teoría de SHARP sobre la clasificación de las acciones humanas [36], y como conclusión del análisis cuantitativo, se puede observar que el personal al realizar la acción de ingresar valores de declaración y porcentaje arancel presenta gran facilidad de cometer una falla o error, ya que de los 23 criterios revisados se cuenta con 14 clasificados con denominación alta según tabla 21 del capítulo 3 (numeral 3.4), es decir la acción cuenta con un 61% de criterios que detonan una falla.

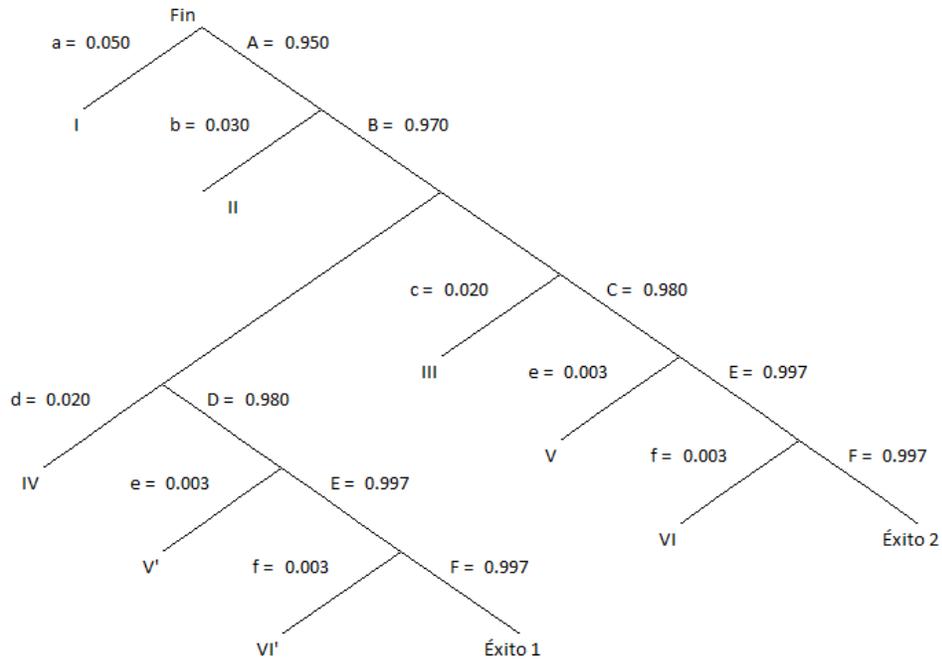
**Tabla 46.** Análisis cualitativo de acciones humanas. Adaptado de [36].

Acción: Ingresar valores declaración y porcentaje arancel		
Contexto	Clasificación acción humana	
Características de la tarea a realizar	Conocimiento requerido	Red
	Complejidad	Amarillo
	Calidad de la interfase hombre - máquina	Red
	Calidad necesaria del procedimiento a seguir	Red
	Disponibilidad / inmediatez de tiempo para la acción	Red
	Asignación a personal idóneo	Amarillo
	Sin señalizaciones de alarma	Amarillo
	Falencias en los medios de comunicación	Verde
Características individuales	Nivel de entrenamiento del operador a la acción específica	Red
	Experiencia en la situación específica que se evalúa	Red
Características ambientales	Gradiente de distorsión ambiental*	Red
	Frecuencia de distracciones	Red
	Interrupciones	Red
	Personal interfiriendo	Verde
	Ambiente físico*	Red
	Calor	Amarillo
	Ruido	Red
Vibración	Grigio	
Factores Psicosociales -técnicos	Falencias en la organización de los turnos	Amarillo
	Falencias en el clima organizacional	Red
Factores de recuperación	Facilidad en el uso de los medios para la posible recuperación	Amarillo
	Falencia en la disponibilidad de tiempo para la posible recuperación	Red
Consecuencia de los errores	Fallo	Red

\*La clasificación de estas acciones se determina con base en las pautas que la acompañan para gradientes de distorsión ambiental: Frecuencia de distracciones, interrupciones y personal interfiriendo. En el caso del ambiente físico: Calor, ruido y vibración.

En cuanto a la representación, según la teoría de la metodología SHARP para las acciones humanas tipo 1, se recomienda utilizar el diagrama de fallas de la metodología THERP. Por lo tanto, en la ilustración 48 se presenta la representación con los valores asignados de falla o error según la teoría de SHARP, pero los valores corresponden a la tabla 20 descrita en el capítulo 3 (numeral 3.4) [36].

**Ilustración 48.** Representación SHARP.



Para el caculo de la representación de la ilustración 48, en la tabla 47 se denotan con letras mayúsculas los éxitos y en minúsculas las fallas de las actividades previas para la ejecución de la acción ingresar valores declaración y porcentaje arancel.

**Tabla 47.** Actividades previas.

Ítem	Actividad	Éxito	Falla
I	Ingresar valores declaración y porcentaje arancel	A	a
II	Revisar el arancel a implementar	B	b
III	No se registra consumo de DGI	C	c
IV	Se registra consumo de DGI	D	d
V – V'	Verificar consumo de DGI	E	e
VI – VI'	Verificar tipo de proceso	F	f

En la tabla 48 se presentan dos resultados, ya que la representación de la ilustración 48 cuenta con dos eventos de éxito en paralelo.

**Tabla 48.** Valores del % HRA - SHARP.

Siglas	Calculos		% HRA
I	0.050	0.10	10%
II	0.029		
IV	0.018		
V'	0.003		
VI'	0.003		
Éxito 1	0.898	0.90	90%
Representación por letras			
I	=a	=a + A*b + A*B*d + A*B*D*e + A*B*D*E*f	
II	=A*b		
IV	=A*B*d		
V'	=A*B*D*e		
VI'	=A*B*D*E*f		
Éxito 1	=A*B*D*E*F		

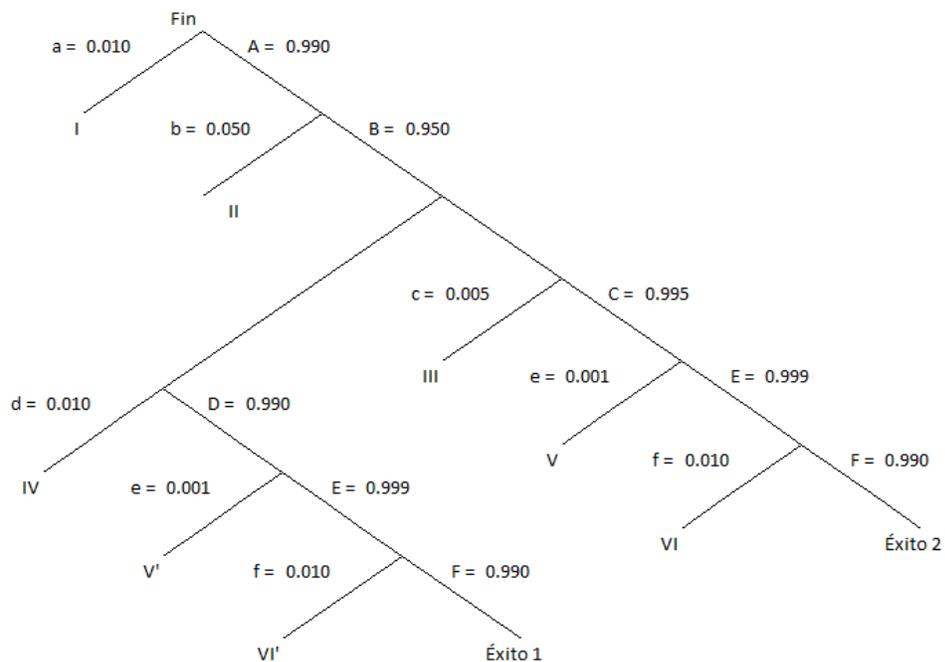
Siglas	Calculos		% HRA
I	0.050	0.10	10%
II	0.029		
III	0.018		
V	0.003		
VI	0.003		
Éxito 2	0.898	0.90	90%
Representación por letras			
I	=a	=a + A*b + A*B*c + A*B*C*e + A*B*C*E*f	
II	=A*b		
III	=A*B*c		
V	=A*B*C*e		
VI	=A*B*C*E*f		
Éxito 2	=A*B*C*E*F		

Por lo tanto, la probabilidad de falla en el éxito 1 es igual al 10% y el valor de confiabilidad del HRA equivale al 90%. La probabilidad de falla en el éxito 2 es igual al 10% y el valor de confiabilidad del HRA equivale al 90%. Por último, la representación de la ilustración 48 no presenta ninguna afectación adicional sobre otras acciones de la actividad operativa del UAP.

## 4.5 Cálculo de la confiabilidad humana por THERP

Para el desarrollo de la metodología de THERP se utiliza la información del capítulo 3 (numeral 3.5). Además, se considera la información de la ilustración 47 y la tabla 47 del numeral 4.4 de este capítulo. Pero los valores en la representación 49 para la metodología THERP se extraen de la tabla 22 del capítulo 3 (numeral 3.5) [29, 34].

**Ilustración 49.** Representación THERP.



En la tabla 49 se presentan dos resultados, ya que la representación de la ilustración 49 cuenta con dos eventos de éxito en paralelo.

**Tabla 49.** Valores del % HRA - THERP.

Siglas	Calculos		% HRA
I	0.010	0.08	8%
II	0.050		
IV	0.009		
V'	0.001		
VI'	0.009		
Éxito 1	0.921	0.92	92%
Representación por letras			
I	=a	=a + A*b + A*B*d + A*B*D*e + A*B*D*E*f	
II	=A*b		
IV	=A*B*d		
V'	=A*B*D*e		
VI'	=A*B*D*E*f		
Éxito 1	=A*B*D*E*F	=A*B*D*E*F	

Siglas	Calculos		% HRA
I	0.010	0.07	7%
II	0.050		
III	0.005		
V	0.001		
VI	0.009		
Éxito 2	0.926	0.93	93%
Representación por letras			
I	=a	=a + A*b + A*B*c + A*B*C*e + A*B*C*E*f	
II	=A*b		
III	=A*B*c		
V	=A*B*C*e		
VI	=A*B*C*E*f		
Éxito 2	=A*B*C*E*F	=A*B*C*E*F	

Por lo tanto, la probabilidad de falla en el éxito 1 es igual al 8% y el valor de confiabilidad del HRA equivale al 92%. La probabilidad de falla en el éxito 2 es igual al 7% y el valor de confiabilidad del HRA equivale al 93%.

## 4.6 Cálculo de la confiabilidad humana por OAT

Para el desarrollo de la metodología de OAT se utiliza la información del capítulo 3 (numeral 3.6). Además, se considera la información de la ilustración 47 del numeral 4.4 de este capítulo y las actividades posteriores a la acción ingresar valores declaración y porcentaje arancel que se presentan en la tabla 50, donde se denotan con letras mayúsculas los éxitos y en minúsculas las fallas.

**Tabla 50.** Actividades posteriores.

Ítem	Actividad	Éxito	Falla
1	Ingresar valores arancel	A	a
2	Ingresar valores declaraciones	B	b
3	Generar declaración	C	c
4	Documentar UAP	D	d

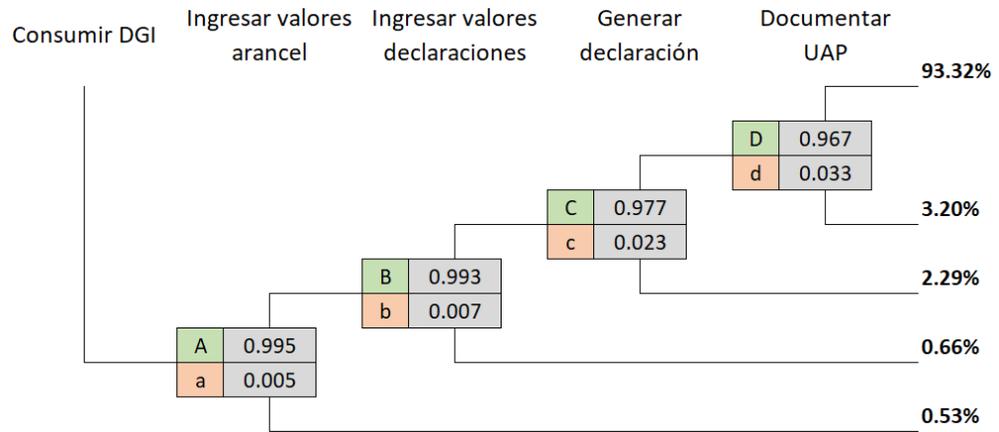
Con las actividades posteriores definidas en la tabla 51 se observa la probabilidad de falla o error de cada una de ellas.

**Tabla 51.** Probabilidad de falla actividades OAT.

Actividad	Probabilidad
Documentar UAP	3.3%
Generar declaración	2.3%
Ingresar valores declaraciones	0.7%
Ingresar valores arancel	0.5%

De esta manera, con la información de las tablas 50 y 51, se construye la representación de la metodología como lo muestra la ilustración 50 [30, 35].

**Ilustración 50.** Representación OAT.



En la tabla 52 se observa el resultado de la aplicación de la metodología donde la probabilidad de falla es igual al 7% y el valor de confiabilidad del HRA equivale al 93%.

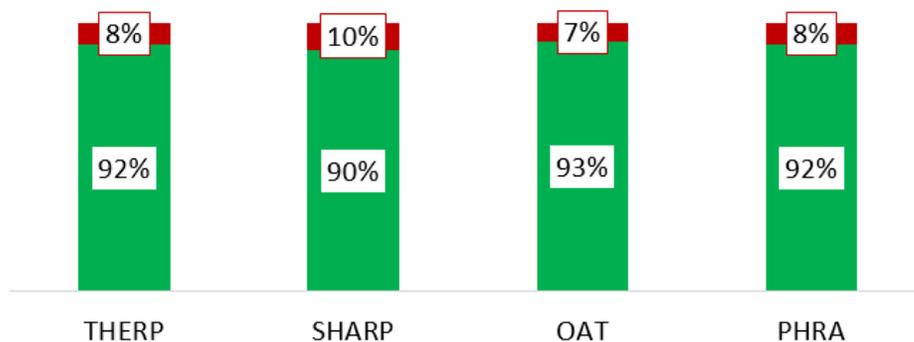
**Tabla 52.** Valores del % HRA - OAT. Elaboración propia.

	% HRA
Falla	7%
Éxito	93%

## 4.7 Evaluación de la metodología propuesta

Para la evaluación del método propuesto y comparar los resultados obtenidos, se toman los valores de confiabilidad y falla de cada metodología utilizada para el cálculo de confiabilidad humana (ver ilustración 51). También, para la comparación entre las metodologías se toma la información del capítulo 3 (numeral 3.7), donde se tienen en cuenta puntos como el alcance, el enfoque y los tipos de valores que ofrece cada metodología. Por otro lado, se evidencia la posibilidad de uso que presenta la metodología para analizar riesgos y la posibilidad de calcular el % HRA de forma predictiva (pre – accidente) o como medio para estimar la probabilidad de falla que presenta un proceso (pos – accidente).

