

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE

MANUFACTURA



Método de análisis y prevención de errores cognitivos
en la transferencia de información del proceso de
desarrollo de vestiduras automotrices

PROYECTO QUE PRESENTA

LUIS RICARDO CARRASCO MUÑOZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO

DE

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA

22 DE MAYO DE 2026

DEDICATORIA

A quienes, de una u otra forma, han sido parte de mi camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y al Instituto de Ingeniería y Tecnología por la formación académica recibida durante este programa de maestría.

A mi asesor, por su orientación, tiempo y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A la empresa donde se realizó este estudio, por permitirme analizar el proceso y utilizar la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su apoyo, paciencia y motivación durante esta etapa.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un método para identificar y reducir errores cognitivos en la transferencia de información durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices. Este proceso involucra distintas áreas del departamento de Producto, donde se genera, interpreta y libera información técnica necesaria para la fabricación en planta.

Para el desarrollo del estudio se utilizó el Análisis Jerárquico de Tareas (HTA) para mapear el proceso, y posteriormente el método SHERPA para identificar y clasificar posibles errores humanos. Además, los errores fueron relacionados con criterios de calidad de la información, como exactitud, completitud, claridad, consistencia y accesibilidad.

Los resultados permitieron identificar que los principales errores están relacionados con EBOMs incorrectos, información incompleta e inconsistencias entre distintas fuentes. Con base en esto, se propusieron controles preventivos como una macro para comparación de EBOMs y la adaptación de técnicas Scrum como estándar de comunicación, con el fin de mejorar la trazabilidad de la información y reducir errores durante su revisión y liberación.

Palabras clave: error cognitivo, transferencia de información, SHERPA, HTA, EBOM, vestiduras automotrices.

ABSTRACT

This research aims to develop a method to identify and reduce cognitive errors in information transfer during the automotive trim development process. This process involves different areas of the Product department, where technical information is generated, interpreted, and released for manufacturing.

The study used Hierarchical Task Analysis (HTA) to map the process, followed by the SHERPA method to identify and classify potential human errors. In addition, the identified errors were related to information quality criteria, such as accuracy, completeness, clarity, consistency, and accessibility.

The results showed that the main errors are related to incorrect EBOMs, incomplete information, and inconsistencies between different information sources. Based on these findings, preventive controls were proposed, including a macro for EBOM comparison and the adaptation of Scrum techniques as a communication standard, aiming to improve information traceability and reduce errors during its review and release.

Keywords: cognitive error, information transfer, SHERPA, HTA, EBOM, automotive trim.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Objetivo general	6
1.4 Objetivos específicos.....	6
1.5 Alcance y limitaciones.....	7
1.6 Justificación	7
2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Ingeniería industrial y proceso de desarrollo de producto.....	9
2.2 Error cognitivo.....	11
2.3 Métodos de análisis del error humano.....	12
2.3.1 HTA	12
2.3.2 SHERPA	14
2.4 Calidad de la información.....	17
2.5 Extensión del principio Poka-Yoke a procesos informativos	19
2.6 Metodología Scrum	21
2.6.1 Roles de Scrum.....	22
2.6.2 Actividades de Scrum	23
2.6.3 Artefactos de Scrum	24
3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	26
3.1 Descripción del proceso de estudio	26
3.2 Mapeo del proceso.....	27
3.3 Recolección de datos	27
3.4 Identificación y clasificación del error humano	28
3.5 Análisis de datos	28
3.6 Propuesta de controles preventivos	28

4. CAPÍTULO IV RESULTADOS	29
4.1 Descripción y mapeo del proceso	29
4.2 Recolección y análisis de datos	31
4.3 Propuesta de controles preventivos	38
4.3.1 Macro para comparación de EBOMs	38
4.3.2 Aplicación de técnicas Scrum como estándar de proceso de comunicación	40
5. CAPÍTULO V CONCLUSIÓN	48
6. REFERENCIAS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Errores registrados en 2025 del departamento de Diseño de Producto.....	5
Figura 2.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos	10
Figura 2.2 Diagrama general del proceso de diseño.....	10
Figura 2.3 Ejemplo de HTA aplicado al mantenimiento de un vuelo seguro	13
Figura 2.4 Aplicación de SHERPA al proceso de dispensación de prescripciones	15
Figura 2.5 Marco de calidad de la información.....	19
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso metodológico	26
Figura 4.1 HTA del departamento de Ingeniería de Producto para liberar cambios de ingeniería	30
Figura 4.2 Gráfica de frecuencia de errores SHERPA	33
Figura 4.3 Diagrama de Pareto de categorías de errores reportados	37
Figura 4.4 Cambios en EBOM mediante macro.....	39
Figura 4.5 Pestaña de " <i>change report</i> " en macro	40
Figura 4.6 Integrantes del departamento de Producto	40
Figura 4.7 Combinación de Scrum con el departamento de Producto	43
Figura 4.8 Composición del modelo Scrum	43
Figura 4.9 Proceso del departamento de Producto	44
Figura 4.10 Integración de Scrum en el proceso del departamento de Producto	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación del error humano.....	16
Tabla 4.1 Tabla SHERPA para el proceso del departamento de Desarrollo de Producto	32
Tabla 4.2 SHERPA y calidad de la información.....	34
Tabla 4.3 Clasificación de errores observados y su relación con SHERPA	35
Tabla 4.4 Cinco porqués del error "Desviación en las especificaciones"	37
Tabla 4.5 Funciones de los miembros del departamento de Producto.....	41
Tabla 4.6 Funciones de los miembros de Scrum	42

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El desarrollo de vestiduras automotrices constituye una etapa muy importante en el proceso de diseño y manufactura de interiores de vehículos, ya que influye directamente en la percepción de calidad, confort y valor del producto final. En este proceso se llevan a cabo diversas actividades como: diseño de patrones, definición de especificaciones técnicas, validación de apariencia y liberación de información para su fabricación. Lo anterior implica una interacción constante entre distintos departamentos.

A lo largo del proceso, la transferencia de información se realiza de manera continua entre ingenieros de diversas áreas de trabajo. La correcta interpretación de esta información es clave para garantizar que las especificaciones de diseño sean aplicadas adecuadamente al producto físico y que cumpla con los requerimientos establecidos. Sin embargo, la complejidad del proceso y del producto, en combinación con la acción de múltiples individuos incrementa la probabilidad de que se presenten errores asociados a interpretación, comunicación y uso de la información.

Los errores que se originan durante la transferencia de información pueden presentarse en forma de defectos de apariencia, reprocesos, desperdicio de materiales y retrasos en la liberación productos. En la mayoría de los casos, estos errores no se deben a fallas técnicas del diseño, sino a efectos cognitivos humanos relacionados con la comprensión, selección y verificación de la información.

De esta manera, cobra relevancia el análisis de los errores cognitivos presentes durante la transferencia de información, así como la identificación de los puntos del proceso donde estos errores se generan con mayor frecuencia. Abordar este análisis permite obtener una visión amplia de la naturaleza de los errores y, por lo tanto, establecer mecanismos preventivos orientados a reducir su nivel de ocurrencia.

Por lo anterior, el presente trabajo se enfoca en el estudio de los errores cognitivos asociados a la transferencia de información durante el proceso de desarrollo de vestiduras

automotrices, con el propósito identificar estos errores, clasificarlos y realizar propuestas de prevención o solución, de manera que se contribuya a la mejora de la calidad del proceso y a la disminución de fallas derivadas de errores humanos en las etapas de desarrollo del producto.

1.1 Antecedentes

Hoy en día hay mucho auge por impulsar la automatización en los procesos industriales ya que otorgan una ventaja al mejorar sus servicios y productos a los clientes. Sin embargo, el factor humano parece no ser considerado de manera adecuada en la implementación de estos nuevos sistemas. (Angelopoulou et al., 2020). De esta manera, diversos estudios se han enfocado en la identificación de errores cognitivos, tal como Salas-Arias et al. (2018) donde se dedicaron a analizar estos tipos de errores en un proceso de manufactura metalmecánica, identificando que una parte significativa de las fallas se origina en desviaciones durante la realización de tareas operativas. Los autores emplearon metodologías de análisis de confiabilidad humana para clasificar los errores y estimar su probabilidad de ocurrencia.

Asimismo, en la industria de manufactura de dispositivos médicos, Carillo-Gutiérrez et al. (2021) realizaron un estudio de caso enfocado en el análisis del error humano y su relación con la calidad del producto, destacando la necesidad de comprender las circunstancias y factores que influye en la ocurrencia de estos errores. Los autores desarrollan una taxonomía de factores humanos a partir del conocimiento de los grupos de producción y calidad, considerando aspectos personales, técnicos y organizacionales, así como en el contexto en que se ejecutan las tareas. El estudio muestra que los errores humanos no pueden atribuirse únicamente a fallas individuales, sino que están fuertemente influenciados por condiciones organizacionales y del entorno de trabajo.