**Ilustración 51.** Comparación de metodologías evaluadas para % HRA.



<b>% HRA:</b>	<b>Confianza + Falla</b>	<b>Confianza + Falla</b>	<b>Confianza + Falla</b>	<b>Confianza + Falla</b>
<b>Técnica:</b>	<b>THERP</b>	<b>SHARP</b>	<b>OAT</b>	<b>PHRA</b>
<b>Alcance:</b>	Operación	Operación	Operación	Características
<b>Enfoque:</b>	Persona	Persona	Persona	Sistema
<b>Valores:</b>	Predeterminados	Predeterminados	Medidos	Medidos
<b>Análisis de riesgos:</b>	✓	✓	-	✓
<b>Pre - accidente:</b>	✓	✓	-	✓
<b>Pos - accidente:</b>	-	-	✓	✓

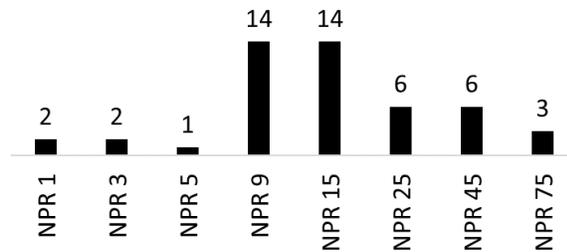
En la ilustración 51 se aprecian las diferencias de los porcentajes del HRA calculados y se puede concluir que la metodología propuesta es correcta para predecir la confiabilidad humana, ya que los resultados de las cuatro metodologías tienden a presentar valores similares con rangos de falla entre 7% y 10%.

## 4.8 Análisis de confiabilidad y riesgo

### 4.8.1 Aplicación del PFMEA

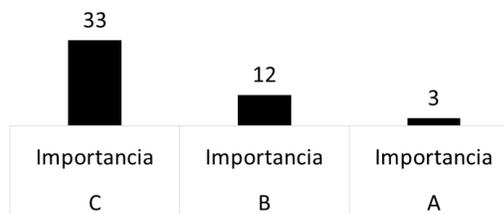
Con base en la información del capítulo 3 (numeral 3.8.1) y en compañía de diversas fuentes al interior del departamento se construye el PFMEA sobre el UAP, donde se detecta las causas potenciales de las fallas que el proceso presenta y en todos los casos se registran acciones temporales para mitigar el impacto de estos problemas. Pero adicionalmente, a cada detonante de falla registrado se le asignó una medida final de erradicación o de control por medio de las herramientas y técnicas de gestión sobre el personal (para ver el PFMEA completo ver anexo: Aplicación del PFMEA). En la ilustración 52 se presenta un resumen de los estatus del NPR para las 48 causas de fallas detectadas.

**Ilustración 52.** Resumen del estatus del NPR del PFMEA.



Con la información suministrada por el PFMEA se procede a diligenciar el 5W2H (para ver el 5W2H completo ver anexo: Aplicación del PFMEA) y de esta manera realizar una trazabilidad sobre las acciones que permitan controlar y mitigar las causas de fallas detectadas. En la ilustración 53 se presenta el resumen del estatus de importancia.

**Ilustración 53.** Resumen del estatus de importancia en el 5W2H.



Según la información suministrada por los 5W2H y la criticidad que evalúa el PFMEA el orden de aplicación y desarrollo de las herramientas y técnicas sobre las actividades operativas del UAP se define por: Nivel de importancia más alto, valor del NPR más crítico y la cantidad de modos de falla detectados. Por lo tanto, la primera es OPT con importancia A, con NPR de 75 y 28 modos de falla detectados, la segunda es 5S con importancia A, con NPR de 75 y 8 modos de falla detectados, la tercera es capacitación con importancia B, con NPR de 45 y 11 modos de falla detectados. Por último, la cuarta corresponde a ergonomía con importancia B, con NPR de 45 y 1 modo de falla detectados. Como complemento del análisis de confiabilidad se procede con el PHA

#### 4.8.2 Aplicación del PHA

El desarrollo del PHA considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.8.2) y para la construcción se consulta con los jefes del proceso sobre los riesgos que desde su conocimiento podrían ocurrir sobre el UAP, la dinámica de la operación y los detonantes de falla desde la perspectiva e información del personal operativo. También, se utiliza los niveles de riesgo expuestos en la tabla 26 del capítulo 3 (numeral 3.8.2).

En la tabla 53 se presenta el PHA construido (para ver el detalle del PHA ver anexo: Aplicación del PHA).

**Tabla 53.** Resumen de PHA.

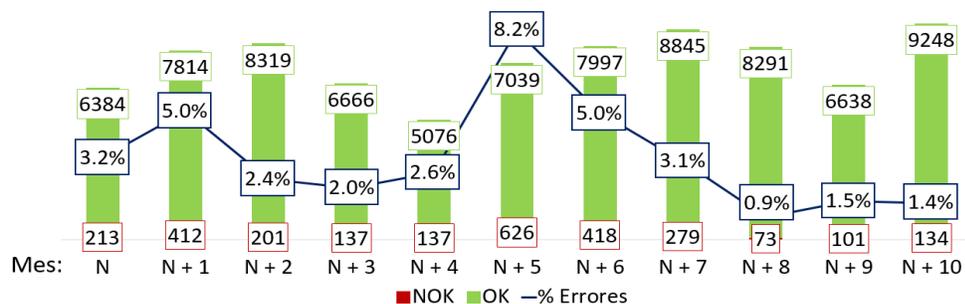
Item	Riesgo: Accidente Potencial	Accidente Categoría Severidad	Medidas Correctivas
1	Actividad Operativa: <b>Sobrecarga.</b>	12	Analizar carga laboral por cada persona para asignación de actividades operativas. <b>(OPT).</b>
2	Análisis actividad operativa: <b>Incongruente.</b>	16	Asignar las actividades operativas según la capacidad cognitiva del personal a partir de su formación profesional. <b>(Capacidad cognitiva).</b>
3	Personal nuevo: <b>Desconocimiento.</b>	8	Crear perfiles laborales para los cargos operativos según funciones laborales. <b>(Capacidad cognitiva).</b>
4	Personal nuevo: <b>Fallas.</b>	15	Crear plan de formación sobre personal nuevo, antes de comenzar labores operativas. <b>(Capacitación).</b>
5	Competencias del personal: <b>Baja polivalencia.</b>	10	Riesgo controlado por medio de las formaciones entre las funciones del personal. <b>(Polivalencia).</b>
6	Estándar operaciones: <b>Irrespeto.</b>	4	Establecer prioridad en el plan de OPT sobre los puestos con mayor porcentaje de error o falla. <b>(OPT).</b>
7	Estándar operaciones: <b>Inexistente.</b>	25	Crear estándares laborales de los puestos o cargos que lo requieran. <b>(OPT).</b>
8	Desviaciones en Actividades operativas: <b>Sin causas.</b>	10	Agregar en OPT herramientas de ACR para mitigar desviaciones. Ejemplo: análisis porque. <b>(OPT).</b>
9	Objetivos: <b>No alcanzados.</b>	20	Aumentar la confiabilidad del proceso del UAP. <b>(OPT).</b>
10	Estructura jerárquica: <b>Ineficiente.</b>	20	Asignar al personal idóneo para los cargos según sus requerimientos. <b>(Capacidad cognitiva).</b>

Considerando los resultados obtenidos por el PHA se refuerza el uso de las herramientas y técnicas de OPT y capacitación. Pero se incluyen según la criticidad más elevada de la categoría de severidad la capacidad cognitiva con un valor de 20 y polivalencia con un valor de 10.

## 4.9 Aplicación de mejoras sobre el proceso

La actividad denominada como más crítica en la jerarquización de procesos (UAP) presentaba un porcentaje de error del proceso de hasta 8%, con la aplicación de las herramientas y técnicas se genera una variación importante sobre la confiabilidad del proceso llevándolo de un 92% a un 98%. En la ilustración 54, se presenta la cantidad de operaciones realizadas en la actividad operativa del UAP con su respectivo seguimiento y evolución del porcentaje de error del proceso. En los meses de N hasta N + 5 presentan un aumento en la probabilidad de error siendo la etapa donde se realizaron las observaciones y análisis de riesgo necesarios, pero a partir del mes N + 6 se evidencia una mejora significativa por la aplicación de las mejoras y el aumento del % HRA.

**Ilustración 54.** Evolución del porcentaje de error del UAP.



De esta manera, en la tabla 54 se puede apreciar el balance de estado inicial y final de las acciones aplicados sobre el proceso. Por otro lado, es importante asignar un responsable al interior del proceso que se encargue de su seguimiento y de plantear estrategias que ayuden a su mejora continua.

**Tabla 54.** Balance aplicación de herramientas y técnicas.

Ítem	Herramienta / Técnica	Und	Valor inicial	Valor final	Para detalles de aplicación	Responsable gestión	Riesgo	
							PFMEA	PHA
I	OPT	%	0%	100%	Ver Anexo: Aplicación de OPT	MYP	✓	✓
II	5S	%	22%	89%	Ver Anexo: Aplicación de 5S	MYP	✓	
III	Capacitación	%	0%	85%	Ver Anexo: Capacitación	Piloto de formación	✓	✓
IV	Ergonomía	%	50%	98%	Ver Anexo: Análisis de ergonomía	MYP	✓	
V	Polivalencia	%	0%	80%	Ver Anexo: Análisis de polivalencia	MYP		✓
VI	Capacidad cognitiva	%	Sin análisis	60% del personal reubicado	Ver Anexo: Análisis de capacidad cognitiva	MYP		✓

Como se puede observar en la tabla 54, las herramientas se desarrollan con base en el orden entregado por los análisis de confiabilidad del PFMEA y el PHA. Además, se registra el origen de aplicación de las herramientas según la metodología de análisis de confiabilidad y riesgo para la trazabilidad de los problemas que se buscan controlar o mitigar.

## 4.10 Determinación de indicadores para control de la operación

Los indicadores (KPI) que como objetivo principal tienen el seguimiento, control, desarrollo y mejora de la performance de cada unidad de trabajo y el proceso en general. Y que además, se encuentran asociados a la confiabilidad humana por medio de la calidad y los costos de la operación corresponden a % HRA y \$ Presupuesto de la operación. De esta manera, el objetivo KPI 1 – % HRA descrito en la ecuación (4.4) impacta la calidad del proceso con base en los resultados obtenidos por la metodología que se utilice para calcular la confiabilidad humana.

$$\% HRA = \text{Cálculo de confiabilidad humana por medio de PHRA} \quad (4.4)$$

Por otro lado, en el objetivo KPI 2 – \$ Costos operación descrito en la ecuación (4.5) es necesario evitar que los imprevistos aumenten el valor de la operación para que sea rentable.

$$\$ \text{ Costos operación} = \$ \text{ Costos funcionamiento} + \$ \text{ Imprevistos} \quad (4.5)$$

La ecuación (4.5) se compone de la ecuación (4.6), donde los imprevistos de la operación corresponden a las horas extras (HoE), el personal adicional (PA) para reprocesos o demoras de las actividades operativas y los riesgos relacionados con las posibles sanciones (Riesgo de sanción) de la ecuación (4.7).

$$\$ \text{ Imprevistos} = \$ \text{ HoE} + \$ \text{ PA} + \$ \text{ Riesgo de sanción} \quad (4.6)$$

La ecuación (4.7) relaciona las sanciones por errores en la operación con el resultado de la confiabilidad humana.

$$\$ \text{ Riesgo de sanción} = \% \text{ HRA} \times \$ \text{ Sanción por errores en la operación} \quad (4.7)$$

En la tabla 55 se puede observar la información entregada por el seguimiento y control de cada KPI sobre la calidad y los costos de la operación del UAP. La mejora de cada indicador se presente en una reducción porcentual sobre el valor inicial registrado, es decir el valor inicial del KPI se presenta como  $X_n + \text{inicial}$ , el valor final se presenta como  $X_n + \text{final}$  y la reducción alcanzada sobre el valor final se presenta en porcentaje.

**Tabla 55.** Seguimiento KPI en la operación del UAP.

KPI Control	Ecuación	Impacto	Valor Inicio	Valor Final	Reducción
% HRA	Cálculo de confiabilidad humana por medio de PHRA	(4.4) Q Calidad	$X_{1i}\%$	$X_{1f}\%$	25%
\$ Riesgo de sanción	% HRA x \$ Sanción por errores en la operación	(4.7) \$ Costos	$\$X_{2i}$	$\$X_{2f}$	24%
\$ Imprevistos	\$ HoE + \$ PA + \$ Riesgo de sanción	(4.6) \$ Costos	$\$X_{3i}$	$\$X_{3f}$	65%
\$ Costos operación	\$ Costos funcionamiento + \$ Imprevistos	(4.5) \$ Costos	$\$X_{4i}$	$\$X_{4f}$	12%

Como se puede apreciar en la tabla 55, realizar y aplicar acciones sobre la confiabilidad de las personas por medio de: las capacitaciones, el desarrollo de competencias, las retroalimentaciones, el constante seguimiento y el control de las operaciones ejecutadas; permite generar ahorros considerables sobre el costo final de la operación.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se propuso una metodología que permite gestionar y estandarizar los procesos ejecutados de forma manual, con la finalidad de aumentar sus condiciones productivas en el contexto laboral administrativo y operativo. Para lograrlo, se utilizaron metodologías de análisis de confiabilidad y riesgo que permitieron detectar e identificar las fallas y circunstancias de mayor impacto sobre la operación. Adicionalmente, se desarrollaron técnicas y herramientas orientadas a mejorar el entorno laboral, los parámetros de funcionamiento de los sistemas y el desempeño del factor humano. En general la gestión y funcionamiento del proceso se impactó positivamente en cuanto a su productividad, esto se observa en los valores finales de los indicadores.

La metodología propuesta se diferencia de las metodologías convencionales principalmente porque la confiabilidad humana se determina a partir de los conocimientos y capacidades del personal, en lugar de utilizar el tipo de actividad que ejecuta la persona. Además, se incorporó las condiciones de las características humanas para determinar la confiabilidad humana en un proceso administrativo y operativo.

En cuanto a la información suministrada por la revisión de la literatura, este trabajo genera un aporte significativo para la aplicación y el análisis de confiabilidad humana sobre el campo administrativo. Además, de la adaptación de las herramientas y técnicas sobre este contexto que generaron un impacto positivo sobre el funcionamiento del proceso, las competencias del personal y contribuyeron al desarrollo en conjunto de los factores principales.