En el ámbito del diseño de procesos industriales, Mohammadfam et al. (2022) realizaron un estudio cualitativo orientado a identificar las causas y consecuencias del error humano en la fase de diseño de procesos mineros. A partir de entrevistas a expertos, los autores desarrollan su modelo donde agrupan factores que influyen en el error humano como organizacionales, individuales, externos, ambientales y de tareas. El estudio muestra que los errores en etapas

tempranas de diseño pueden generar impactos significativos en la seguridad, la salud y el entorno, reforzando la necesidad de analizar el error humano en este tipo de procesos.

En el sector de la industria del software, Paramanatham y Liyanage (2023) analizaron el impacto de la evaluación del error humano en el desempeño organizacional, considerando errores de tipo operativo, de diseño, de pruebas y de mantenimiento. A partir de un método donde se combinó encuestas a personal técnico y entrevistas a niveles administrativos, los autores identificaron una relación significativa entre la ocurrencia de errores humanos y variables de desempeño como la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la innovación. De esta forma, el estudio resalta que los errores humanos no se presentan de forma aislada, sino como resultado de deficiencias en habilidades, procesos de diseño y mecanismos de verificación.

Asimismo, dentro del campo del análisis del error humano, se han desarrollado métodos orientados a descomponer tareas y anticipar posibles fallas antes de que estas se materialicen en el sistema. Entre ellos, el *Hierarchical Task Analysis* (HTA) ha sido ampliamente utilizado para descomponer procesos complejos en subtareas y operaciones principales, facilitando la identificación de puntos críticos donde pueden generarse desviaciones durante la ejecución (Pratiwi et al., 2019).

De manera complementaria, el método *Systematic Human Error Reduction and Prediction* (SHERPA) se emplea como una técnica sistemática para predecir y clasificar errores humanos a partir de una descomposición previa de tareas (Puspitasari et al., 2025), comúnmente basada en HTA. SHERPA permite identificar tipos de error asociados a acciones, verificaciones, recuperaciones de información y comunicaciones, así como estimar sus posibles consecuencias y estrategias de recuperación. Diversos estudios han utilizado la combinación de HTA y SHERPA en entornos de alto riesgo para anticipar fallas humanas y diseñar controles preventivos, demostrando que ambos métodos se complementan al integrar el análisis estructural de la tarea con la predicción sistemática del error, tal como Khaleghi et al., (2022), quienes aplicaron estas herramientas en un entorno hospitalario para identificar y evaluar errores cometidos por personal de enfermería en un departamento de emergencias, caracterizado por

alta presión operativa y complejidad en las tareas. Los autores descompusieron las actividades mediante HTA y posteriormente emplearon SHERPA para clasificar los errores según su tipo y severidad. De esta manera, se pueden desarrollar sistemas de prevención.

De manera similar, Dehagh et al. (2017) emplearon el análisis jerárquico de tareas (HTA) seguido del método SHERPA para identificar errores humanos en una planta municipal de tratamiento de agua, específicamente en actividades realizadas en la sala de control y unidades operativas asociadas. En este estudio se identificaron errores principalmente de acción y verificación, evidenciando que la combinación de ambos métodos resulta adecuada para analizar sistemas industriales complejos donde la supervisión, el monitoreo y la correcta ejecución de procedimientos son críticos para la seguridad del sistema.

Asimismo, Mohammadi et al. (2023) aplicaron HTA y el método SHERPA en la sala de control de una planta termoeléctrica para predecir y evaluar errores humanos en tareas de monitoreo y operación. Los resultados evidenciaron una predominancia de errores de acción y verificación, destacando la utilidad del enfoque combinado para analizar sistemas industriales y proponer medidas preventivas como listas de verificación y estandarización de procedimientos.

En conjunto, los estudios revisados evidencian que el error humano ha sido ampliamente analizado en distintos contextos industriales y de alto riesgo, abordándose desde la confiabilidad humana, la calidad del producto, el diseño de procesos y el desempeño organizacional. No obstante, se observa que la mayoría de los estudios se concentran en entornos operativos, clínicos o de infraestructura crítica, mientras que el análisis específico de los errores cognitivos asociados a la transferencia de información durante las fases de desarrollo de producto ha recibido menor atención. Esto pone de manifiesto la necesidad de profundizar en el estudio preventivo de dichos errores en procesos de ingeniería, particularmente en el desarrollo de vestiduras automotrices, donde la correcta interpretación, comunicación y aplicación de especificaciones técnicas resulta muy importante para la calidad del producto final.

1.2 Planteamiento del problema

Durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices, la transferencia de información entre las áreas del departamento de producto es un punto crítico para asegurar la correcta materialización de las especificaciones de diseño. Esta información incluye especificaciones de costura, colores, materiales, herramientas con patrones digitales para corte, elementos de subensamble y dibujos, principalmente, los cuales deben de ser interpretados y aplicados de manera consistente a lo largo del proceso.

En la práctica se ha observado que una proporción de los problemas que surgen durante la validación y producción de vestiduras no se origina en fallas del diseño en sí, sino en errores asociados a la interpretación, selección y uso de la información transferida entre áreas. Estos errores se expresan en defectos de apariencia, retrabajos y ajustes tardíos al diseño, generando incrementos en costos, consumo de materiales y tiempos de procesamiento de la información.

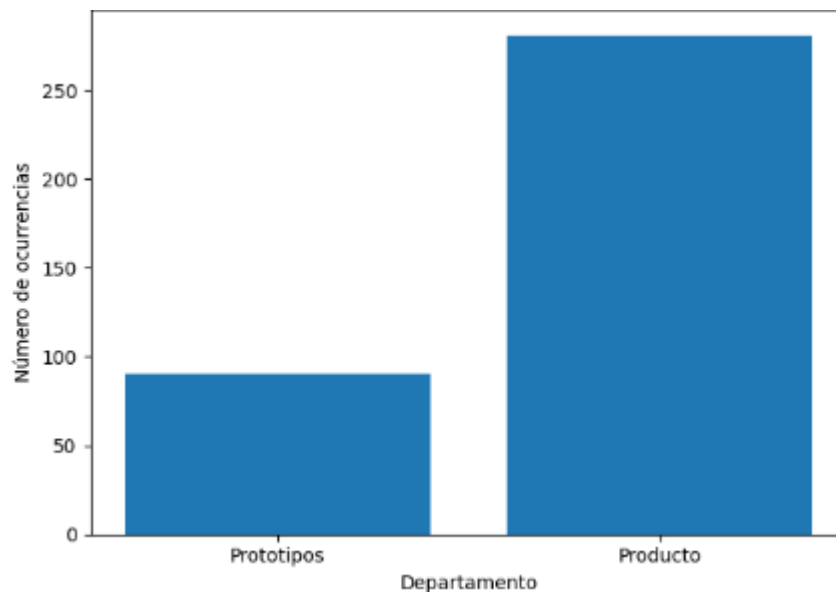


Figura 1.1 Errores registrados en 2025 del departamento de Diseño de Producto

En la Figura 1.1 se presenta la distribución de los errores identificados en el año 2025 por los dos principales departamentos de Diseño de Producto. Se observa que el área de Producto concentra la mayor proporción de ocurrencias. Es importante señalar que este departamento se conforma por los subdepartamentos de Accumark, Desarrollo, CAD y Trim-Producto, los cuales intervienen directamente en la generación, modificación y liberación de la información técnica

asociada a la vestidura. Esta concentración muestra que una parte significativa de los errores podría estar relacionada con la transferencia e interpretación de especificaciones técnicas dentro de estas áreas.

A pesar de la recurrencia de estos problemas, las acciones correctivas suelen enfocarse en corregir el resultado visible del error, sin contar con un enfoque que permita identificar el tipo de error cognitivo. Asimismo, los métodos de control de revisión técnica utilizados durante el desarrollo de vestiduras se centran en la verificación del producto físico, dejando de lado el análisis de los procesos cognitivos y de comunicación que influyen en la correcta interpretación de la información. Esta situación influye en la capacidad de prevenir errores por parte de los equipos de trabajo cuando liberan su información.

Bajo estas condiciones, resulta necesario contar con un enfoque que permita analizar la transferencia de información desde la perspectiva de los factores humanos, identificar los errores cognitivos más frecuentes y establecer mecanismos preventivos orientados a reducir su ocurrencia durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices.

En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede desarrollarse un enfoque que permita identificar y reducir los errores cognitivos asociados a la transferencia de información durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices?

1.3 Objetivo general

Desarrollar un método para identificar y reducir errores cognitivos en la transferencia de información durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices, mediante el uso de herramientas de análisis de error humano y calidad de la información.

1.4 Objetivos específicos

- Describir el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices.
- Analizar el flujo de información mediante HTA.
- Identificar los principales tipos de errores cognitivos presentes en la transferencia de información.

- Clasificar los errores identificados mediante el método SHERPA.
- Evaluar la calidad de la información transferida utilizando criterios definidos.
- Proponer controles preventivos para reducir errores en la transferencia de información.