A partir de la jerarquización de procesos desarrollada en el departamento se logró establecer un foco de trabajo claro para destinar los recursos sobre las mejoras del proceso. Además, al trabajar sobre la operación más crítica, se mejoraron los indicadores de productividad del departamento. Estos indicadores propuestos permiten identificar la gestión completa del personal, ya que se enfocan en puntos cruciales y funcionan como alertas del proceso, pues se mide la probabilidad de error para conocer la confiabilidad del personal frente al proceso y los sobrecostos generados por falencias o desviaciones ocasionadas por el personal.

Los resultados alcanzados sobre el cálculo de confiabilidad humana a partir de las características y comportamientos del factor humano, permiten mejorar las condiciones operacionales de un proceso por medio del acompañamiento, desarrollo y crecimiento personal de los individuos. De esta manera, la metodología propuesta proporciona información individual y grupal sobre la confiabilidad con base en la combinación y las características de los distintos perfiles de las personas. Al analizar las características de forma individual fue posible tener una predicción sobre la probabilidad de error que puede presentar una persona. Siendo las actividades analíticas, la edad mayor a 35 años, un estado emocional inestable y una experiencia inferior a 4 años la mezcla de probabilidad de error más elevada con aproximadamente 33%. Como la naturaleza de la actividad depende de las funciones del cargo a realizar y la edad no genera una variación mayor a un 2% sobre la probabilidad, se recomienda generar variaciones sobre las otras dos

características, de esta manera para una actividad analíticas, la edad en cualquier rango, un estado emocional estable y una experiencia en el cargo mayor 4 años el resultado de la probabilidad de error reducirá a valores aproximados de 6% o 7%.

En cuanto a la situación grupal de la operación, se analiza de forma dinámica ya que funciona por medio de una combinación entre distintos perfiles laborales que interactúan en el proceso, en este caso la probabilidad de error del equipo de trabajo inicialmente sobre la operación es igual al 8.10%, pero al reorganizar ubicar el personal más idóneo en determinados puestos se logra una ganancia sobre la confiabilidad humana pasando a 6.95%. Por otro lado, con esta reorganización y las mejoras a partir de las herramientas y técnicas sobre la gestión del factor humano generaron una reducción del porcentaje de errores sobre el proceso pasando de 8.23% a 1.50%.

El paso a seguir consiste en evaluar la confiabilidad humana como un organismo constituido por diferentes perfiles sobre otros procesos industriales, que permita según los resultados obtenidos establecer un equipo de trabajo a partir de las necesidades del proceso y no dependa de una selección subjetiva del personal.

## A. Anexo: Jerarquización de procesos

Como complemento a la información plasmada en el capítulo 4 (numeral 4.1.2), en la tabla 56 se encuentran las funciones principales definidas para cada actividad pertenecientes a la actividad operacional principal (fabricación en planta).

**Tabla 56.** Listado de actividades con sus funciones.

Nivel	Actividad	Función Actividad	Función general impactada	Tipo de función
<b>N3</b>	<b>Importación de CKD y/o Repuestos</b>			
N4	PROFIA	Documentar requisitos y requerimientos para importaciones	1	Esencial
N4	PVR	Documentar requisitos y requerimientos costo de las piezas y repuestos	1	Auxiliar
N4	Requisitos Legales	Validar los procesos de la Empresa según lo exigido por la DIAN	3	Informática
N4	Clasificación	Identificar las piezas y repuestos según sus características de diseño y producción	3	Conexión
N4	Datos Maestros	Estructurar los algoritmos necesarios para procesar la información de la DIAN	5	Informática
N4	Desaduanamiento	Documentar informe de autorización para mercancía importada	1	Esencial
N5	DGI / BL	Solicitar veracidad del informe de valor de la mercancía para su pago	4	Protección
N5	UAP	Realizar informe con los requisitos establecidos por la DIAN para importación	1	Auxiliar
<b>N3</b>	<b>Exportación de Medios retornables, Prototipos, Vehículos y Postventa</b>			
N4	C.O.	Documentar validez de cumplimiento de origen del producto para importación	5	Auxiliar
N4	Mandatos y Poderes	Realizar los permisos que permitan actuar ante la DIAN	3	Informática
N4	Medios Retornables	Controlar la recepción y envío de los elementos donde viaja la mercancía	4	Protección
N4	Facturación	Documentar informe de autorización para mercancía exportada	2	Esencial
N5	Validación Precios	Realizar informe con los valores definidos para la venta del producto de la Empresa	3	Auxiliar
N4	OEA	Informar sobre las normas de seguridad establecidas por la DIAN para actividades aduaneras	5	Informática
N4	RVC	Validar porcentaje de origen del producto fabricado por la Empresa	2	Protección
N5	Proveedores locales	Fabricar piezas para transformación y posventa	4	Conexión
<b>N3</b>	<b>Proyectos RAP/CMP</b>			
N4	Exportaciones	Facilitar los requisitos para exportación de mercancía prototipo de los productos de la Empresa	2	Auxiliar
N4	Acciones y permisos	Validar los procesos para proyectos de la Empresa según lo exigido por la DIAN	5	Esencial
N5	Destrucciones Prototipos	Documentar la información de la mercancía que será destruida	4	Conexión

## B. Anexo: Aplicación del PFMEA

Como complemento al capítulo 4 (numeral 4.8.1) en las tablas 57, 58, 59 y 60 se documentan los PFMEA con toda la información y hallazgos de las fallas y sus causas potenciales (El término mercancía se asocia a las piezas para ensamblar o los repuestos).

**Tabla 57.** PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 1.

Proceso	Departamento	Creación	Proceso					Área	RPN: Número Prioritario Riesgo					Actualización	
			Mano Obra	Método	Maquina	Material	Medio		OCC - Ocurrencia	SEV - Severidad	DET - Detección	NPR			
Item	Proceso funcional / Operativo	Modo de falla	Efectos de falla						Causa de falla	Controles temporales	OCC	SEV	DET	NPR	Acción mitigación / control
1	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor de Tasa de Cambio (TRM) incorrecto	Valor desactualizado de la TRM	X					No se actualiza el valor en el informe de importación	Revisar tablero o cartelera con TRM vigente para la semana	3	5	1	15	SS - Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando un espacio donde aparece la TRM a implementar
2	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor de Tasa de Cambio (TRM) incorrecto	Valor desactualizado de la TRM		X				No se alerta sobre el cambio de tasas entre los cambios de turno	Revisar tablero o cartelera con TRM vigente para la semana	3	5	1	15	SS - Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando un espacio donde aparece la TRM a implementar
3	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor de Tasa de Cambio (TRM) incorrecto	Valor desactualizado de la TRM	X					Personal no ingresa con tiempo a su turno laboral, por lo tanto no revisa los valores actualizados para sus operaciones	Firmar planilla para control de ingreso	3	5	1	15	SS - Reportar hora de inicio de turno
4	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor FOB inconsistente	Valor FOB no coincide con la factura reportada por el proveedor	X					Valores incorrectos para la suma del total FOB	Agregar función de verificación de los totales FOB reportados	1	5	3	15	OPT - Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto
5	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor FOB inconsistente	Valor FOB no coincide con la factura reportada por el proveedor				X		Valores de la mercancía varía y no se alerta sobre su cambio	Verificar mensualmente valor de la mercancía antes de generar informe	1	5	3	15	OPT - Modificar estándar de verificación de valor de las mercancías
6	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor FOB inconsistente	Valor FOB no coincide con la factura reportada por el proveedor		X				Sin conocimiento sobre el calculo y uso del FOB	Capacitar el personal sobre los cálculos y reconocimiento de los INCOTERMS	1	5	3	15	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
7	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete inconsistente	Valor de impuesto de transporte marítimo incoherente	X					Ingreso valor equivocado	Capacitar el personal sobre el uso de los fletes	1	5	5	25	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
8	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete inconsistente	Valor de impuesto de transporte aéreo incoherente	X					Ingreso valor equivocado	Capacitar el personal sobre el uso de los fletes	1	5	5	25	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
9	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete inconsistente	Valor de impuesto de transporte terrestre incoherente	X					Ingreso valor equivocado	Retroalimentar el personal sobre el uso de los fletes	1	5	5	25	OPT - Verificar el uso de los fletes según los procesos realizados
10	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete variable	Valor de impuesto de transporte marítimo incoherente		X				No se comunica entre el personal las alertas de fluctuaciones del valor emitidas por proveedor del transporte	Establecer medio informativo sobre modificaciones reportadas por el proveedor	1	5	5	25	SS - Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo
11	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete variable	Valor de impuesto de transporte aéreo incoherente		X				No se comunica entre el personal las alertas de fluctuaciones del valor emitidas por proveedor del transporte	Establecer medio informativo sobre modificaciones reportadas por el proveedor	1	5	5	25	SS - Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo
12	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Flete variable	Valor de impuesto de transporte terrestre incoherente		X				No se comunica entre el personal las alertas de fluctuaciones del valor emitidas por proveedor del transporte	Establecer medio informativo sobre modificaciones reportadas por el proveedor	1	5	5	25	SS - Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo

**Tabla 58. PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 2.**

Proceso	Departamento	Creación	Proceso					Área	RPN: Número Prioritario Riesgo					Actualización	
			Mano Obra	Método	Maquina	Material	Medio		OCC - Ocurrencia	SEV - Severidad	DET - Detección	NPR			
Item	Proceso funcional / Operativo	Comex	2018	UAP					Operaciones	RPN: Número Prioritario Riesgo					2019
	Modo de falla	Efectos de falla						Causa de falla	Controles temporales	OCC	SEV	DET	NPR	Acción mitigación / control	
13	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Porcentaje Arancel equivocado	Calculo inadecuado para el valor del Arancel	X				No es clara la forma como se realiza el calculo para el valor del arancel	Sensibilizar al personal sobre el impacto que genera un porcentaje equivocado	3	5	3	45	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	
14	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Porcentaje Arancel equivocado	Valor porcentaje inconsistente	X				Falta de conocimiento sobre el porcentaje a utilizar	Retroalimentar el personal sobre el porcentaje según la característica de la mercancía	3	5	3	45	55 - Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando herramientas que permitan reconocer la característica de la mercancía	
15	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Arancel equivocado	Valor reportado para impuesto de la mercancía incorrecto	X				Personal no identifica la diferencia entre la mercancía reportada	Retroalimentar el personal sobre la identificación de la mercancía mas relevante	1	3	3	9	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	
16	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Arancel equivocado	Valor reportado para impuesto de la mercancía incorrecto		X			Clasificación de la mercancía incorrecta	Revisar la clasificación de la mercancía mas relevante por su volumen y costo, con la información suministrada por la DIAN	1	3	3	9	OPT - Verificar el proceso de revisión de la clasificación y modificar si es necesario en estándar	
17	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Cid - Aduana inconsistente	Valor Cid no coincide con la factura reportada por el departamento	X				Valores incorrectos para la suma del total Cid	Agregar función de verificación de los totales Cid reportados	1	5	3	15	OPT - Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto	
18	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Cid - Aduana inconsistente	Valor Cid no coincide con la factura reportada por el departamento				X	Valores FOB, flete y seguro no son coherentes	Verificar valores reportados de FOB, flete y seguro	1	5	3	15	OPT - Verificar el procesos de revisión de los valores establecidos para el FOP, flete y seguro	
19	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Cid - Aduana inconsistente	Valor Cid no coincide con la factura reportada por el departamento		X			Sin conocimiento sobre el calculo y uso del Cid	Capacitar al personal sobre el calculo del Cid	1	5	3	15	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	
20	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Declaración o informe de importación mala no se elimina	Declaración "fantasma" o inexistente para informe final	X				Declaración o informe con errores no se elimina cuando es detectada	Reportar semanalmente estatus de las declaraciones realizadas	1	1	5	5	OPT - Verificar la reactividad o proceso frente a las declaraciones detectadas para eliminar	
21	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Otros gastos incorrecto	Valor de Otros gastos inconsistente	X				Calculo de Otros gastos no es claro	Verificar el calculo realizado	1	1	1	1	OPT - Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto	
22	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor Otros gastos incorrecto	Valor de Otros gastos inconsistente	X				No se reconoce los valores con el concepto de Otros gastos	Capacitar al personal sobre la identificación de los valores considerados Otros gastos	1	1	1	1	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	
23	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor seguros inadecuado	Valor seguros no es el indicado			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	1	3	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	
24	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor seguros inadecuado	Valor seguros no es el indicado			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	1	3	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	
25	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Porcentaje IVA inconsistente	Valor del porcentaje del IVA inconsistente			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	5	3	5	75	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	
26	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Porcentaje IVA inconsistente	Valor del porcentaje del IVA inconsistente			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	5	3	5	75	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	

**Tabla 59. PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 3.**

Proceso	Departamento	Creación	Proceso					Área	RPN: Número Prioritario Riesgo					Actualización
			Mano Obra	Método	Maquina	Material	Medio		OCC - Ocurrencia	SEV - Severidad	DET - Detección	NPR		
Item	Comex	2018	UAP					Operaciones	RPN: Número Prioritario Riesgo					2019
Proceso funcional / Operativo	Modo de falla	Efectos de falla						Causa de falla	Controles temporales	OCC	SEV	DET	NPR	Acción mitigación / control
27	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Porcentaje IVA inconsistente	Valor del IVA desactualizado o incorrecto	X				No se verifica el valor actual del IVA para el reporte de la declaración	Revisar tablero o cartelera con valor del IVA vigente	5	3	5	75	5S - Estandarizar la unidad de trabajo para verificar el valor del IVA vigente
28	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor IVA mal calculado	Valor calculado según el porcentaje del IVA incoherente			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
29	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valor IVA mal calculado	Valor calculado según el porcentaje del IVA incoherente			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente
30	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Reporte de un (1) centavo de mas en el valor base liquidación inexistente	Valor base de liquidación mayor a lo reportado			X		Datos maestros del sistema con dificultades en la aproximación de los valores	Verificar según la declaración reportada con el problema para corregir de forma manual	1	3	3	9	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de los datos maestros
31	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Reporte de un (1) centavo de mas en el valor base liquidación inexistente	Valor base de liquidación mayor a lo reportado			X		Datos maestros del sistema con dificultades en la aproximación de los valores	Verificar según la declaración reportada con el problema para corregir de forma manual	1	3	3	9	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente
32	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Numero o consecutivo de declaración no se encuentra en SAP	No se carga en SAP las declaraciones realizadas	X				Sobre carga de operaciones por cada persona	Solicitar horas extras para el personal finalizar las operaciones en su totalidad	3	3	5	45	OPT - Verificar que la carga de operaciones estandarizada se respete o sea la indicada
33	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Numero o consecutivo de declaración no se encuentra en SAP	No se carga en SAP las declaraciones realizadas	X				Perdida de concentración sobre los procesos realizados	Solicitar horas extras para el personal finalizar las operaciones en su totalidad	3	3	5	45	Ergonomía - Verificar estado de puesto para una correcta ejecución de las actividades
34	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Numero o consecutivo de declaración no se encuentra en SAP	No carga el total de declaraciones reportadas			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Agregar de forma manual los consecutivos faltantes	3	3	5	45	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
35	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Numero o consecutivo de declaración no se encuentra en SAP	No carga el total de declaraciones reportadas			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Agregar de forma manual los consecutivos faltantes	3	3	5	45	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente
36	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valores en Cero	No se carga o introducen los valores de la declaración	X				Desbalanceo en la cantidad de operaciones por persona	Solicitar horas extras para el personal finalizar las operaciones en su totalidad	1	5	3	15	OPT - Verificar que la carga de operaciones estandarizada se respete o sea la indicada
37	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valores en Cero	No se enlaza los datos ingresados con el reporte de la declaración			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	5	3	15	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
38	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Valores en Cero	No se enlaza los datos ingresados con el reporte de la declaración			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	5	3	15	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente
39	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Sanción incorrecta	Ingreso de valor cuando no es necesario			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
40	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Sanción incorrecta	Ingreso de valor cuando no es necesario			X		Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente

**Tabla 60. PFMEA sobre actividad operativa UAP parte 4.**

Proceso	Departamento	Creación	Proceso					Área	RPN: Número Prioritario Riesgo					Actualización	
			Mano Obra	Método	Maquina	Materia	Medio		OCC - Ocurrencia	SEV - Severidad	DET - Detección	NPR			
	Comex	2018	UAP					Operaciones	OCC - Ocurrencia SEV - Severidad DET - Detección					2019	
Item	Proceso funcional / Operativo	Modo de falla	Efectos de falla	Mano Obra	Método	Maquina	Materia	Medio	Causa de falla	Controles temporales	OCC	SEV	DET	NPR	Acción mitigación / control
41	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Sanción incorrecta	No se ingresa el valor sanción	X					No se conoce el concepto de sanción	Capacitar el personal sobre el concepto de sanción	1	3	3	9	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
42	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Sanción incorrecta	No se ingresa el valor sanción	X					No se conoce el calculo del valor	Capacitar el personal en el calculo de la sanción	1	3	3	9	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
43	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Rescate incorrecta	Ingreso de valor cuando no es necesario			X			Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
44	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Rescate incorrecta	Ingreso de valor cuando no es necesario			X			Problemas con la programación del sistema generador del informe	Corregir de forma manual en el reporte e informe realizado	1	3	3	9	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente
45	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Rescate incorrecta	No se ingresa el valor de rescate	X					No se conoce el concepto de rescate	Capacitar el personal sobre el concepto de rescate	1	3	3	9	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
46	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Creación de valor Rescate incorrecta	No se ingresa el valor de rescate	X					No se conoce el calculo del valor	Capacitar el personal en el calculo del rescate	1	3	3	9	Capacitación - Crear plan de aumento de conocimiento y competencias
47	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Consumo DGI inadecuada	Declaración general de importación con copias o repetida			X			Problemas con la programación del sistema generador del informe	Eliminar de forma manual la declaración o declaraciones repetidas	1	3	5	15	OPT - Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema
48	Creación de declaración o informe de importación (UAP)	Consumo DGI inadecuada	Declaración general de importación con copias o repetida			X			Problemas con la programación del sistema generador del informe	Eliminar de forma manual la declaración o declaraciones repetidas	1	3	5	15	OPT - Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente

En las tablas 61, 62, 63 y 64 se documentan los 5W2H con las acciones para mitigar o controlar los riesgos encontrados en el PFMEA con sus respectivos datos.

**Tabla 61. 5W2H Construido parte 1.**

Item	Fecha	What (¿Qué?)	Why (¿Por qué?)	NPR	I	Where (¿Dónde?)	Who (¿Quién?)	When (¿Cuándo?)	How (¿Cómo?)	How Much (¿Cuánto tiempo?)	Estatus	Comentarios
1	2019	Estandarizar la unidad de trabajo para verificar el valor del IVA vigente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	75	A	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Definición de estados de referencia	SS	Hasta estandarizar puesto de trabajo	OK	Se establece revisión periódica mensual sobre el estado de las referencias definidas
2	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	75	A	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
3	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	75	A	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
4	2019	Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando herramientas que permitan reconocer la mercancía	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Definición de estados de referencia	SS	Hasta estandarizar puesto de trabajo	OK	Se establece revisión periódica mensual sobre el estado de las referencias definidas

**Tabla 62. 5W2H Construido parte 2.**

Ítem	Fecha	What (¿Qué?)	Why (¿Por qué?)	NPR	I	Where (¿Dónde?)	Who (¿Quién?)	When (¿Cuándo?)	How (¿Cómo?)	How Much (¿Cuánto tiempo?)	Estatus	Comentarios
5	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
6	2019	Verificar que la carga de operaciones estandarizada se respete o sea la indicada	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Recolección de cantidad de operaciones realizadas	OPT	Hasta que sea necesario renovar análisis	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
7	2019	Verificar estado de puesto para una correcta ejecución de las actividades	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Valoración de las condiciones laborales	Ergonomía	Hasta que concepto ergonómico sea evaluado	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
8	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
9	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	45	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
10	2019	Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Correo electrónico	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	5S	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
11	2019	Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Correo electrónico	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	5S	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
12	2019	Implementar archivo con las alertas de las fluctuaciones para personal operativo	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Correo electrónico	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	5S	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
13	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
14	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
15	2019	Verificar el uso de los fletes según el procesos realizado	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	25	B	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
16	2019	Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando un espacio donde aparece la TRM a implementar	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Definición de estados de referencia	5S	Hasta estandarizar puesto de trabajo	OK	Se establece revisión periódica mensual sobre el estado de las referencias definidas
17	2019	Estandarizar la unidad de trabajo proporcionando un espacio donde aparece la TRM a implementar	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Definición de estados de referencia	5S	Hasta estandarizar puesto de trabajo	OK	Se establece revisión periódica mensual sobre el estado de las referencias definidas
18	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
19	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
20	2019	Verificar que la carga de operaciones estandarizada se respete o sea la indicada	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Recolección de cantidad de operaciones realizadas	OPT	Hasta que sea necesario renovar análisis	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario

**Tabla 63. 5W2H Construido parte 3.**

Ítem	Fecha	What (¿Qué?)	Why (¿Por qué?)	NPR	I	Where (¿Dónde?)	Who (¿Quién?)	When (¿Cuándo?)	How (¿Cómo?)	How Much (¿Cuánto tiempo?)	Estatus	Comentarios
21	2019	Reportar hora de inicio de turno	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Ingreso de cada persona al departamento	5S	Hasta desarrollar sistema de seguimiento	OK	Se establece revisión periódica mensual del estado de ingreso del personal
22	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
23	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
24	2019	Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
25	2019	Modificar estándar de verificación de valor de las mercancías	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
26	2019	Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
27	2019	Verificar el procesos de revisión de los valores establecidos para el FOP, flete y seguro	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
28	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
29	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	15	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
30	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
31	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
32	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
33	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
34	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
35	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
36	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario

**Tabla 64. 5W2H Construido parte 4.**

Ítem	Fecha	What (¿Qué?)	Why (¿Por qué?)	NPR	I	Where (¿Dónde?)	Who (¿Quién?)	When (¿Cuándo?)	How (¿Cómo?)	How Much (¿Cuánto tiempo?)	Estatus	Comentarios
37	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
38	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
39	2019	Verificar el proceso de revisión de la clasificación y modificar si es necesario en estándar	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
40	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
41	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
42	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
43	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	9	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
44	2019	Verificar la reactividad o proceso frente a las declaraciones detectadas para eliminar	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	5	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
45	2019	Verificar y corregir funcionamiento de la programación del sistema	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	3	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Operaciones	Entrega de turnos, información importante o alertas recibidas	OPT	Hasta finalizar turno o se detecte anomalías en la operación	OK	Se establece reporte diario o cuando se presenten cualquier anomalía en las actividades ejecutadas
46	2019	Verificar aplicación del control temporal como método degradado en caso de que el problema se presente	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	3	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario
47	2019	Crear plan de aumento de conocimiento y competencias	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	1	C	Salón o espacio para capacitación	Área Métodos y Procesos	Plan de formación para el personal	Capacitación	Hasta finalizar cronograma de capacitación del año	OK	Se establece revisión periódica anual o cuando sea necesario
48	2019	Modificar los estándares de trabajo mediante la revisión y verificación de las operaciones del puesto	Aumentar la confiabilidad de las actividades operativas del departamento	1	C	Unidad de trabajo o puesto del departamento	Área Métodos y Procesos	Plan de Observación del puesto de trabajo	OPT	Hasta finalizar con la observación del o los puestos	OK	Se establece revisión periódica mensual o cuando sea necesario

## C. Anexo: Aplicación del PHA

Como complemento de la información del PHA del capítulo 4 (numeral 4.8.2), en la tabla 65, se detallan las causas y efectos de los riesgos detectados.

**Tabla 65.** PHA completo.

Ítem	Riesgo: Accidente Potencial	Causa	Efecto	Accidente Categoría Severidad	Medidas Correctivas
1	Actividad Operativa: <b>Sobrecarga.</b>	Cantidad de actividades operativas asignada de forma desigual al personal operativo.	Inconsistencias sobre la información registrada en las actividades operativas.	12	Analizar carga laboral por cada persona para asignación de actividades operativas. <b>(OPT).</b>
2	Análisis actividad operativa: <b>Incongruente.</b>	Análisis sobre las anomalías de las actividades operativas incoherentes o sin profundización.	Información registrada en las actividades operativas sin soluciones robustas sobre sus anomalías.	16	Asignar las actividades operativas según la capacidad cognitiva del personal a partir de su formación profesional. <b>(Capacidad cognitiva).</b>
3	Personal nuevo: <b>Desconocimiento.</b>	Falta de conocimiento técnico y teórico sobre las normas aduaneras.	Dificultades en el desarrollo y ejecución de las actividades operativas según las normas aduaneras.	8	Crear perfiles laborales para los cargos operativos según funciones laborales. <b>(Capacidad cognitiva).</b>
4	Personal nuevo: <b>Fallas.</b>	Falta de experiencia ejecutando procesos legales aduaneros (actividad operativa).	Actividad operativa con problemas de registro o inconsistentes.	15	Crear plan de formación sobre personal nuevo, antes de comenzar labores operativas. <b>(Capacitación).</b>
5	Competencias del personal: <b>Baja polivalencia.</b>	Personal sin formación y/o capacitación.	Cargos sin rotación y con ausentismo laboral bloqueante.	10	Riesgo controlado por medio de las formaciones entre las funciones del personal. <b>(Polivalencia).</b>
6	Estándar operaciones: <b>Irrespeto.</b>	Falta de conocimiento de las operaciones estándar definidas sobre el puesto de trabajo.	Actividades operativas realizadas de distinta forma o con constante variación.	4	Establecer prioridad en el plan de OPT sobre los puestos con mayor porcentaje de error o falla. <b>(OPT).</b>
7	Estándar operaciones: <b>Inexistente.</b>	Procedimientos administrativos y operacionales sin estándar laboral.	Perdida o fuga de información sobre los conocimientos operativos.	25	Crear estándares laborales de los puestos o cargos que lo requieran. <b>(OPT).</b>
8	Desviaciones en Actividades operativas: <b>Sin causas.</b>	Problemas o inconsistencias sin análisis de causa raíz que determinen la razón de ocurrencia.	Problemas con recurrente aparición y sin una solución definitiva que los erradique.	10	Agregar en OPT herramientas de ACR para mitigar desviaciones. Ejemplo: análisis porque. <b>(OPT).</b>
9	Objetivos: <b>No alcanzados.</b>	Falta de confiabilidad sobre las operaciones y proceso de importación.	Bajos resultados en los objetivos trazados por el departamento sobre las importaciones.	20	Aumentar la confiabilidad del proceso del UAP. <b>(OPT).</b>
10	Estructura jerárquica: <b>Ineficiente.</b>	Orientaciones de procedimientos y actividades operativas con deficiencias o incongruentes.	Constantes reprocesos y/o sin prioridades claras de ejecución.	20	Asignar al personal idóneo para los cargos según sus requerimientos. <b>(Capacidad cognitiva).</b>

## D. Anexo: Aplicación de OPT

Para el desarrollo de la Observación del puesto de trabajo (OPT) se considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.4). Por otro lado, el área encargada de realizar las OPT por la naturaleza del proceso es MYP, ya que conoce a detalle el alcance y la forma como se debe realizar cada operación del departamento.

En la tabla 66 se observa el cronograma o plan de OPT para abarcar todos sus puestos con sus correspondientes FOP / FOS, con su respectiva prioridad de ejecución (PRIOR) en el departamento.

**Tabla 66.** Plan de OPT.

% DE AVANCE DEL PLAN:	100%			SEMANAS DEL AÑO														
	FOP / FOS	PRIOR	COMENTARIOS	ACR	19	22	24	27	29	32	34	37	39	42	44	47	49	52
Administración evolución BOM - PROFIA	1	-	-		P													
					R													
Administración y pago Usuario Aduanero Permanente (UAP)	1	-	-			P												
						R												
Finalización modalidad T&E	1	-	-				P											
							R											
Desaduanamiento Descargues directos	2	-	-					P										
								R										
Desaduanamiento piezas régimen ordinario con Franquicia PROFIA.	3	-	-						P									
									R									
Autorización PROFIA.	3	Pendiente creación FOS	-							P								
										R								
Desaduanamiento Temporal de Mercancía.	3	-	-								P							
											R							
Importación embalajes retornables.	4	-	-									P						
												A	R					
Documentación vehículos PROFIA.	5	-	-										P					
													R					
Autorización reposición Plan Vallejo.	5	Pendiente creación FOS	-											P				
														A	A	A	R	
Administración piezas para ensamble.	6	-	-												P			
															R			
Reexportación Embalajes retornables.	7	-	SI														P	
																	R	

La información documentada en el plan de OPT se realiza por medio de los siguientes pasos: Primero respetar la prioridad de las observaciones definida por el área de MYP y la nomenclatura planificado (P), con retraso (A) y realizada (R). El segundo paso es la ejecución de las observaciones del puesto de trabajo y por último, analizar después de realizar la observación los casos donde sea requerido modificar o crear un estándar y los casos donde se deba utilizar un ACR. El ACR implementado corresponde al formato del análisis porque (ver ilustración 55).

Para realizar las observaciones de trabajo se implementa el documento de la tabla 67, esta presenta un ejemplo diligenciado.