1.5 Alcance y limitaciones

El presente estudio se enfoca en el análisis de la información que se transfiere durante el proceso de desarrollo de vestiduras, considerando las etapas en las que se generan, interpretan y liberan especificaciones en el departamento de producto, que a su vez se divide en seis áreas: producto, desarrollo, CAD, accumark, trim y prototipos. El alcance se centra en las actividades humanas y cognitivas asociadas a la interpretación, selección y verificación de la información.

El método propuesto se desarrolla a partir del análisis de tareas y de la aplicación de métodos de análisis de error humano y del flujo de información, con el objetivo de identificar y clasificar los errores cognitivos más frecuentes asociados a la transferencia de información. A partir de este análisis, se plantean mecanismos preventivos orientados a reducir la ocurrencia de dichos errores durante el proceso de desarrollo. Sin embargo, el estudio se aplica a un caso en específico de un programa perteneciente a una línea de automóvil que se encuentra en desarrollo de nuevo modelo. Aunque la recopilación de datos sea generada con base en todos los programas, las medidas preventivas son solo aplicadas en uno de ellos y con el personal participante de tal programa.

1.6 Justificación

El proceso de desarrollo de vestiduras automotrices requiere una interacción constante entre diversas áreas que generan, interpretan y liberan información técnica, lo que convierte a la transferencia de información en un elemento crítico para asegurar la calidad del producto final. Los errores asociados al manejo de dicha información son representados en defectos, reprocesos y ajustes tardíos que impactan negativamente en costos, tiempos de desarrollo y consumo de materiales.

En la práctica, las acciones implementadas para atender estos problemas suelen enfocarse en corregir los defectos una vez que se presentan en el área subsecuente del proceso, sin contar con un enfoque que permita identificar la base real del problema.

Desde un ámbito académico, existe una oportunidad para integrar enfoques de factores humanos y calidad de la información en procesos de desarrollo de producto dentro de la industria automotriz. En este sentido, el presente estudio propone un modelo que permite identificar y clasificar los errores cognitivos asociados a la transferencia de información, así como establecer mecanismos preventivos orientados a reducir su recurrencia.

Finalmente, desde una perspectiva práctica, el modelo propuesto puede apoyar a los equipos de desarrollo en la detección temprana de fallas y en la mejora de la calidad del proceso, contribuyendo a la reducción de reprocesos y a un uso más eficiente de los recursos durante el desarrollo de vestiduras automotrices.

2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El marco teórico presenta los conceptos y enfoques que permiten comprender el proceso de desarrollo de producto desde la ingeniería industrial, así como los factores que influyen en su desempeño. En este sentido, se revisan los principios asociados al desarrollo de procesos, el papel de las personas en la ejecución de actividades técnicas y la importancia de la información como elemento fundamental para la toma de decisiones. Asimismo, se abordan los errores que pueden surgir durante la interacción entre procesos, personas e información, junto con algunos métodos utilizados para su análisis en entornos industriales. Finalmente, se introduce el enfoque de prevención de errores como una alternativa para fortalecer la confiabilidad de los procesos y reducir desviaciones durante el desarrollo del producto.

2.1 Ingeniería industrial y proceso de desarrollo de producto

La ingeniería industrial es naturalmente una ingeniería multidisciplinaria que se concentra en optimizar el sistema productivo en cualquier nivel (Bouguern, 2022). Se enfoca en el diseño, mejora e instalación de sistemas de personas, materiales, información, equipo y energía, con el objetivo de alcanzar una alta productividad y calidad a un costo mínimo (Shil, 2023).

Suele pensarse que la ingeniería industrial es exclusiva de los procesos de manufactura donde hay transformación directa del producto, sin embargo, sus conceptos pueden ser aplicados en cualquier área del flujo industrial, como en el proceso de desarrollo. Tal es el caso de la manufactura esbelta la cual, dedicada a la reducción de desperdicios y optimización de procesos (Arcentales et al., 2022), es una de las principales disciplinas de la ingeniería industrial que, aunque se conoce principalmente por ser aplicada directamente en la manufactura, sus lineamientos encajan en el desarrollo de producto conocidos como desarrollo de producto esbelto (Nafisi, 2018).

El desarrollo de producto puede ser definido como todo aquel flujo de actividades e información que dan como resultado el producto final. (Nafisi et al., 2016).

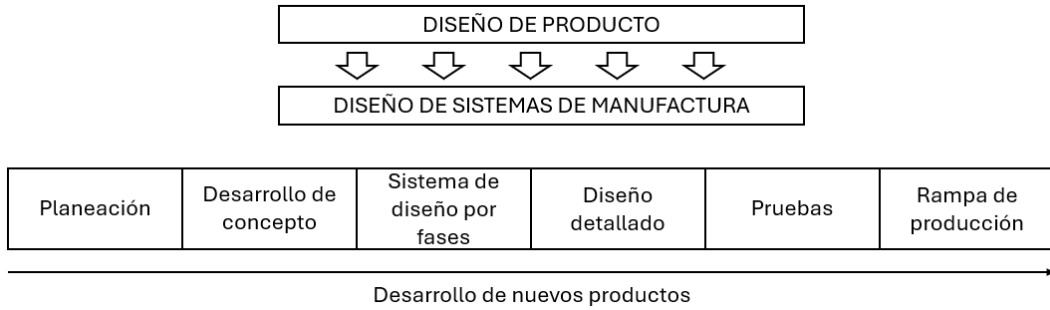


Figura 2.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos

Fuente: Adaptado de Nafisi et al. (2016)

Estos mismos autores proponen una secuencia básica que sigue este proceso, el cual puede ser observado en la figura 2.1. Estos factores observados consisten en una planeación de las actividades del desarrollo por fases, en las cuales hay un enfoque en avances de diseño del producto, así como en establecer los sistemas productivos adecuados para el tipo de producto que se va a manufacturar en masa al término del desarrollo.

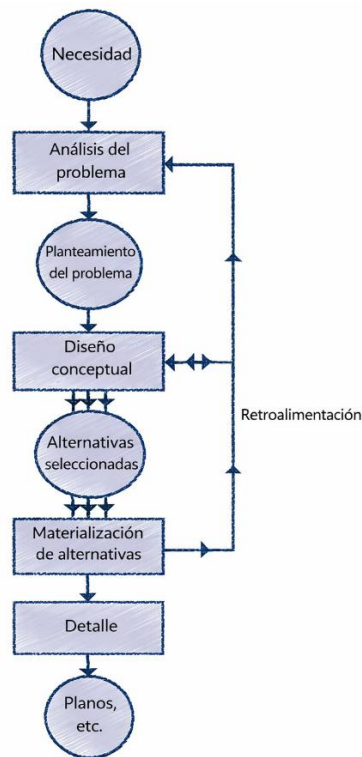


Figura 2.2 Diagrama general del proceso de diseño

Fuente: Adaptado de Wynn & Clarkson (2017)

Una de las partes más importantes en este tipo de procesos es el desarrollo del diseño, donde surge el reto para materializar las expectativas que tiene el cliente. El desafío existe en la interpretación de los diferentes para materializar y dar solución a la expectativa del cliente a través de la información y documentación que se comparte en el flujo de trabajo de los equipos y con la variabilidad de los diseños. La figura 2.2 muestra el proceso general de los pasos para una iteración en el proceso de diseño, el cual comienza con una necesidad, seguido del análisis y planteamiento del problema para formular próximamente un plan de acción y llegar al diseño conceptual para llevar a cabo una alternativa de solución y materializar la primera iteración del diseño, en el que puede existir retroalimentación que provocará que se comience nuevamente en el primer paso del diagrama. Una vez aceptada una alternativa de solución, se detallan los resultados para continuar con la creación de planos, bill de materiales y estructuración en el sistema de la información necesaria para su fabricación.

Como se puede observar, existe un constante análisis para la toma de decisiones conforme a las soluciones que se tienen que brindar en cada una de las fases del desarrollo del producto. No es un proceso lineal que ya cuenta con acciones predeterminadas para resolver problemáticas, si no que, a través de la participación de diversos equipos, en conjunto con la transferencia de información, se tiene que llegar a la expectativa inicial establecida. Por la misma naturaleza del proceso, existe alta posibilidad de que se presenten errores cognitivos, los cuales se van a abordar a continuación.

2.2 Error cognitivo

El error cognitivo, aunque el concepto de error cognitivo ha sido ampliamente estudiado en disciplinas como la psicología y las ciencias cognitivas, su aplicación explícita en el análisis de procesos industriales sigue siendo limitada. De acuerdo con Romero et al. (2016) la cognición se define como el conjunto de procesos mentales por medio de los cuales se organiza y se da sentido a la actividad, el pensamiento, el razonamiento, a la acción, y a diferentes formas de relación de las personas con el mundo y con la información que se obtiene de él. Por otro lado, Arauz et al. (2022) menciona que la cognición hace referencia a factores como el pensamiento, el razonamiento, la memoria, formulación de conceptos, consolidación de habilidades, percepción y la atención.