**Tabla 67.** Ejemplo documento de OPT.

FECHA		OPT			GRUPO
S42		Proceso: Documentación y programación importación piezas para ensamble de vehículos PROFIA.			MYP
#	ETAPA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	COMPROMISO - FECHA	VALIDACION
1	Observación	Respeto al estándar.	N/A	N/A	OK
2		Uso apropiado de las herramientas / útiles del puesto.	Excel, Internet, SAP.	N/A	OK
3		Se encuentra la FOS del proceso actualizada.	Si.	N/A	OK
4	Validación	Realizar el evaluador el Proceso con la FOS. (Sin compañía del titular del puesto).	La persona realiza las etapas descritas en la FOS, pero la parte escrita no es clara.	Modificar FOS - S28	NOK
5		Realizar el evaluador el proceso con la FOS. (En compañía del titular del puesto).	No se completa la actividad utilizando la FOS, ya que esta incompleta.	Crear nueva FOS o complementar la existente - S28	NOK
6	Conclusión	Recomendaciones sobre como realiza la operación el titular del puesto.	Crear una base de datos que facilite la revisión de las referencias arancelarias.	Crear base de datos - S29	NOK
7		Comentarios y sugerencias sobre FOS y actividades que desempeña la persona en su lugar de trabajo.	No se genera el reporte arancelario de forma adecuada, por problemas en las descripciones de la FOS.	Modificar FOS - S28	NOK
8		Es necesario realizar un ACR para las desviaciones encontradas.	No se genera el reporte arancelario de forma adecuada, por problemas en las descripciones de la FOS.	Modificar FOS - S28	NOK
Nombre evaluador: <b>Analista desarrollos</b>			Nombre: <b>Origen CKD</b>	Porcentaje conformidad OPT:	38%

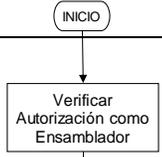
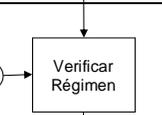
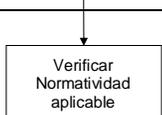
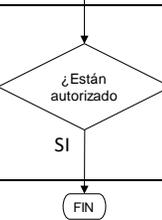
### Ilustración 55. Ejemplo documento de ACR.

En caso de que sea definido en la OPT se realiza el ACR por medio del análisis porque, en la ilustración 55 se presenta un ejemplo.

ANÁLISIS POR QUÉ						
Hecho a tratar: Desviación sobre indicador para los días de envejecimiento de los medios retornables.		Temas: Medio Ambiente - Fiabilidad - Mantenibilidad - Seguridad - Calidad - Otro: Plazos				
Fecha: 28-09-2017 Lugar: Comercio Exterior Número de casos: 463		Participantes: Jefe Operaciones & Analista Proyectos				
Descripción e informaciones relativas a su detección: De acuerdo al procedimiento de alimentación semanal de saldos, se identificaron que existían medios retornables, cuyo ingreso al TAN (Territorio Aduanero Nacional) supera los 120 días, que es el tiempo máximo para realizar la devolución a cada país de los mismos.		Tiempo de análisis: 1 hora 30 min				
Piloto: Jefe Operaciones Fecha del Análisis: 28-09-2017		Acción de erradicación				
Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Piloto / Plazo	
Comercio exterior no realiza programación de devolución de los embalajes.	El responsable de la programación de reserva y transporte es Logística DIEL.	La logística DIEL es el responsable de la devolución de los medios retornables.			Enviar saldos con inventarios superiores a 120 días, informando la importancia aduanera que tiene el envejecimiento en los medios retornables.	Piloto: Responsable Operaciones Plazo: S 43
No existe trazabilidad de inventarios entre comercio exterior y logística DIEL.	Comercio exterior maneja inventarios virtuales o de saldos y Logística DIEL físicos.	Comercio exterior no maneja saldos físicos.	Los saldos físicos son manejados por Logística DIEL y Logística DLI.		Verificar con DIEL y DLI cual es la política de almacenamiento de retornables.	Piloto: Responsable Operaciones Plazo: S 43
		Existen diferencias entre los inventarios físicos y los virtuales.	Perdida de información en los inventarios virtuales.	No hubo un análisis de inventarios antes de eliminar registros de este inventario virtual.	Solicitar inventario físico de los medios retornables a la DIEL que se encuentren en planta, (Almacenamiento, bodega, producción, otros lugares, etc.); excluyendo puerto y tránsito.	Piloto: Jefe Operaciones Plazo: S 44
			Inconsistencia en los envíos de embalajes retornables.	No se realiza el cargue según la programación de embalajes retornables.	Solicitar hoja de cargue firmada por el operario DLI cada vez que se realice una exportación de medios retornables.	Piloto: Jefe Operaciones Plazo: S 44

Las acciones pendientes se deben asignar al jefe responsable del proceso y de esta manera generar el estándar de ejecución para la operación, en estos casos el área de MYP debe realizar un acompañamiento metodológico para que el nuevo procedimiento sea coherente y cumpla con las necesidades que demanda el proceso. Como resultado en la tabla 68 se evidencia un ejemplo de creación de la FOP / FOS sobre Autorización PROFIA.

**Tabla 68.** Ejemplo de FOP / FOS.

	<b>AUTORIZACIÓN PROFIA</b>			<b>EDICIÓN: 1</b> <b>SEMANA: S24</b> <b>PÁGINA: 1/1</b>
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>DOCUMENTOS REFERENCIA</b>	<b>REGISTRO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	Gerente Departamento	Resolución 1663 de 2008 ministerio de comercio		Confirmar en resolución vigente, la vigencia de la autorización como Empresa ensambladora para las posiciones arancelarias que produce.
	Gerente Departamento			Confirmar la vigencia de la resolución como Industria de Transformación o Ensamble, PROFIA o régimen vigente en el momento, según resoluciones actuales y nueva reglamentación que aplique.
	Gerente Departamento			Verificar normatividad que aplique en pagina Ministerio y pagina DIAN y actualizar procedimientos que apliquen si existen evoluciones.
	Jefe Métodos y Procesos Analista de Métodos y procesos			Verificar que los vehículos a producir en los próximos 6 meses estén autorizados en PROFIA, si no están autorizados se debe tramitar solicitud.
				En caso de NO el procedimiento Autorización PROFIA, continua en el ítem 2.
				

En conclusión, las operaciones que ejecuta el personal operativo o administrativo cuentan con un estándar definido y claro, donde cualquier desviación o anomalía es encontrada de forma proactiva, permitiendo generar reajustes a los procedimientos y establecer planes de acción con base en un análisis de causa raíz evitando reprocesos o actividades innecesarias.

## E. Anexo: Aplicación de 5S

Para el desarrollo de las 5S se considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.2) y en la ilustración 56 se observa un ejemplo diligenciado del check list para valorar los puestos de trabajo.

**Ilustración 56.** Formato evaluado de check list 5S (ejemplo).

CHECK LIST 5S PUESTO TRABAJO			REGISTRO FOTOGRAFICO	
Auditor: Analista Proyectos				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CONFORMIDAD		
		OK	NOK	
1	Se tiene un estándar de estados de referencia definidos.		X	
2	Se respeta los estados de referencia establecidos.		X	
3	Se cuenta con las nomenclaturas apropiadas en las carpetas.	X		
4	Los archivos corresponden a los estados de referencia y nomenclaturas reportados.	X		
5	Se cuenta con la distribución apropiada de los elementos de trabajo.		X	
6	Escritorio limpio.	X		
Objetivo: 80 %		Formula: % de Conformidad = $\frac{\sum \text{ok}}{\text{total}}$		
Auditado		Gerente		
Resultado		50%		
Lay out				
				

Las validaciones del check list sobre todas las unidades de trabajo se observan en la ilustración 57. Además, se puede apreciar el estado de los criterios 5S sobre las unidades de trabajo en el departamento. En la columna Porcentaje de avance por criterio 5S se visualiza la afectación de la valoración de cada criterio para toda el área y en la fila Resultado se observa el nivel alcanzado por cada puesto. En los lugares donde se cuenta con más de una unidad de trabajo por cargo, se ingresa el valor más bajo del criterio obtenido por los participantes.

**Ilustración 57.** Cuadro resumen de resultados iniciales check list 5S.

		Cantidad Puestos:																												
Prioridad para trabajar criterios	Ítem	Descripción																												
			Gerente	Jefe MYP	Jefe Operaciones	Jefe Cumplimiento	Responsable Operación	Analista MYP	Analista Cumplimiento	CKD Aéreos	Practicante	Analista Gubernamental	Analista Desarrollos	Documentación Impo	Origen CKD	Analista Proyectos	Liberación CKD & CBU	Repuestos	Documentación Expo	Coordinador	Supernumerario	Porcentaje de avance por criterio 5S								
I	1	Se tiene un estándar de estados de referencia definidos.	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	0%
II	2	Se respeta los estados de referencia establecidos.	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	5%
III	3	Se cuenta con las nomenclaturas apropiadas en las carpetas.	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	26%
IV	4	Los archivos corresponden a los estados de referencia y nomenclaturas reportados.	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	26%
V	5	Se cuenta con la distribución apropiada de los elementos de trabajo.	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	37%
VI	6	Escritorio limpio.	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	37%
<b>Resultado:</b>			50%	67%	33%	33%	17%	0%	33%	67%	17%	33%	0%	33%	17%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		

En la ilustración 58 se encuentra el estado 5S de los puestos de trabajo después de realizar mejoras, respetando los criterios de prioridad.

**Ilustración 58.** Cuadro resumen de resultados mejorados check list 5S.

		Cantidad Puestos:																												
Prioridad para trabajar criterios	Ítem	Descripción																												
			Gerente	Jefe MYP	Jefe Operaciones	Jefe Cumplimiento	Responsable Operación	Analista MYP	Analista Cumplimiento	CKD Aéreos	Practicante	Analista Gubernamental	Analista Desarrollos	Documentación Impo	Origen CKD	Analista Proyectos	Liberación CKD & CBU	Repuestos	Documentación Expo	Coordinador	Supernumerario	Porcentaje de avance por criterio 5S								
I	1	Se tiene un estándar de estados de referencia definidos.	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	100%
II	2	Se respeta los estados de referencia establecidos.	NOK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	37%
III	3	Se cuenta con las nomenclaturas apropiadas en las carpetas.	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	100%
IV	4	Los archivos corresponden a los estados de referencia y nomenclaturas reportados.	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	100%
V	5	Se cuenta con la distribución apropiada de los elementos de trabajo.	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	100%
VI	6	Escritorio limpio.	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	100%
<b>Resultado:</b>			83%	100%	100%	83%	83%	83%	83%	100%	83%	100%	83%	83%	83%	100%	83%	83%	100%	83%	83%	100%	83%	83%	100%	83%	100%	83%	100%	

De la ilustración 58 es importante resaltar que el criterio 2 aún debe mejorarse, ya que, aunque se crean estados de referencia no se respetan en su totalidad, el motivo principal se debe a que la cultura 5S se debe desarrollar con tiempo para alcanzar rigor y disciplina por parte de los involucrados, logrando que las mejoras se conserven en el tiempo.

En la tabla 69 se evidencia el porcentaje global del estado 5S del departamento con base en los resultados entregados por el check list 5S.

**Tabla 69.** Resultado check list 5S.

Control de seguimiento	Obj	Año N	
		Inicial	Mejorado
Gerente	80%	50%	83%
Jefe MYP	80%	67%	100%
Jefe Operaciones	80%	33%	100%
Jefe Cumplimiento	80%	33%	83%
Responsable Operación	80%	17%	83%
Analista MYP	80%	0%	83%
Analista Cumplimiento	80%	33%	83%
CKD Aéreos	80%	67%	100%
Practicante	80%	17%	83%
Analista Gubernamental	80%	33%	100%
Analista Desarrollos	80%	0%	83%
Documentación Impo	80%	33%	83%
Origen CKD	80%	17%	83%
Analista Proyectos	80%	17%	100%
Liberación CKD & CBU	80%	0%	83%
Repuestos	80%	0%	83%
Documentación Expo	80%	0%	100%
Coordinador	80%	0%	83%
Supernumerario	80%	0%	100%
<b>Resultado Global:</b>	80%	22%	89%

Con la aplicación se logra mayor apropiación de las personas por realizar y ejecutar sus responsabilidades y funciones, ya que cada persona tiene claro sus implementos de trabajo, incluyendo un espacio donde se puede manejar la información clave como TRM, IVA vigente, clasificación de la mercancía, entre otros.

Además, promueve un ambiente de orden donde el personal es consciente de la importancia de conservar sus usuarios de forma privada e intransferible, evitando el préstamo de usuarios y contraseñas para la ejecución de sus operaciones.

## F. Anexo: Capacitación

Para el desarrollo de la capacitación se considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.5). El objetivo de todas las formaciones es del 100%, pero el porcentaje de avance por cada capacitación se observa en la última fila de la tabla 70.

**Tabla 70.** Matriz de capacitación del departamento de comercio exterior.

 OK: Recibida. NOK: Pendiente. NA: No Aplica. DOC: Docente o formador responsable.		Línea Ética - Empresa	Escuela Dirección - Jefes	Control Ingreso - MYP	DECRETO 390 - MYP	Clasificación mercancías - MYP	PROFIA - MYP	Plan Vallejo Reposición - MYP	Análisis Rompimiento Modalidades - MYP	Simplificación Origen - Cumplimiento	Tablero Operaciones - MYP	Estandarización - MYP	Construcción FOP / FOS - MYP	Seguimiento TdB - MYP	Observación Puesto Trabajo - MYP	Manejo de SPM - MYP	Bitácora - Operaciones	SS - MYP	PROYECTOS CMP/RAP - MYP	Cantidad Operaciones - MYP	Matriz selección personal - MYP	Porcentaje individual por formación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Gerente	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	OK	OK	OK	DOC	OK	DOC	NA	OK	OK	NA	OK	94%
2	Jefe Métodos y Procesos	OK	DOC	OK	DOC	DOC	DOC	DOC	NA	NA	DOC	DOC	DOC	OK	DOC	OK	OK	DOC	OK	OK	DOC	100%
3	Analista Métodos y Procesos	OK	OK	OK	OK	DOC	OK	OK	NA	NA	NA	OK	NOK	OK	OK	OK	NA	OK	OK	OK	NA	93%
4	Origen CKD	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	NOK	OK	NA	NA	NA	OK	NA	NA	NA	82%
5	Analista Gubernamental	OK	OK	OK	DOC	OK	DOC	NOK	NA	OK	NA	OK	NOK	OK	OK	OK	NA	OK	NOK	NA	NA	80%
6	Analista Desarrollos	OK	OK	DOC	OK	NA	OK	NOK	DOC	OK	NA	OK	NOK	OK	OK	OK	DOC	OK	NOK	NA	NA	81%
7	Analista Proyectos	OK	OK	DOC	OK	NA	OK	NOK	NA	OK	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	DOC	94%
8	Jefe Operaciones	OK	DOC	OK	OK	OK	OK	OK	NA	NA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	DOC	OK	NA	DOC	OK	100%
9	Responsables Operaciones	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	NA	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	NA	OK	OK	NA	NA	93%
10	Operaciones Bogotá	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NA	NA	OK	NOK	NOK	OK	NA	OK	NA	OK	NOK	NA	NA	64%
11	Operaciones Cartagena	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NA	NA	OK	NOK	NOK	OK	NA	OK	NA	OK	NOK	NA	NA	64%
12	Coordinador Agente aduanero	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	NA	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	OK	NA	94%
13	Documentación Importación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	NA	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NOK	NA	NA	85%
14	Documentación Exportación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NA	NA	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
15	Liberación CKD	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
16	Liberación CKD T1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
17	Liberación CKD T2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
18	Liberación CBU	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
19	Repuestos T1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	92%
20	Repuestos T2	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NA	OK	NOK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	62%
21	CKD Aéreos	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NA	NA	NOK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	50%
22	Responsable Documental	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NA	NA	NA	NOK	NOK	NA	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	55%
23	Supernumerario	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	NA	NA	OK	NOK	OK	NA	NA	OK	OK	NA	NA	NA	85%
24	Jefe Cumplimiento	OK	DOC	OK	OK	OK	OK	NOK	NA	DOC	NA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	DOC	NA	OK	94%
25	Analista Cumplimiento RVC	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NA	OK	NA	OK	NOK	OK	OK	OK	NA	OK	NOK	NA	NA	73%
26	Practicante	NA	OK	OK	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NOK	OK	NA	NA	NA	OK	NA	NA	NA	80%
<b>Porcentaje avance por formación:</b>		100%	81%	100%	96%	100%	81%	62%	92%	100%	100%	81%	19%	100%	100%	100%	100%	100%	77%	100%	100%	85%

En cuanto al 85% (esquina inferior derecha de la tabla 70) es el porcentaje de avance global del departamento en la matriz de capacitación. Con la ejecución del plan de capacitación sobre el personal administrativo y operativo, se puede apreciar el aumento de competencias, habilidades y conocimientos técnicos en el departamento. Logrando disminuir el impacto por posibles pérdidas de información o “know how” de la operación. Además, se establece un esquema estructurado de capacitación sobre el personal que requiere recapitación.