En esta investigación se adopta el concepto error cognitivo como una categoría específica del error humano, debido a que permite analizar fallas asociadas a los procesos de percepción, interpretación y toma de decisiones involucrados en la transferencia de información, más allá de la ejecución física de las tareas. Estos errores suelen abordarse mediante estrategias como la automatización de procesos, con el objetivo de reducir la carga cognitiva y la variabilidad asociada a la interpretación humana.. Sin embargo, aunque durante mucho tiempo la industria se ha dedicado a automatizar sus procesos, el trabajo humano es aún una opción rentable y necesaria en contextos con elevada complejidad y variabilidad (Medina, 2020).

En este contexto, resulta necesario identificar métodos de análisis del error humano que permitan clasificar los errores cognitivos, comprender sus causas y establecer estrategias de prevención acordes a las características y necesidades del proceso.

2.3 Métodos de análisis del error humano

Con el fin de comprender y abordar los errores cognitivos presentes en los procesos industriales, se han desarrollado diversos métodos de análisis del error humano que permiten estudiar de manera estructurada la interacción entre las personas, las tareas y el sistema en el que se desempeñan.

2.3.1 HTA

El Análisis Jerárquico de Tareas (*Hierarchical Task Analysis*, HTA) es un método de análisis de tareas que permite describir el flujo de trabajo de sistemas y actividades mediante la descomposición del objetivo principal en subobjetivos organizados de forma jerárquica (Salmon et al., 2022).

Dentro del HTA, una tarea principal se descompone en subobjetivos que representan operaciones específicas necesarias para alcanzar un objetivo de nivel superior. Esta estructura jerárquica facilita el análisis de las razones por las cuales un subobjetivo puede no activarse correctamente, lo que a su vez impide la finalización de la operación correspondiente (Dreger et al., 2023).

De esta manera, Maya et al. (2022) proponen una serie de pasos para el desarrollo del HTA, entre los que se incluyen el establecimiento del propósito del análisis, la definición de los objetivos de las tareas, la adquisición de datos, la descomposición jerárquica del proceso y la validación del modelo. De forma similar, Klockner (2013) plantea una secuencia metodológica que comprende la definición de la tarea a analizar, la recopilación de información relevante, la determinación del objetivo general, la descomposición en subobjetivos y la elaboración de un plan de análisis.

La figura 2.3 presenta un ejemplo de HTA aplicado al mantenimiento de un vuelo seguro, donde se ilustran los objetivos, subobjetivos y planes de ejecución.

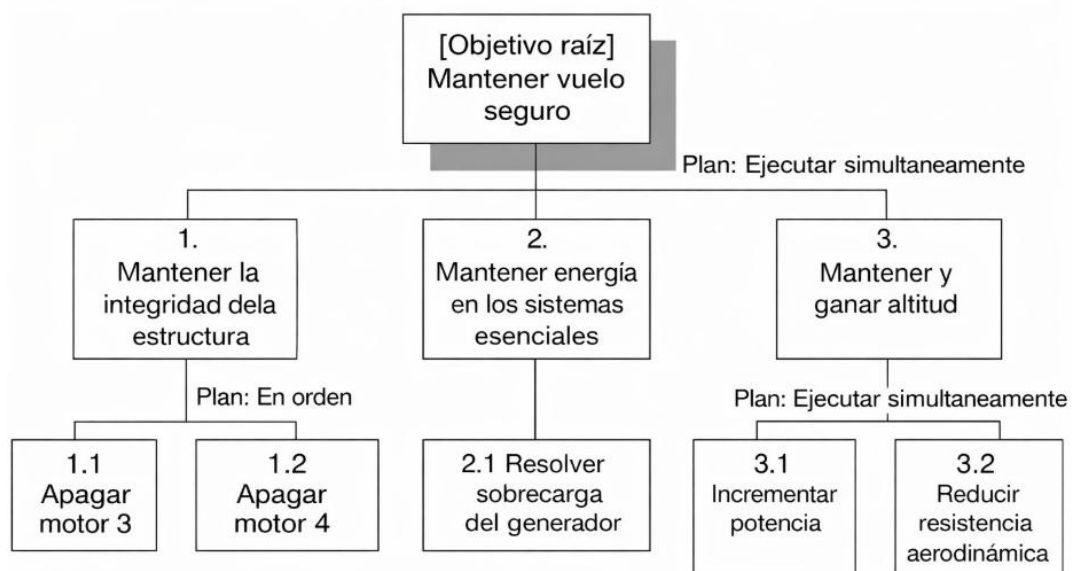


Figura 2.3 Ejemplo de HTA aplicado al mantenimiento de un vuelo seguro

Fuente: Adaptado de Pocock et al. (2001)

En síntesis, el HTA constituye una herramienta útil para estructurar y comprender el trabajo humano mediante la descomposición sistemática de objetivos y acciones. Si bien el HTA no se orienta de manera directa a la identificación de errores, su principal aporte radica en la claridad con la que permite representar las tareas y los puntos de interacción entre las personas y el sistema. En consecuencia, cuando se busca no solo comprender cómo se ejecuta una tarea, sino anticipar y clasificar las posibles fallas asociadas a cada una de sus subtareas, resulta

necesario complementar este enfoque con métodos específicos de predicción y reducción del error, como el método SHERPA.

2.3.2 SHERPA

SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*) es una técnica empleada para anticipar errores humanos a partir del análisis detallado de las tareas, permitiendo proponer medidas preventivas de acuerdo con el tipo de error identificado (Amin & Bouhafis, 2024). Esta metodología fue desarrollada por el profesor David Embrey (Embrey, 1986) y se fundamenta en enfoques consolidados de análisis de fiabilidad de sistemas, como FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) y HAZOP (*Hazard and Operability Study*) (Medina, 2020).

El método SHERPA se asocia con el *Hierarchical Task Analysis* (HTA) y una tabla de taxonomía del error que permiten relacionar de manera estructurada los tipos de error humano que pueden aplicar en un proceso (Hung & Dai, 2024).

SHERPA inicia con la recopilación de información detallada del proceso bajo estudio, lo cual generalmente se realiza mediante observación directa y entrevistas con los operadores que ejecutan las tareas. A partir de este análisis, se identifican los posibles errores humanos asociados a cada paso y se evalúa si dichos errores pueden generar eventos no deseados, potencialmente peligrosos o críticos. Clasifica a los errores humanos en diferentes categorías, entre las que se incluyen errores de acción, errores de comprobación, errores de información, errores de selección y errores de comunicación, los cuales se pueden observar en la tabla 2.1.

Diversos autores han descrito de manera estructurada el procedimiento para la aplicación del método SHERPA. En particular, Stanton et al. (2013) proponen una secuencia de análisis que permite evaluar de forma sistemática los errores humanos asociados a cada etapa de una tarea. De acuerdo con este enfoque, el análisis SHERPA comprende las siguientes actividades:

1. Clasificar cada paso de la tarea de acuerdo con su naturaleza, considerando categorías como acción, recuperación de información, comprobación, selección, información o comunicación.
2. Asociar a cada paso los posibles errores humanos utilizando una taxonomía de errores previamente definida.
3. Describir las consecuencias que podría generar cada error potencial en caso de que ocurra.
4. Identificar si existen mecanismos o acciones que permitan la recuperación del sistema tras la ocurrencia del error.
5. Evaluar la probabilidad de ocurrencia del error, clasificándola como baja (L: ocurre raramente), media (M: ocurre ocasionalmente) o alta (H: ocurre frecuentemente).
6. Determinar la criticidad del error en función del impacto de sus consecuencias, clasificándola como baja (L: efecto apenas perceptible), media (M: efecto perceptible pero transitorio) o alta (H: efecto potencialmente crítico).
7. Proponer medidas correctivas o preventivas orientadas a evitar la ocurrencia del error o a reducir sus consecuencias.