## **G. Anexo: Análisis de Ergonomía**

El análisis de ergonomía considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.3). Asimismo, la ergonomía y las condiciones de trabajo sobre los puestos o las unidades de trabajo se construyen con base en la información suministrada por el personal a partir de las molestias manifestadas y observadas de forma consciente o inconsciente.

Sobre la sensación térmica el departamento cuenta con 3 sistemas de aire acondicionado y se encuentran ubicados como lo muestra el diagrama del perímetro en la ilustración 60. Estos sistemas de aire acondicionado cuentan con rangos de temperaturas desde 18°C hasta 30°C según las especificaciones de trabajo y durante el turno los sistemas de aire acondicionado se encienden y apagan constantemente.

Las impresoras, los computadores y las personas son fuentes generadoras de calor por su funcionamiento y actividades, por lo tanto, en algunas zonas la sensación de aumento de temperatura es más notoria.

Por parte de la iluminación, las lámparas distribuidas por en el departamento no evidencian una cobertura adecuada o suficiente sobre los puestos de trabajo. Por otro lado, las lámparas en su mayoría se encuentran distribuidas bajo la proporción de una lámpara por cada 2 unidades de trabajo y el sistema de encendido y apagado de las lámparas se realiza de forma global para el departamento.

En cuanto al ruido cada unidad de trabajo con un artículo o sistema para transmitir sonido (radio o sistemas reproductores de música) cuenta con diferentes o igual género de música, pero esto produce incomodidad o distracción en la mayoría del personal del departamento.

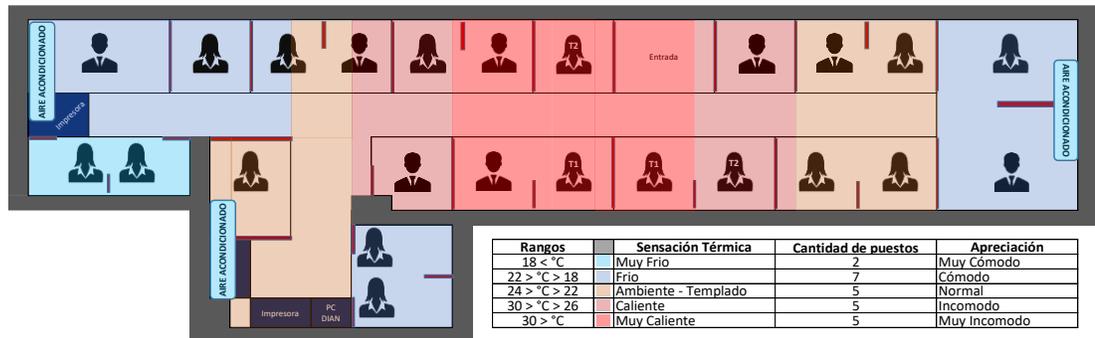
Además, en el departamento está prohibido utilizar elementos como audífonos por motivos de seguridad, ya que en caso de que suene la alarma de evacuación no se generen problemas. Asimismo, para facilitar la comunicación entre el personal.

La postura corporal son las condiciones ergonómicas y se consideran como espalda recta, apoyada al respaldo de la silla y antebrazo con manos en línea recta con plano horizontal respecto al escritorio y las condiciones no ergonómicas como espalda encorvada, sin apoyo y codos por debajo de la superficie del escritorio.

En cada diagrama del perímetro se puede apreciar cómo se clasifican las zonas según lo observado y manifestado por el personal al interior del departamento. Por otro lado, cuando se tienen mejoras se puede apreciar una disminución del personal que se encuentra en las zonas con impactos negativos.

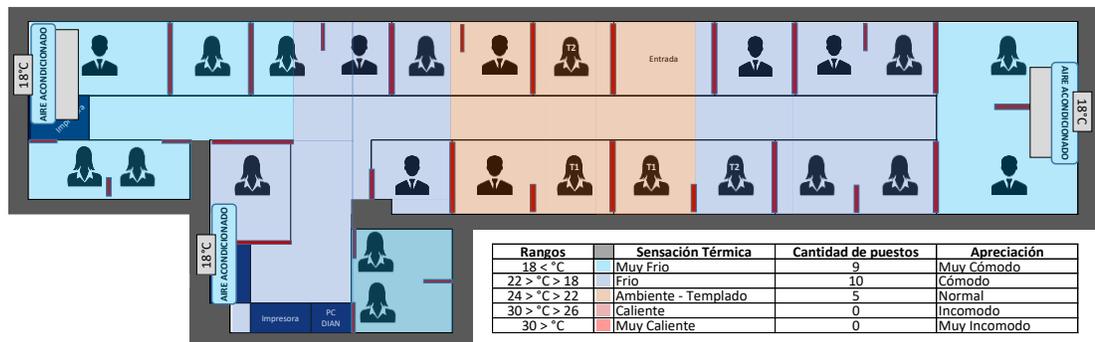
Sensación térmica, en la ilustración 59 se observa el diagrama inicial del perímetro.

**Ilustración 59.** Diagrama inicial del perímetro para sensación térmica.



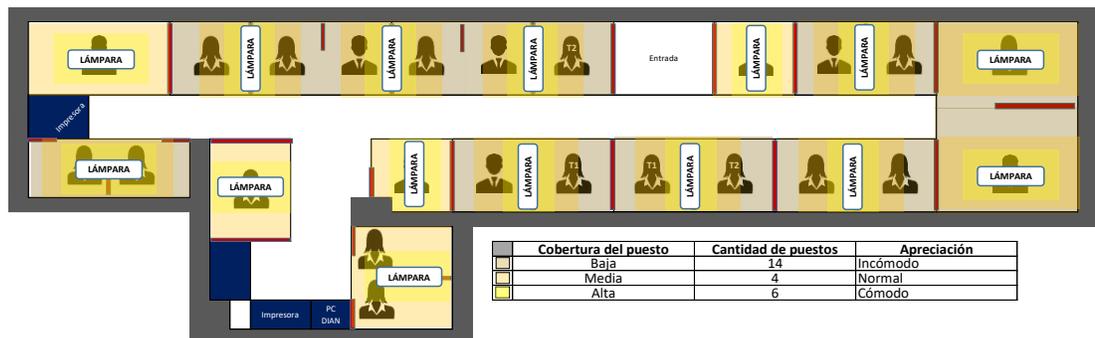
Las acciones de mejora consisten en instalar aletas debajo de los sistemas de aire acondicionado que permite al flujo de aire alcanzar mayor distancia hacia el interior del departamento. Además, de establecer nivel de temperatura en un estándar de funcionamiento en el valor de 18°C, evitando que las personas modifiquen el nivel y generen fluctuaciones en la temperatura. Por último, se decreta un horario de funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado igual a la jornada laboral. En la ilustración 60 se observa el diagrama final del perímetro después de las mejoras.

**Ilustración 60.** Diagrama final del perímetro para sensación térmica.



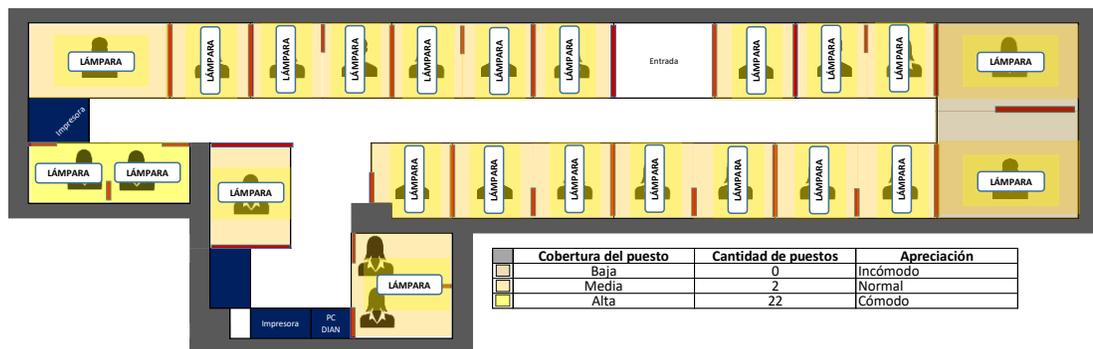
Iluminación, en la ilustración 61 se observa el diagrama inicial del perímetro.

**Ilustración 61.** Diagrama inicial del perímetro para iluminación.



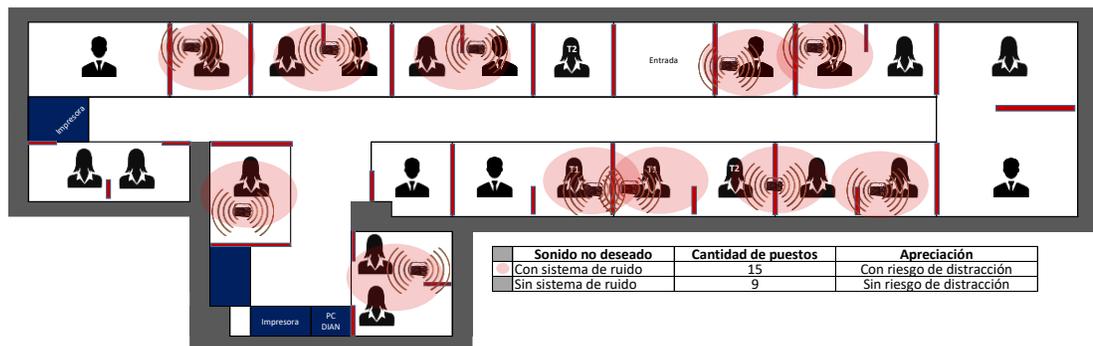
Las acciones de mejora consisten en modificar la distribución de las lámparas instalando una lámpara por cada unidad de trabajo eliminando la sensación de falta de cobertura por parte de la iluminación. Además, se modifica el sistema de encendido y apagado de forma independiente para cada persona en su puesto de trabajo. En la ilustración 62 se observa el diagrama final del perímetro después de las mejoras.

**Ilustración 62.** Diagrama final del perímetro para iluminación.



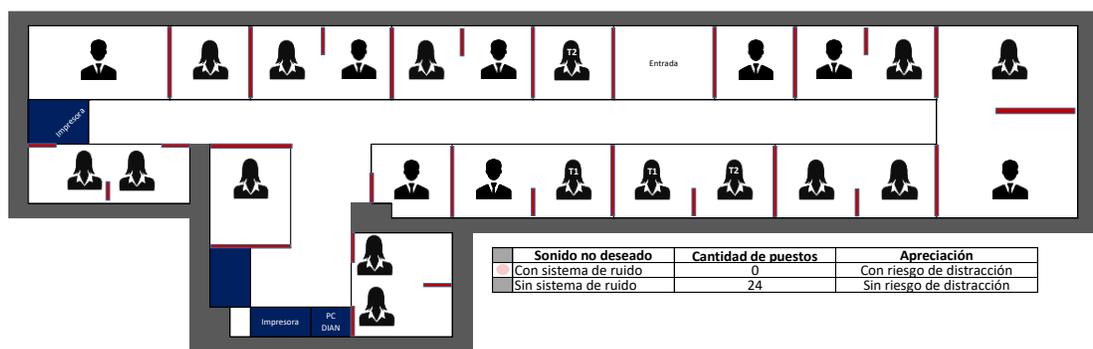
Ruido, en la ilustración 63 se observa diagrama inicial del perímetro.

**Ilustración 63.** Diagrama inicial del perímetro para ruido.



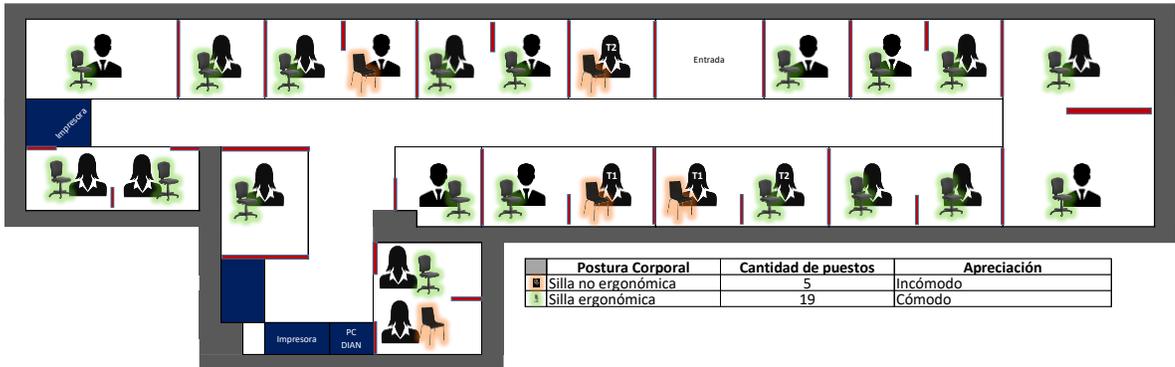
La acción de mejora consiste en eliminar las fuentes generadoras de ruido. En la ilustración 64 se observa el diagrama final del perímetro después de las mejoras.

**Ilustración 64.** Diagrama final del perímetro para ruido.



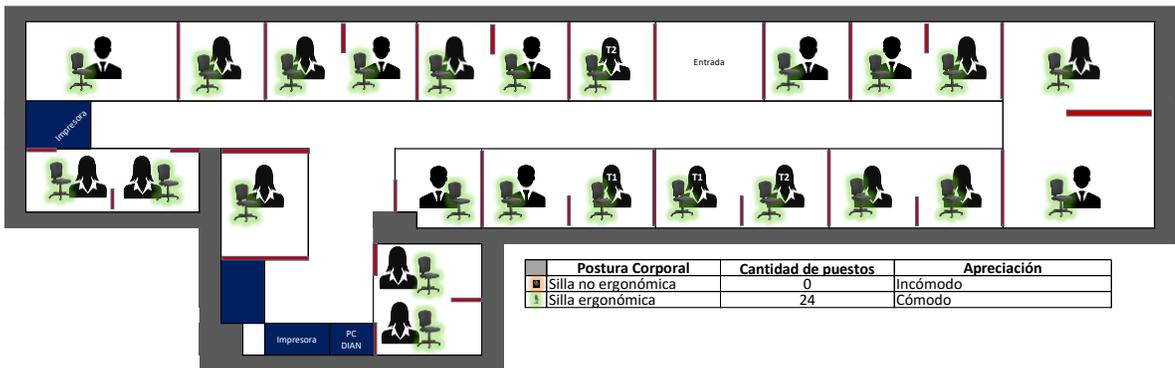
Postura corporal, en la ilustración 65 se observa el diagrama inicial del perímetro.

**Ilustración 65.** Diagrama inicial del perímetro para postura corporal.



La acción de mejora consiste en cambiar las sillas no ergonómicas por otras que se ajusten a las condiciones idóneas de ergonomía y permitan mejorar la postura corporal del personal en las unidades de trabajo. En la ilustración 66 se observa el diagrama final del perímetro después de las mejoras.

**Ilustración 66.** Diagrama final del perímetro para postura corporal.



Para cada criterio o aspecto ergonómico se tienen los siguientes cambios, frente a la sensación térmica las acciones reducen la cantidad de puesto de trabajo con malestar térmico pasando de 10 puestos a 0. Además, los puestos de trabajo con mayor perjuicio por la sensación térmica son los encargados de las actividades operativas del UAP.

En cuanto a la iluminación con las acciones de mejora se reduce la cantidad de puesto de trabajo incomodos por la falta de cobertura pasando de 14 puestos con buena cobertura a 20. De igual manera, el impacto por la falta de cobertura de la iluminación se evidencia sobre los encargados de las actividades operativas del UAP y los asociados a otras actividades operativas.

Por parte del ruido con la acción realizada se reduce la cantidad de puesto de trabajo con fuentes de distracción por el ruido pasando de 15 puestos a 0. Sobre la postura corporal con la acción de mejora se reduce la cantidad de puesto de trabajo con posturas no ergonómicas pasando de 5 puestos a 0.

Los resultados de las mejoras realizadas sobre los cuatro criterios ergonómicos se presentan en la tabla 71.

**Tabla 71.** Conformidad de las condiciones ergonómicas.

Aspecto ergonómico	Formula	Obj	Año N	
			Evaluated	Mejorado
Sensación Térmica	$= \frac{\# \text{ Personas por debajo o igual a una sensación térmica normal}}{\# \text{ Total de Personas}}$	80%	58%	100%
Iluminación	$= \frac{\# \text{ Personas con una alta cobertura del puesto de trabajo}}{\# \text{ Total de Personas}}$	80%	25%	92%
Ruido	$= \frac{\# \text{ Personas sin riesgo de distracción por ruido en el puesto de trabajo}}{\# \text{ Total de Personas}}$	80%	38%	100%
Postura corporal	$= \frac{\# \text{ Personas con silla ergonómica en el puesto de trabajo}}{\# \text{ Total de Personas}}$	80%	79%	100%
<b>Porcentaje de conformidad ergonómica:</b>		80%	50%	98%

## H. Anexo: Análisis de Polivalencia

El desarrollo de la polivalencia considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.1) y en la tabla 72 se presenta un resumen de la matriz construida para el seguimiento de aumento de competencias y el desarrollo alcanzado en el departamento (para ver la evaluación completa de la matriz ponderada ver tabla 73).

**Tabla 72.** Resumen matriz para control de polivalencia.

CANTIDAD DE PERSONAS	DEPENDENCIA	PERSONA	CARGOS	CARGO - C	OK - B	PEND - BP	GERENTE DEPARTAMENTO	JEFE MÉTODOS Y PROCESOS	JEFE OPERACIONES	JEFE CUMPLIMIENTO	TOTAL B1 + BP1	TOTAL B2 + BP2	TOTAL B3 + BP3	TOTAL OTROS B + OTROS BP	TOTAL GENERAL POR PERSONAL
							C	B1	B2	C	B1	C	BP2	B1	C
1	S	GERENTE DEPARTAMENTO		C							0	0	0	0	0
2	S	JEFE MÉTODOS Y PROCESOS		B1	C	B2					1	1	0	0	2
3	S	JEFE OPERACIONES		B2		C	B1				1	1	0	0	2
4	S	JEFE CUMPLIMIENTO			BP2	B1	C				1	1	0	0	2
TOTAL B1							1	1	2	2	Jefes			N1	23
TOTAL B2							1	0	1	0	Responsables			N2	17
TOTAL B3							0	0	0	0	Performance			N3	0
TOTAL OTROS B							0	0	0	0	Agente Aduana			N4	0
TOTAL GENERAL CARGO O PUESTO							2	1	3	2	29	21	0	0	80%

Después de realizar la matriz para el control de polivalencia en la tabla 73, se puede resaltar los siguientes puntos:

El porcentaje de polivalencia se encuentra en niveles aceptables ya que no se cuenta con ningún puesto descubierto, y según lo establecido sobre el riesgo la calificación sería bajo con 80% según la tabla 27 del capítulo 3 (numeral 3.9.1).

Los cargos correspondientes a las ciudades de Bogotá y Cartagena son polivalentes entre ellos y no requieren de un reemplazo como tal, de ser necesario sus funciones legales las cubren sus jefes directos.

El supernumerario debe ser polivalente en todos los cargos o puestos de trabajo del agente aduanero excepto el del coordinador, ya que su objetivo principal son las actividades operativas, aunque en el caso del coordinador este realiza acciones operativas y administrativas.

En el nivel del Bróker no se cuenta con polivalencia en otro nivel, ya que por temas contractuales sus funciones deben limitarse a las actividades por las que fueron contratados.

**Tabla 73. Matriz completa para control de polivalencia.**

CANTIDAD DE PERSONAS	DEPENDENCIA	PERSONA	CARGOS	GERENTE DEPARTAMENTO	JEFE MÉTODOS Y PROCESOS	JEFE OPERACIONES	JEFE CUMPLIMIENTO	ANALISTA MÉTODOS Y PROCESOS	RESPONSABLE OPERACIONES	OPERACIONES BOGOTÁ	OPERACIONES CARTAGENA	ANALISTA CUMPLIMIENTO RVC	PRACTICANTE	ANALISTA GUBERNAMENTAL	ANALISTA DESARROLLOS	DOCUMENTACIÓN IMPORTACIÓN	ANALISTA PROYECTOS	ORIGEN CKD	COORDINADOR	RESPONSABLE DOCUMENTAL	REPUESTOS	LIBERACIÓN CBU	DOCUMENTACIÓN EXPORTACIÓN	LIBERACIÓN CKD	CKD AEREOS	TOTAL B1 + BP1	TOTAL B2 + BP2	TOTAL B3 + BP3	TOTAL OTROS B + OTROS BP	TOTAL GENERAL POR PERSONAL	
				C	B1	C	B2	C	B1	C	B2	C	B1	C	C	C	B1	C	B2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1	S	GERENTE DEPARTAMENTO		C																						0	0	0	0	0	
2	S	JEFE MÉTODOS Y PROCESOS		B1	C	B2																				1	1	0	0	2	
3	S	JEFE OPERACIONES		B2		C	B1																			1	1	0	0	2	
4	S	JEFE CUMPLIMIENTO			BP2	B1	C																			1	1	0	0	2	
5	S	ANALISTA MÉTODOS Y PROCESOS			B1			C	B2																	1	1	0	0	2	
6	S	RESPONSABLE OPERACIONES				B1			C			B2														1	1	0	0	2	
7	S	OPERACIONES BOGOTÁ								C	B1															1	0	0	0	1	
8	S	OPERACIONES CARTAGENA								B1	C															1	0	0	0	1	
9	S	ANALISTA CUMPLIMIENTO RVC					B1	B2				C														1	1	0	0	2	
10	S	PRACTICANTE											C													0	0	0	0	0	
11	P	ANALISTA GUBERNAMENTAL											C	B1		B2										1	1	0	0	2	
12	P	ANALISTA DESARROLLOS						B1					B2	C												1	1	0	0	2	
13	P	DOCUMENTACIÓN IMPORTACIÓN							B1						C		B2									1	1	0	0	2	
14	P	ANALISTA PROYECTOS									B1				BP2	C										1	1	0	0	2	
15	P	ORIGEN CKD											B2		B1	C										1	1	0	0	2	
16	A	COORDINADOR																C								1	1	0	0	2	
17	A	RESPONSABLE DOCUMENTAL																	C	B2						1	1	0	0	2	
18	A	REPUESTOS T1																		C	BP2					1	1	0	0	2	
19	A	REPUESTOS T2																		C	B2					1	1	0	0	2	
20	A	LIBERACIÓN CBU																	B1		C					1	1	0	0	2	
21	A	DOCUMENTACIÓN EXPORTACIÓN																			B1		C	B2		1	1	0	0	2	
22	A	LIBERACIÓN CKD																		B1		B2		C		1	1	0	0	2	
23	A	LIBERACIÓN CKD T1																			B2	B1		C		1	1	0	0	2	
24	A	LIBERACIÓN CKD T2																			BP2	B1		C		1	1	0	0	2	
25	A	SUPERNUMERARIO																			B1	BP1	BP1	BP1	BP1	BP1	6	0	0	0	6
26	A	CKD AEREOS																			B2			B1	C	1	1	0	0	2	
<b>TOTAL B1</b>				1	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	1	3	0	1	2	1	Jefes	N1	23			
<b>TOTAL B2</b>				1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	Responsables	N2	17		
<b>TOTAL B3</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Performance	N3	0		
<b>TOTAL OTROS B</b>				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agente Aduana	N4	0		
<b>TOTAL GENERAL CARGO O PUESTO</b>				2	1	3	2	2	2	1	1	2	0	2	1	1	1	1	1	3	2	4	2	2	3	2	29	21	0	0	80%

# I. Anexo: Análisis de Capacidad cognitiva

Para el desarrollo de la capacidad cognitiva se considera lo descrito en el capítulo 3 (numeral 3.9.6) y cada cargo operativo que impacta sobre el UAP se evalúa en la matriz de la tabla 74 para valorar la capacidad cognitiva requerida para su ejecución. El paso a seguir es calificar bajo estos criterios al personal operativo del departamento para verificar que las personas y sus cargos estén distribuidas de forma idónea.

**Tabla 74.** Matriz capacidad cognitiva del personal.

MATRIZ SELECCIÓN PERSONAL							
Actualizado:	año	Criterios:					
<b>Comercio Exterior</b> 		<b>Atención</b> Situacion social:  2. Persona sin estabilidad*, poco interes en el puesto. 4. Persona sin estabilidad, poco interes en el puesto. 6. Persona estabilidad, interes en el puesto, baja actitud frente a las actividades a desempeñar. 8. Persona estable, interes en el puesto, aceptable actitud frente a las actividades a desempeñar. 10. Persona estable, interes en el puesto, buena actitud frente a las actividades a desempeñar.	<b>Razonamiento</b> Actividades en capacidad de desarrollar:  2. Sin conocimiento aduanero. 4. Conocimiento en cualquier campo aduanero. 6. Conocimiento sobre un proceso. 8. Conocimiento sobre dos procesos. 10. Conocimiento sobre los tres procesos.	<b>Resolución problemas</b> Estudios finalizados:  2. Sin estudios. 4. Tecnologia. 6. Profesional. 8. Diplomado, especializacion. 10. Maestria, posgrado.	<b>Lenguaje</b> Años trabajo en Comercio Exterior en la Empresa:  2. Dos años o menos. 4. Mas de dos años y hasta cuatro años. 6. Mas de cuatro y hasta seis años. 8. Mas de seis años y hasta ocho años. 10. De ocho años en adelante.	<b>Comprensión</b> Coherencia entre conocimiento teorico y practico frente a las funciones a desempeñar:  2. No afinidad. 4. Poca afinidad. 6. Afinidad parcial. 8. Buena afinidad. 10. Totalmente afine.	<b>Total</b>
	<b>Pesos ponderados:</b>		<b>27</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	
Cargo	Persona	Atención	Razonamiento	Resolución problemas	Lenguaje	Comprensión	Puntaje
Coordinador	Recomendado	10	10	8	10	10	934
Coordinador	U01	6	8	4	4	8	586
Supernumerario	Recomendado	10	10	6	8	10	854
Supernumerario	U09	6	10	6	1	8	657
Liberación CBU	Recomendado	8	10	6	6	8	746
Liberación CBU	U06	4	10	8	6	10	744
Liberación CKD	Recomendado	8	6	4	4	8	614
Liberación CKD	U07	8	8	6	7	10	767
Liberación CKD T1	U04	8	6	4	6	8	628
Liberación CKD T2	U08	6	8	6	4	10	692
Liberación CKD T1 (R.T.)	U10	10	6	4	4	8	668
Liberación CKD T2 (R.T.)	U03	10	6	6	6	4	668
Repuestos	Recomendado	8	8	4	2	6	586
Repuestos T1	U02	10	10	6	3	10	819
Repuestos T2	U05	10	8	4	1	8	673

\*Estabilidad: Nivel de seguridad o inseguridad

Nota: Los RT o reemplazos temporales no requieren modificarse, ya que son personas que ejecutan la operación de forma esporádica.

Después, con la matriz diligenciada en la tabla 75 se presenta el cuadro comparativo entre el personal más idóneo para realizar determinado cargo y los requerimientos de los puestos de trabajo.