Paso de la tarea	Tipo de paso de la tarea	Código de error	Descripción	Consecuencia	Recuperación	Probabilidad de ocurrencia del error	Criticidad del error si ocurre	Medidas correctivas
5.1	Acción	A8	Las prescripciones no se retiran del canastillo	No se revisan completamente todas las prescripciones	—	H	L	<ul style="list-style-type: none"> • Área dedicada y claramente definida para la revisión de prescripciones • Procedimiento operativo para organizar los medicamentos una vez dispensados en un canastillo • Número de prescripciones claramente marcado en cada receta (ej. 1 de X) • Escritorio con dimensiones antropométricamente adecuadas para el farmacéutico • Consideración del contraste de colores (ej. evitar una receta blanca en un canastillo blanco sobre un escritorio blanco)
		A9	No se retiran todas las prescripciones del canastillo	No se revisan completamente todas las prescripciones	—	H	L	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar el uso correcto de los canastillos disponibles según el número de artículos dispensados
5.2	Comprobación	C1	No se confirma que todas las prescripciones pertenezcan al mismo paciente	Medicamentos de más de un paciente combinados en una sola bolsa	5.6	L	M	<ul style="list-style-type: none"> • Área de revisión claramente definida con espacio suficiente para revisar adecuadamente la prescripción
		C2	Confirmación incompleta de que todas las prescripciones pertenezcan al mismo paciente	Medicamentos de más de un paciente combinados en una sola bolsa	5.6	L	M	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de distracciones e interrupciones durante el proceso de dispensación

Figura 2.4 Aplicación de SHERPA al proceso de dispensación de prescripciones

Fuente: Adaptado de Ashour et al. (2022)

En la figura 2.4 se presentan los resultados del análisis SHERPA aplicado al proceso de dispensación, específicamente en las etapas de acción y comprobación. Para cada paso de la tarea se identificó el tipo de actividad, el código de error asociado de acuerdo con la taxonomía de la tabla 2.1, la descripción del posible fallo, sus consecuencias operativas, las oportunidades de recuperación existentes, así como una estimación cualitativa de la probabilidad y criticidad del error en caso de ocurrir.

Tabla 2.1 Clasificación del error humano

Clase de comportamiento	Categoría de error en la tarea
Acción	A1. Operación demasiado larga / corta
	A2. Tiempo incorrecto
	A3. Operación en dirección incorrecta
	A4. Mucha / poca operación
	A5. Operación desalineada
	A6. Objeto incorrecto
	A7. Operación incorrecta
	A8. Operación omitida
	A9. Operación incompleta
	A10. Operación incorrecta y objeto incorrecto
Comprobación	C1. Verificación omitida
	C2. Verificación incompleta
	C3. Objeto incorrecto
	C4. Verificación incorrecta
	C5. Tiempo incorrecto
	C6. Verificación incorrecta, objeto incorrecto
Información	R1. Información no obtenida
	R2. Información incorrecta obtenida
	R3. Recuperación de información obtenida
	R3. Recuperación de información incompleta
Comunicación	I1. Información no comunicada
	I2. Información incorrecta comunicada
	I3. Comunicación de la información incompleta
Selección	S1. Selección omitida
	S2. Selección incorrecta realizada

Fuente: Adaptada de Ashour et al. (2022)

El análisis evidencia cómo errores aparentemente simples, como la omisión en la retirada completa de prescripciones o la confirmación incompleta de la pertenencia al mismo paciente, pueden derivar en consecuencias significativas, tales como la combinación incorrecta de medicamentos. Asimismo, la inclusión de medidas correctivas permite vincular directamente la identificación del error con propuestas concretas de mejora, tales como la estandarización del área de revisión, la reducción de distracciones y la implementación de procedimientos operativos claros.

En conclusión, el método SHERPA permite descomponer el proceso en tareas específicas y analizar de manera estructurada los posibles errores humanos asociados a cada una de ellas. A través de la identificación de consecuencias, oportunidades de recuperación y medidas preventivas, el método facilita la comprensión de cómo se generan y propagan las fallas dentro de un sistema. De esta forma, no solo contribuye a la detección anticipada de riesgos, sino que también orienta la definición de acciones encaminadas a su reducción.

Sin embargo, el análisis de errores no depende únicamente de la ejecución de la tarea, sino también de las características de la información que la sustenta. La claridad, consistencia y disponibilidad de la información influyen directamente en la probabilidad de que se presenten fallas durante el proceso. Por ello, resulta pertinente complementar el análisis del error humano con una revisión de los principios asociados a la calidad de la información, los cuales se desarrollan en el siguiente apartado.

2.4 Calidad de la información

De acuerdo con la norma ISO 9000, una organización orientada a la calidad promueve una cultura que influye en el comportamiento, las actitudes, las actividades y los procesos, con el propósito de generar valor mediante el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y demás partes interesadas. En este sentido, la calidad de los productos y servicios no solo depende de su desempeño funcional, sino también de la capacidad de la organización para satisfacer al cliente y del impacto, previsto o no, que dichos productos o servicios puedan tener en otras partes involucradas. Asimismo, la calidad comprende tanto el funcionamiento esperado

como el valor percibido y los beneficios que el cliente asocia con el producto o servicio (ISO, 2015).

A partir de la relación entre los conceptos de calidad y datos, puede entenderse la calidad de la información como el grado en que los datos cumplen con determinados requisitos previamente establecidos. No obstante, la literatura amplía esta definición al señalar que la calidad no solo depende del cumplimiento formal de criterios, sino también de la adecuación de la información para el uso previsto y de su capacidad para satisfacer las necesidades de quienes la utilizan. En este sentido, la calidad de los datos se vincula directamente con su utilidad práctica, es decir, con que estén libres de errores, sean pertinentes y respondan a los requerimientos específicos del contexto en el que serán empleados. Asimismo, dichos requisitos pueden estar determinados por normas, regulaciones, políticas internas, expectativas de las partes interesadas o por el propósito mismo para el cual la información fue generada. Por lo tanto, la calidad de la información no es un atributo absoluto, sino una condición relativa que depende del entorno organizacional y del uso que se le dará dentro del proceso (Hassenstein & Vanella, 2022).

De esta manera, la calidad de la información suele abordarse a través de marcos conceptuales que permiten evaluar sistemáticamente sus atributos y determinar el grado en que cumple con determinados criterios. Diversos autores han propuesto enfoques para estructurar dichos marcos. Por ejemplo, Hassenstein y Vanella (2022) distinguen dimensiones intrínsecas, contextuales, representacionales y de accesibilidad, las cuales se subdividen en criterios específicos que permiten analizar distintas características de la información.

Por otro lado, el *Canadian Institute for Health Information* (2024) propone una clasificación basada en cinco dimensiones: relevancia, exactitud y confiabilidad, comparabilidad y coherencia, oportunidad y puntualidad, y accesibilidad y claridad, como se muestra en la Figura 2.5. Este marco ofrece una estructura más integral y orientada al uso de la información, lo cual permite abarcar de manera más amplia los aspectos que pueden generar errores en el contexto del presente estudio. Por esta razón, dicho enfoque será adoptado como base para el análisis desarrollado en los resultados.

Dimensión	Descripción
Relevancia	Grado en que la información satisface las necesidades actuales y potenciales de clientes, usuarios, partes interesadas o la audiencia.
Exactitud y confiabilidad	Grado en que la información describe de manera correcta y consistente el fenómeno que fue diseñada para medir.
Comparabilidad y coherencia	Grado en que la información es comparable a lo largo del tiempo y entre distintas jurisdicciones, producida bajo estándares y métodos comunes, y que puede combinarse con otras fuentes.
Oportunidad y puntualidad	La oportunidad se refiere a la rapidez con la que la información se pone a disposición después del periodo de referencia; la puntualidad indica si la información se entrega en las fechas previamente anunciadas.
Accesibilidad y claridad	Grado en que la información, incluida la documentación explicativa y los metadatos complementarios, es fácilmente accesible y se presenta de manera clara y comprensible.

Figura 2.5 Marco de calidad de la información

Fuente: Adaptado de Canadian Institute for Health Information (2024)

En síntesis, la calidad de la información constituye un elemento clave en el desempeño de los procesos organizacionales, ya que influye directamente en la forma en que los individuos interpretan, procesan y aplican los datos disponibles. Cuando la información carece de claridad, consistencia, oportunidad o relevancia, aumenta la probabilidad de interpretaciones incorrectas y, en consecuencia, de errores durante la ejecución de las tareas. Por lo tanto, el análisis de la calidad de la información no solo permite identificar debilidades en los sistemas de gestión, sino que también proporciona una base para el diseño de mecanismos preventivos orientados a reducir la ocurrencia de fallas asociadas a factores cognitivos. De esta forma, resulta pertinente incorporar estrategias que no dependan exclusivamente de la atención o experiencia del operador, sino que integren controles diseñados para prevenir el error desde su origen, como es el caso del enfoque de poka-yoke cognitivo, el cual se desarrolla en el siguiente apartado.

2.5 Extensión del principio Poka-Yoke a procesos informativos

El concepto de *Poka-Yoke* fue desarrollado como una estrategia orientada a prevenir errores antes de que éstos generen defectos en el proceso o en el producto final. De acuerdo con Vizhalil (2023), el *Poka-Yoke* puede aplicarse para evitar que el error ocurra, detener su avance dentro del proceso o advertir su presencia una vez que ha sucedido. Esta herramienta se caracteriza por su capacidad de adaptarse a distintos sectores industriales, constituyendo un recurso eficaz

para la reducción de fallas. En el contexto tecnológico actual, su implementación adquiere mayor relevancia debido a la creciente complejidad de los sistemas productivos.

Desde una perspectiva más estructurada, Lazarevic et al. (2019) señalan que las fuentes de error no se limitan únicamente a la ejecución directa de una operación, sino que pueden originarse entre operaciones o incluso al inicio del proceso. Esto amplía el alcance tradicional del *Poka-Yoke*, demostrando que sus soluciones pueden aplicarse tanto dentro como fuera de las actividades operativas específicas, incluyendo etapas previas y puntos de transferencia. Esta consideración resulta especialmente relevante en procesos donde la calidad depende de múltiples interacciones y flujos de información.

Los mismos autores proponen una clasificación de los dispositivos *Poka-Yoke* que permite comprender distintos niveles de intervención:

- Dispositivos pasivos (PPY), cuya función principal es advertir la posibilidad de error mediante señales visuales o auditivas, sin impedir su ocurrencia.
- Dispositivos activos preventivos (APPY), diseñados para evitar que la acción generadora del error llegue a ejecutarse.
- Dispositivos activos de detección (ADPY), que identifican el defecto una vez producido e impiden su propagación.
- Dispositivos híbridos, que combinan capacidades de prevención y detección, destacando el enfoque preventivo-activo (HAPPY) como una de las configuraciones más robustas.

Esta clasificación permite distinguir claramente entre mecanismos que únicamente informan sobre el error y aquellos que lo bloquean antes de que impacte el resultado final. Desde el punto de vista económico y operativo, los mecanismos preventivos resultan superiores, ya que eliminan la necesidad de retrabajos, consumo adicional de recursos y ajustes correctivos posteriores.

Con la llegada de la Industria 4.0, el alcance del *Poka-Yoke* se ha expandido hacia entornos digitalizados e inteligentes. Widjajanto et al. (2020) destacan que las tecnologías

emergentes permiten integrar herramientas como sistemas automatizados, aplicaciones de software, sensores electrónicos, realidad aumentada y plataformas conectadas a bases de datos para reducir errores desde etapas tempranas del desarrollo del producto y del proceso. Bajo este enfoque, el *Poka-Yoke* deja de limitarse a dispositivos mecánicos y se transforma en un conjunto de estrategias organizacionales, electrónicas y digitales orientadas a disminuir la probabilidad de fallas humanas.

En este sentido, el principio fundamental del *Poka-Yoke*, prevenir que el error se materialice en un defecto, puede extenderse más allá del ámbito físico de la manufactura hacia procesos donde el principal insumo es la información. En entornos de desarrollo de producto, donde la interpretación, transferencia y procesamiento de especificaciones técnicas constituyen actividades críticas, el error no siempre se manifiesta como una operación incorrecta, sino como una decisión mal fundamentada, una omisión en la revisión o una interpretación ambigua de los datos disponibles.

Bajo esta lógica, resulta pertinente considerar la adaptación del principio preventivo del *Poka-Yoke* al ámbito cognitivo, entendiendo por ello la implementación de mecanismos que bloqueen o reduzcan la probabilidad de errores derivados del procesamiento humano de la información. Esta extensión conceptual no sustituye al *Poka-Yoke* tradicional, sino que amplía su alcance hacia la prevención de fallas asociadas a la interpretación, selección o validación de datos dentro de sistemas socio-técnicos complejos.

De esta manera, el enfoque preventivo puede evolucionar desde la corrección de defectos físicos hacia la mitigación anticipada de errores cognitivos, particularmente en procesos donde la calidad final depende de la precisión con la que se transfieren y aplican las especificaciones técnicas.

2.6 Metodología Scrum

Desarrollada durante la década de 1990, Scrum es descrito por los mismos creadores, Schwaber y Sutherland (2020), como un marco ligero que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptables para problemas complejos.

Scrum no es un proceso estandarizado que te dice metodológicamente que pasos seguir, en cambio, es una estructura de organización y gestión del trabajo. De esta manera, Scrum se enfoca en tres pilares esenciales para cualquier proyecto: transparencia, inspección y adaptación (Saucedo, 2024).

2.6.1 Roles de Scrum

Los roles de Scrum están conformados por tres: el *product owner*, *scrum master* y los *developers* (desarrolladores).

El *product owner* es el experto en el producto que se está manejando. Él sabe todas las especificaciones y de qué manera fabricar lo que se esté manufacturando, por lo tanto, es encargado de transmitir todas estas características a los demás.

De esta manera, el *product owner* gestionará la economía del producto, cuidando que cada cambio no tenga un incremento en costo. Por otro lado, participa en la planeación de las actividades, prepara y modifica la lista de pendientes y colabora con el equipo de desarrollo y los demás equipos involucrados en el lanzamiento del producto (Palacio, 2024).

El *scrum master* es aquel que ayuda a los demás integrantes de Scrum. Es una especie de “coach” tanto para el *product owner* como para el equipo de desarrollo, no les resuelve los problemas, en cambio les otorga las herramientas necesarias para que puedan dar frente a las situaciones adversas.

Dentro de sus responsabilidades se encuentran las siguientes: coach, líder de los demás equipos, funge como autoridad en los procesos, interviene en el campo de trabajo, es facilitador y actúa como agente de cambio (Karabulut & Ergun, 2018).

Los *developers* o equipo de desarrollo, son aquellos encargados de hacer las transformaciones requeridas en el producto por el *product owner*. Son los que conocen las herramientas técnicas y los que transforman directamente el producto para alcanzar las características necesarias por el cliente.

Son participantes activos durante el sprint, ya que durante este tiempo se realiza la ejecución y modificación de lo que el producto requiera en esa fase. Por lo tanto, se encargan de diseñar, construir, integrar y evaluar los elementos del producto (Karabulut & Ergun, 2018).

2.6.2 Actividades de Scrum

Las actividades de Scrum se dividen en diversas etapas que permitirán el alcance de un objetivo con respecto al producto con el que se está trabajando. El objetivo de estas actividades es el alcance de regularidad y accionar de manera efectiva sin desperdiciar mucho tiempo en reuniones no definidas que no agreguen valor o nos acerquen más al objetivo (Armendáriz-Hidalgo, 2023).

2.6.2.1 Sprint

El *sprint* es un evento con una duración definida en el que se monitoreará el trabajo necesario para alcanzar el objetivo del producto. De esta manera, el *sprint* se centra en la búsqueda de garantizar la inspección y adaptación del progreso.

El *sprint* se compondrá de subactividades que marquen la brecha de lo que se está buscando. Dentro de ellas encontraremos las siguientes: planificación de *sprint*, *scrum* diario, revisión del *sprint* y la retrospectiva del *sprint* (Armendáriz-Hidalgo, 2023).

2.6.2.2 Planificación del sprint

Por otro lado, la reunión de planificación del sprint da inicio al *sprint* y en ella se define el trabajo que se llevará a cabo. El *product owner* asegura que los participantes estén preparados para revisar los elementos más importantes de la pila del producto y cómo estos se relacionan con el objetivo. También se pueden invitar personas externas que aporten asesoría (Armendáriz-Hidalgo, 2023).

2.6.2.3 Scrum diario

En seguida, el *scrum* diario es una reunión breve de máximo quince minutos donde los desarrolladores revisan el avance hacia el objetivo de sprint y ajustan la pila del producto si es necesario. Se realiza siempre a la misma hora y lugar para mantener la simplicidad. La pila del

producto es el conjunto de los elementos que conforman las actividades, tales como, objetivo *sprint*, elementos del producto y el plan de trabajo en general (Schwaber & Sutherland, 2020).

2.6.2.4 Revisión del sprint

La revisión del sprint tiene como propósito revisar los resultados del sprint y decidir posibles ajustes. En esta reunión, el equipo de scrum muestra lo logrado a las partes interesadas, se analiza el avance hacia el objetivo de producto y se consideran cambios en el entorno. Con esta información, todos colaboran para definir los próximos pasos (Schwaber & Sutherland, 2020).

2.6.2.5 Retrospectiva del sprint

La retrospectiva *sprint* busca encontrar formas de mejorar la calidad y la eficacia del equipo. En ella, el equipo de scrum analiza cómo fue el último *sprint*, qué funcionó bien, qué problemas surgieron y cómo se resolvieron. Con base en esto, identifican mejoras y acuerdan aplicar las más importantes lo antes posible, incluso incluyéndolas en el siguiente desarrollo de cambio. Esta reunión cierra el *sprint* (Schwaber & Sutherland, 2020).

2.6.3 Artefactos de Scrum

En *Scrum*, los artefactos constituyen elementos esenciales porque representan tanto el trabajo como el valor generado durante el desarrollo. Su propósito principal es ofrecer transparencia en la información clave, de manera que todos los involucrados puedan inspeccionarla bajo las mismas bases y, a partir de ello, realizar adaptaciones cuando sea necesario. En general, son herramientas que ayudan a los roles durante los eventos (Karabulut & Ergun, 2018).

2.6.3.1 Pila del producto

La pila del producto o *product backlog* es uno de los artefactos fundamentales en *Scrum*, ya que funciona como una lista que recoge las necesidades del cliente, normalmente expresadas como historias de usuario (Karabulut & Ergun, 2018).