**Tabla 75.** Resultados evaluación matriz capacidad cognitiva.

Cargo	Evaluación matriz		Modificaciones sugeridas	
	Persona	Puntaje	Persona	Puntaje
Coordinador	Recomendado	 934	Recomendado	 934
Coordinador	U01	 586	U02	 819
Supernumerario	Recomendado	 854	Recomendado	 854
Supernumerario	U09	 657	U07	 767
Liberación CBU	Recomendado	 746	Recomendado	 746
Liberación CBU	U06	 744	U06	 744
Liberación CKD	Recomendado	 614	Recomendado	 614
Liberación CKD	U07	 767	U05	 673
Liberación CKD T1	U04	 628	U09	 657
Liberación CKD T2	U08	 692	U08	 692
Liberación CKD T1 (R.T.)	U10	 668	U10	 668
Liberación CKD T2 (R.T.)	U03	 668	U03	 668
Repuestos	Recomendado	 586	Recomendado	 586
Repuestos T1	U02	 819	U04	 628
Repuestos T2	U05	 673	U01	 586

El personal recomendado para un cambio potencial entre su cargo actual y el cargo idóneo se debe preparar para realizar el cambio de forma gradual y no generar impactos sobre el proceso.

## Referencias

- [1] J. Smith, "Reliability, Maintainability and risk", 2017.
- [2] J. J. C. Caycho y C. A. Mendoza, "Estandarización de procesos para mejorar la productividad en una línea de ensamble de una empresa fabricante de baterías automotrices", pp. 104-166, 2019.
- [3] G. Ellis, "A Practical Application of Human Reliability Assessment", ABB, pp. 1-5, 2017.
- [4] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, "DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)", Industria. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/>, 2018.
- [5] E. Calixto, "Gas and Oil Reliability Engineering", Human Reliability Concepts, 2016.
- [6] National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority, "NOPSEMA – Human Factors", Human Reliability Analysis. Disponible en: <https://www.nopsema.gov.au/>, 2020.
- [7] Y. Kim *et al.* "Implantable Biomedical Microsystems", Human Reliability, 2015.
- [8] O. G. Palencia, "La Confiabilidad Humana en la Gestión del Mantenimiento", 2006.
- [9] L. J. Amendola y T. Depool, "Modelo de confiabilidad humana en la gestión de activos," Asociación Española de Mantenimiento, pp. 1-11, 2006.
- [10] A. D. Swain y H.E. Guttman, "Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications", Human Reliability Analysis, 1983.
- [11] E. Hollnagel, "Human Reliability Assessment in context", Department of Computer and Information Science, University of Linköping, Suecia, pp. 1-9, 2005.
- [12] S. L. Murray y M. S. Thimman, "Human Fatigue Risk Management", Human Reliability analysis, 2016.
- [13] P. S. Institut, "RISK AND HUMAN RELIABILITY – treating the human factor in probabilistic safety analysis", 2009.
- [14] D. P. Nolan "Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities", 2019.

- [15] M. Aalipour, Y. Z. Ayele y A. Barabadi, "Human reliability assessment (HRA) in maintenance of production process: A case study", pp. 1-15, 2016.
- [16] F. Itulua-Abumere, "What is sociology", Staffordshire University, Department of sociology, 2014.
- [17] C. Alacaci, "Inferential Statistics: Understanding Expert Knowledge and its Implications for Statistics Education", Journal of Statistics Education, 2004.
- [18] K. Karel, "The Use of Probability in Risk Assessment", ResearchGate, The College of Regional Development - private college in Prague and Brno, 2014.
- [19] U. Kumar, D. Galar, A. Parida y C. Stenstrom, "Maintenance audits using balance scorecards and maturity model", Maintworld, pp. 34-40, 2011.
- [20] S. Rangra, M. Sallak, W. Schon y F. Vanderhaegen, "Human reliability assessment under uncertainty – towards a formal method", Procedia Manufacturing, pp. 1-8, 2015.
- [21] L. Nedrum y T. Erikson, "Intellectual capital: a human capital perspective," Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education (NIFU), Oslo, Norway, pp. 1-10, 2009.
- [22] P. A. Baziuk, J. N. Mc Leod y S. S. Rivera, "Fuzzy Human Reliability Analysis: Applications and Contributions Review", pp. 1-11, Apr 2016.
- [23] Organización Internacional del Trabajo, "OIT - Descripción general de los sistemas de aprendizaje y sus problemas", pp. 9-10, 2012.
- [24] R. L. Boring, "Fifty years of THERP and Human Reliability Analysis", INL, pp. 1-11, Jun 2012.
- [25] A. Garg and S. G. Deshmukh, "Maintenance management: literature review and directions", pp. 205-238, 2016.
- [26] U.S. Nuclear Regulatory Commission, "The SPAR-H Human Reliability Analysis Method", Idaho National Laboratory, 2005.
- [27] K. M. Salas, C. E. Madriz, O. Sánchez, M. Sánchez y J. B. Hernández, "Modelos de Cuantificación de Error Humano aplicados en la Industria de Manufactura Moderna", Tecnología en Marcha, pp. 1-9, 2016.
- [28] Fiabilidad humana: métodos, NTP 377, Notas Técnicas de Prevención.

- [29] J. M. Moreno y H. Trujillo, "Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas", Universidad de Murcia, ResearchGate, pp. 1-16, 2012.
- [30] J. Núñez, "Fiabilidad humana en los análisis probabilísticos de seguridad", Programa procesos mineralurgicos instituto de tecnología nuclear – CIEMAT, pp. 16-39. 1989.
- [31] S. R. Center, "Technique for Human Error Rate Prediction (THERP)", 2005.
- [32] W.H. Gibson and B. Kirwan, "CARA: A human reliability assessment technique for air traffic management safety assurance", Electrical and Computer Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, UK, pp. 1-8, 2007.
- [33] M.E. Khaled and Y. Kawamura, "Application of Bayesian Belief Network to Estimate Causation Probability of Collision at Chittagong Port by Analyzing Accident Database of Bangladesh", pp.1-5, 2014.
- [34] T. Ruiz, "Comparación de Metodologías de Análisis de Confiabilidad Humana en Escenarios de Accidente en Centrales Nucleares", Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2009.
- [35] P. Martorell, I. Martón, A. Sánchez, S. Martorell y S. Carlos, "El factor humano en el ámbito de la seguridad: Herramientas para un correcto modelado", Universidad Politecnica de Valencia, 2016.
- [36] Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano, NTP 619, Notas Técnicas de Prevención.
- [37] C. Calero, "Los sistemas de producción flexible y sus repercusiones en las condiciones de trabajo", Comisión Ejecutiva Nacional de La Unión General de Trabajadores del País Valenciano, pp. 3-8, 2004.
- [38] E. Rodríguez y A.M. Coves, "Asignación de personal polivalente, basada en tiempos de rotación del personal a las tareas, buscando la satisfacción prioritaria de las tareas". IX Congreso de Ingeniería de Organización Gijón, pp. 1-5, 2005.
- [39] C. E. Fúquene, S. Aguirre y N. B. Córdoba, "Evolución de un sistema de manufactura flexible (FMS) a un sistema de manufactura integrada por computador (CIM)", Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, pp. 1-14, 2007.

- [40] C. Jaramillo, "Sistemas de manufactura flexible: un enfoque estructural", Universidad Católica de Pereira, departamento de informática, pp. 4-13, 1986.
- [41] M. C. Márquez, M. Bosque y A. Torrejón, "Grado de satisfacción profesional y polivalencia laboral", Escuela universitaria de enfermería santa madrona, pp. 28-35. 2008.
- [42] G. J. Skulmoski, F. T. Hartman and J. Krahn, "The Delphi method for graduate research", Journal of Information Technology Education, pp. 2-5, 2007.
- [43] B. Gil y D. Pascual, "La metodología Delphi como técnica de estudio de la validez de contenido", Anales de psicología, pp. 3-4, 2012.
- [44] M. M. Crawford and G. Wriath, "Delphi method", ResearchGate, pp. 2-3, 2016.
- [45] S. R. Brady, "Utilizing and adapting the Delphi method for use in qualitative research", International Journal of Qualitative Method, pp. 1-3, 2015.
- [46] M. Aurisicchio, G. Armstrong and R. Bracewell, "The function analysis diagram", ResearchGate, pp. 2-7, 2012.
- [47] F. A. Cubías, "Análisis funcional e ingeniería del valor", pp. 1-3, 2016.
- [48] M. Rausand, "Reliability centered maintenance", pp. 1-11, 1998.
- [49] A. Ahmed and M. B. Ahmed, "Product design and development by functional analysis", International Journal of Industrial Engineering and Technology, pp. 29-32, 2016.
- [50] J. S. Cramer, "The origins of logistic regression", Tinbergen Institute Discussion Paper, pp. 1-3, 2002.
- [51] M. Ortega y A. Cayuela, "Regresión logística no condicionada y tamaño de muestra: una revisión bibliográfica", Unidad de Apoyo a la Investigación. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío, Sevilla, pp. 1-2, 2002.
- [52] H. A. Park, "An Introduction to Logistic Regression: From Basic Concepts to Interpretation with Particular Attention to Nursing Domain", College of Nursing and System Biomedical Informatics National Core Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea, pp. 1-6, 2013.
- [53] G. James, D. Witten, T. Hastie and R. Tibshirani, "An introduction to statistical learning", Springer Texts in Statistics, pp. 130-137, 2013.

- [54] E. F. Ramly and H. Atan, "Case Study on Development of Process Failure Mode Effect Analysis (PFMEA) – Issues and Recommendation", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, pp. 1-4, 2018.
- [55] V. Singh, H. Pungotra, S. Singh and S. S. Gill, "Prioritization of Failure Modes in Process FMEA using Fuzzy Logic", International journal of enhanced research in science technology & engineering, pp. 1-10, 2013.
- [56] Principales diferencias entre DFMEA y PFMEA, ISO/TS 16949, estándar internacional de calidad para la industria automotriz.
- [57] J. Tonigan, P. A. Balter and J. L. Johnson, "An FMEA evaluation of intensity modulated radiation therapy dose delivery failures at tolerance criteria levels", International scientific journal Medical Physics, pp. 1-4, 2013.
- [58] Occupational Safety & Health Training, "OSHAcademy – Preliminary Hazard Analysis", Resources – System Safety, pp. 4-6, 2018.
- [59] Enesar Consulting Pty Ltd, "Preliminary Hazard Analysis and Risk Assessment", PHA – Browns Oxide Project PER, pp. 1-12, 2005.
- [60] M. Rausand, "Preliminary Hazard Analysis", Norwegian University of Science and Technology, Department of Production and Quality Engineering, System reliability Theory, 2004.
- [61] J. R. Dorbessan, "Las 5S, herramientas de Cambio", Editorial Universitaria de la U.T.N (ISBN), pp. 19-37, 2006.
- [62] A. Singh, "Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance", ResearchGate, pp. 1-10, 2015.
- [63] A. Ghodrati and N. Zulkifli, "The Impact of 5S Implementation on Industrial Organizations' Performance", International Journal of Business and Management Invention, pp. 2-6, 2013.
- [64] "Análisis de los puestos de trabajo", Diseño de acciones formativas, Gobierno del principado de Asturias, pp. 11-40, 2002.
- [65] M. F. Villar, "Procedimiento para la evaluación de los riesgos ergonómicos", Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, pp. 2-3, 2017.

- [66] R. S. Das, "Comparison of worker analysis ratings based on job description and motion-time study", Indian Statistical Institute, Calcutta, pp. 2-3, 1960.
- [67] Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras, "FCCOO – Análisis de un puesto de trabajo", Temas para la educación, pp. 1-3, 2010.
- [68] C. Añez, "Gestión del conocimiento del capital humano en las pequeñas empresas", ResearchGate, pp. 1-5, 2008.
- [69] J. R. López, "La selección de personal basada en competencias y su relación con la eficacia organizacional", Universidad Católica Boliviana San Pablo, Cochabamba, Bolivia, pp. 2-7, 2010.
- [70] D. S. Ones y C. Viswesvaran, "Cognitive Abilities", SchmitBook Ones Dilchert Viswesvaran, pp. 1-50, 2012.
- [71] F. Afiouni, "Human Resource Management and Knowledge Management: A road map toward improving Organizational Performance", Journal of American Academy of Business, Cambridge, pp. 4-5, 2007.
- [72] C. M. Gelabert and A. Aguilera, "Contribución de la gestión de recursos humanos a la gestión del conocimiento", Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, pp. 1-9, 2012.
- [73] M. C. Maturana, "Consideração da confiabilidade humana na concepção de sistemas complexos: desenvolvimento e aplicação da TECHR", Análise de Confiabilidade Humana (ACH), pp. 11-16, 2017.
- [74] Y. A. Báez, M. A. Rodríguez, E. J. De la Vega y D. A. Tlapa, "Factores que influyen en el error humano de los trabajadores en líneas de montaje manual", Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería, 2019.
- [75] L. R. Aiken, "Evaluación de la personalidad: orígenes, aplicaciones y problemas", Problemas y controversias en la evaluación de la personalidad, pp. 313-341, 2015.
- [76] Administradora de Riesgos Laborales, "ARL – Sudamericana de seguros", Accidentes e incidentes de trabajo, importancia de la investigación de ambos. Disponible en: <https://www.arlsura.com/index.php/59-centro-de-documentacion-anterior/gestion-de-la-salud-ocupacional-/326--sp-27016>, 2019.

- [77] Grupo ADECCO, “Líder mundial en Recursos Humanos”, Ocupados por edad y comparación con las ofertas de empleo. Disponible en: <https://www.adecco.com.co/>, 2019.
- [78] D. Goleman, “La inteligencia Emocional”, LELibros, pp. 1-376. 1995.
- [79] U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, “Employee Tenure”, Media laboral en un puesto de trabajo, Disponible en: <https://www.bls.gov/>, 2018.
- [80] Minitab Statistical Software, “Data Analysis, Statistical & Process Improvement Tools”, Software versión 17, 2019. Pp. 313-340, 2017.
- [81] T. I. Cabo, “Métodos de Bondad de Ajuste en Regresión Logística”, Universidad de Granada, 2013.
- [82] J. R. Rocabado, C. E. Flores y J. D. Vargas, “Una aplicación del modelo de regresión logística en la predicción del rendimiento estudiantil”, Universidad de Antofagasta, Departamento de Matemáticas, Chile, pp. 1-20, 2007.
- [83] J. W. Senders, “FMEA and RCA: the mantras of modern risk management”, Failure modes and effects analysis (FMEA), pp. 249-250, 2004.
- [84] P. Biswas, “Example of Process Failure Mode and Effect Analysis”, PFMEA – APB Consultant, pp. 1-13, 2015.
- [85] A. Nagyova, M. Palko and H. Pacaiova, “Analysis and identification of nonconforming products by 5W2H method”, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, pp. 34-35, 2015.
- [86] J. Ovalles, V. Gisbert y A.I. Pérez, “Herramientas para análisis de causa raíz (ACR)”, Área de Innovación y Desarrollo - 3C Empresa, pp. 1-9, 2017.
- [87] C. Altmann, "El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad", 2017.
- [88] M. Gratacós, “10 Habilidades Cognitivas del Ser Humano”, Lifeder, pp. 1-10, 2019.
- [89] J. Greene, “Memory, thinking and language”, Topics in cognitive psychology, pp. 1-186, 2005.