La pila del producto es la única fuente de trabajo del equipo *Scrum*. Está compuesto por elementos ordenados que aportan valor al producto y que, mediante el proceso de refinamiento, se descomponen en unidades más claras y pequeña. En este refinamiento se añaden atributos como descripción, prioridad y tamaño.

La pila del producto siempre está ligado a un compromiso que es el objetivo principal. Este objetivo describe un estado futuro del producto que sirve como guía y meta a largo plazo para el equipo *Scrum*.

2.6.3.2 Pila del sprint

La pila del *sprint* o *sprint backlog* es el artefacto que concentra el plan de trabajo del equipo para un sprint específico. Está compuesta por tres elementos principales, el objetivo del sprint, los elementos de la pila del producto seleccionados para trabajarse en ese ciclo, y un plan accionable para entregar el incremento. (Karabulut & Ergun, 2018).

La pila del *sprint* es creado y gestionado directamente por los desarrolladores, ya que representa un plan hecho por y para ellos. Funciona como una imagen visible y en tiempo real del trabajo que el equipo se compromete a realizar durante el *sprint*.

Este artefacto tiene un compromiso asociado el objetivo final. Dicho objetivo constituye la meta única del sprint, aunque define claramente el propósito a alcanzar, mantiene la flexibilidad en el trabajo exacto necesario para lograrlo. El objetivo se establece durante la planificación del *sprint* y guía al equipo durante todo el ciclo. En caso de que surjan ajustes en el trabajo, los desarrolladores colaboran con el *product owner* para negociar cambios en el alcance, sin comprometer la consecución del objetivo.

2.6.3.3 Incremento

Un Incremento representa un avance tangible hacia el objetivo del producto. Es el resultado de trabajo completado durante un *sprint* que se suma a todos los incrementos anteriores, formando una versión funcional y coherente del producto (Palacio, 2024).

Para que un Incremento sea considerado válido, debe ser utilizable, es decir, debe estar en condiciones de ser entregado y probado si así se decide. Esta característica asegura que el equipo *scrum* mantiene un ritmo constante de entrega de valor, permitiendo inspección continua y adaptación del producto.

3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la metodología empleada para el desarrollo del estudio, la cual corresponde a una investigación de tipo aplicada, con un enfoque descriptivo y analítico, basada en el análisis de un caso real del proceso de desarrollo de vestiduras automotrices. En la figura 3.1 se puede observar el resumen del proceso metodológico a llevar a cabo.

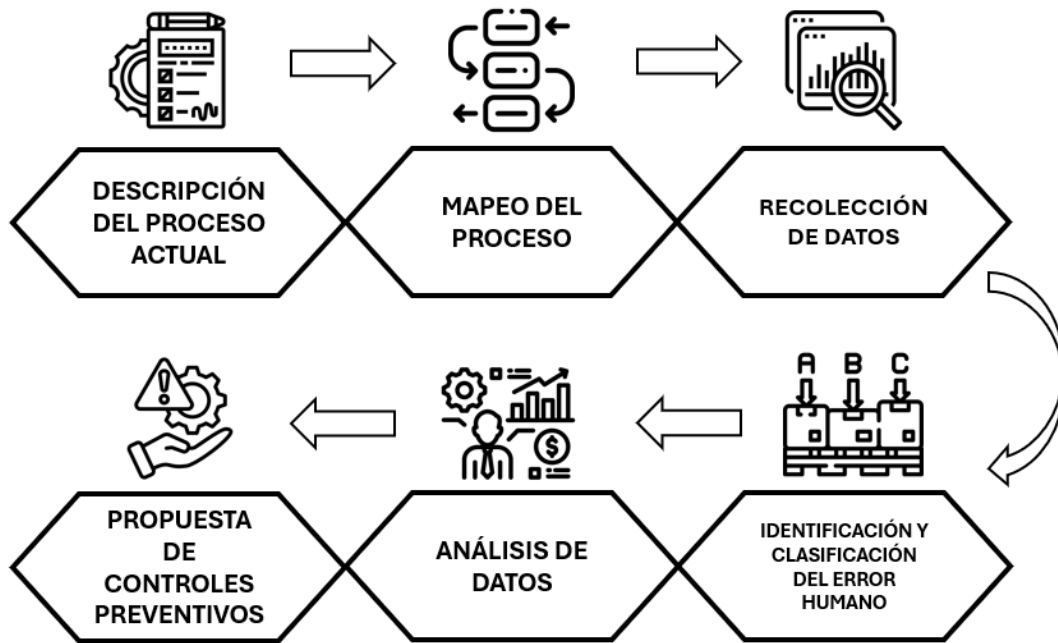


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso metodológico

La metodología se estructura a partir del análisis del proceso de desarrollo del producto y del flujo de información de este, utilizando herramientas de análisis de tareas y de variabilidad. A partir de este análisis, se identifican y clasifican los errores cognitivos presentes en la transferencia de información, se evalúa la calidad de la información transmitida y, con base en los resultados obtenidos, se proponen controles preventivos orientados a reducir la ocurrencia de dichos errores.

3.1 Descripción del proceso de estudio

El proceso de estudio se basa en el análisis del proceso real de desarrollo de vestiduras automotrices, considerando las actividades y flujos de información involucrados desde la

generación de requerimientos, hasta la liberación de la información hacia el equipo de manufactura. El proceso es descrito de manera general para identificar etapas clave, las funciones involucradas y los puntos de interacción de la información que se maneja.

Esta descripción inicial sirve como base para el mapeo del proceso y para la aplicación de las herramientas de análisis empleadas en los subtemas posteriores.

3.2 Mapeo del proceso

El mapeo del proceso se realiza con el objetivo de analizar el flujo de información y las interacciones entre las actividades involucradas en el desarrollo de vestiduras automotrices. Para ello, se emplea el *Hierarchical Task Analysis* (HTA) con el fin de obtener una visión estructurada del proceso.

Mediante HTA, el proceso se descompone en tareas y subtareas, permitiendo identificar una secuencia lineal de actividades, de manera que se facilite la comprensión de la estructura de trabajo y como base inicial para localizar tareas críticas relacionadas con la transferencia de información.

3.3 Recolección de datos

La recolección de datos se realiza a partir del análisis del proceso real de desarrollo de vestiduras automotrices y de la información generada durante las actividades de liberación de un diseño o cambio de ingeniería. Los datos considerados incluyen registros de errores, observaciones del proceso, documentación técnica y evidencias relacionada con la transferencia de información entre las distintas etapas del desarrollo del producto.

La información se recopila mediante los reportes generados por las diversas áreas en una base de datos interna para la agrupación de errores con respecto a información mal recibida o desviaciones al proceso.

3.4 Identificación y clasificación del error humano

En este punto, se identifican aquellas desviaciones al proceso o a la documentación que se han generado en un periodo de tiempo por parte de los diversos departamentos. Una vez identificados los errores, estos son clasificados mediante el método SHERPA, el cual permite categorizar los errores de acuerdo con su naturaleza y tipo de acción humana involucrada.

3.5 Análisis de datos

Los análisis de datos se realizan a partir de la información recolectada y de la clasificación identificada mediante el método SHERPA. De esta manera, son analizados considerando frecuencia, tipo y relación con los criterios de calidad de la información.

3.6 Propuesta de controles preventivos

La propuesta de controles preventivos se desarrolla a partir de los resultados obtenidos en el análisis de datos y de la identificación de los errores cognitivos presentes. Estos se definen considerando el tipo de error identificado, la etapa donde ocurre y la información involucrada. El enfoque se centra en minimizar la dependencia del juicio humano en las tareas que se desarrollan durante el proceso, mediante la estandarización, clarificación o visualización efectiva de la información transferida.

4. CAPÍTULO IV RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo propuesto para la identificación y reducción de errores cognitivos en la transferencia de información dentro del proceso de desarrollo de vestiduras automotrices.

El análisis se llevó a cabo siguiendo las etapas metodológicas definidas en el capítulo anterior, iniciando con la descripción y mapeo del proceso actual, seguido de la recolección y clasificación de errores mediante SHERPA y el modelo de Calidad de la Información, para finalmente proponer controles preventivos enfocados en las causas más relevantes.

4.1 Descripción y mapeo del proceso

Con el propósito de comprender de manera estructurada cómo se transfiere la información durante la gestión de cambios de ingeniería en el desarrollo de vestiduras automotrices, se realizó el mapeo del proceso involucrado en la generación, procesamiento y liberación de la información entre las áreas del departamento de Producto.

Para representar este proceso se utilizó la técnica *Hierarchical Task Analysis* (HTA), la cual permite descomponer un objetivo general en una serie de tareas y subtareas organizadas jerárquicamente, facilitando la identificación de las actividades realizadas por cada rol dentro del sistema y los puntos donde ocurre la interacción con la información.

El análisis se enfocó particularmente en el flujo de actividades que inicia con la generación de una requisición de trabajo para el equipo de desarrollo, continúa con la liberación de la información de diseño, el procesamiento de los *Engineering Bills of Materials* (EBOMs) y concluye con la notificación del cambio de ingeniería a las plantas de producción.

La Figura 4.1 muestra la descomposición jerárquica del proceso identificado, donde se detallan las principales tareas y subtareas necesarias para completar la liberación de un cambio de ingeniería dentro del sistema.

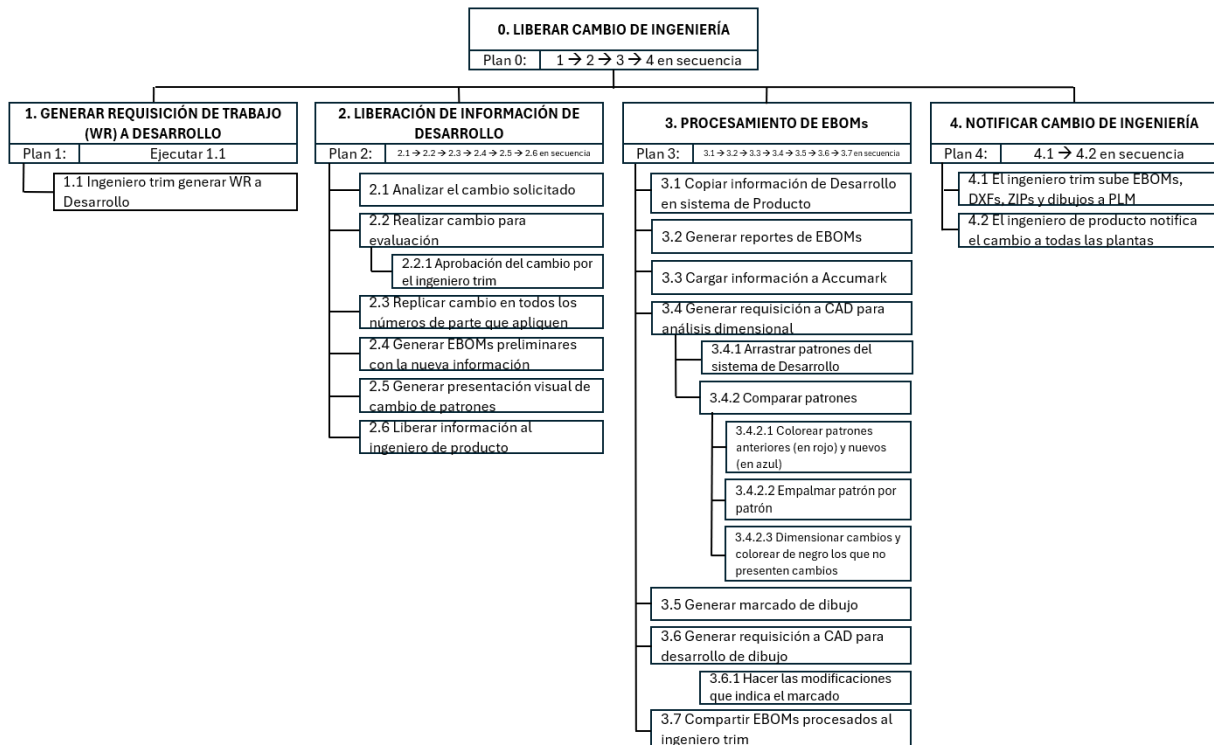


Figura 4.1 HTA del departamento de Ingeniería de Producto para liberar cambios de ingeniería

La primera etapa corresponde a la generación de la requisición de trabajo (WR) para el área de Desarrollo, donde el ingeniero responsable inicia formalmente la solicitud del cambio requerido. Esta requisición funciona como el punto de partida para que el equipo de desarrollo realice las modificaciones necesarias en los patrones digitales.

La segunda etapa consiste en la liberación de información por parte del área de Desarrollo, donde se analiza el cambio solicitado, se realizan las modificaciones en los patrones y se replican los ajustes en los números de parte correspondientes. En esta fase también se generan EBOMs preliminares y material visual que permite comunicar los cambios realizados.

Posteriormente, la tercera etapa corresponde al procesamiento de los EBOMs en el sistema de Producto, donde la información proveniente de Desarrollo es integrada al sistema de gestión del producto. En esta fase se generan reportes, se carga la información a los sistemas de procesamiento de patrones y se realizan comparaciones dimensionales mediante herramientas CAD con el fin de verificar las modificaciones realizadas.

Finalmente, la cuarta etapa corresponde a la notificación del cambio de ingeniería, donde el ingeniero responsable consolida la información generada, carga los documentos correspondientes en el sistema PLM y comunica el cambio a las plantas de producción para su implementación.

A partir de este mapeo del proceso, se procedió a realizar la recolección de datos de errores observados durante la ejecución de estas actividades. El objetivo de esta etapa fue identificar los tipos de problemas que se presentan en la práctica durante la transferencia y uso de la información entre las áreas del departamento de Producto.

La información recopilada permitió conformar una base de datos de eventos asociados a errores de interpretación, uso o selección de información, los cuales posteriormente fueron analizados mediante el método SHERPA para su clasificación y evaluación dentro de las tareas identificadas en el HTA.

En la siguiente sección se describe el procedimiento utilizado para la recolección de estos datos.

4.2 Recolección y análisis de datos

Con el fin de identificar los principales problemas asociados a la transferencia y uso de la información dentro del proceso descrito en la sección anterior, se realizó la recopilación de datos relacionados con errores detectados durante el desarrollo y liberación de cambios de ingeniería en vestiduras automotrices. Estos errores fueron identificados a partir de observaciones durante la validación de cambios y registros internos del área de producto.

La información recopilada permitió conformar una base de datos de eventos asociados a errores en el manejo de la información, los cuales posteriormente fueron utilizados para realizar el análisis mediante el método SHERPA.

A continuación, la Tabla 4.1 muestra el análisis SHERPA a partir de la Figura 4.1.

Tabla 4.1 Tabla SHERPA para el proceso del departamento de Desarrollo de Producto

Tarea	Tipo de error	Código de error	Descripción	Consecuencia	Recuperación	Medidas correctivas
1.1 Generar WR	Acción incorrecta	A7	WR con información incompleta o incorrecta	Cambios mal interpretados	Corrección posterior manual	
2.1 Analizar cambio	Interpretación	R2	Mal entendimiento del cambio solicitado	Diseño incorrecto	Revisión posterior	
2.2 Realizar cambio	Acción incorrecta	A7	Modificación errónea	Defectos de apariencia	Iteraciones adicionales	
2.2.1 Aprobación	Decisión	C4	Aprobación de cambio incorrecto	Se libera información errónea	Difícil de detectar	
2.3 Replicar cambio	Omisión	A8	No se aplica cambio a todos los números de parte	Inconsistencia en producción	Detectado en planta	
2.4 Generar EBOM preliminar	Acción incorrecta	A7	Información incompleta o desactualizada	Errores en manufactura	Corrección tardía	
2.5 Presentación visual	Interpretación	R2	Representación visual confusa	Mal entendimiento del cambio	Revisión con retrabajo	
2.6 Liberar información	Omisión	I1	No se libera información o se libera incompleta	Retrasos o errores	Detectable por seguimiento	
3.1 Copiar información	Acción incorrecta	A7	Error al copiar datos	Información incorrecta en sistema	Difícil de rastrear	
3.2 Reportes	Omisión	A8	No generar reportes necesarios	Falta de información	Detectable tarde	
3.3 Cargar información	Acción incorrecta	A7	Datos mal cargados en Accumark	Problemas en corte	Reproceso de EBOMs	
3.4 Generar requisición	Acción incorrecta	A7	Requisición con información incompleta o incorrecta	Cambios faltantes	Corrección posterior manual	
3.4.1 Arrastrar patrones	Acción incorrecta	S2	Patrones incorrectos	No empanan los componentes	Reproceso de patrones	
3.4.2 Comparar patrones	Interpretación	C1	No detectar diferencias relevantes	Cambios no aplicados	Defecto en producto	
3.4.2.1 Colorear	Acción incorrecta	A7	Colores mal asignados	Confusión visual	Corrección manual	
3.4.2.2 Empalmar	Acción incorrecta	A7	Comparación incorrecta	Evaluación errónea	Reproceso de actividad	
3.4.2.3 Dimensionar	Omisión	C2	No identificar cambios críticos	Problemas de interpretación	Agregar dimensiones	
3.5 Marcado de dibujo	Acción incorrecta	A7	Marcado incorrecto	Errores en CAD	Corrección posterior	
3.6 Req CAD	Omisión	A8	Requisición tardía	Retrasos	Detectable	
3.6.1 Modificaciones	Acción incorrecta	A7	Cambios mal aplicados	Error en diseño final	Iteración de dibujo	
3.7 Compartir EBOMs	Omisión	I1	No compartir o compartir incompleto	Planta trabaja con info incorrecta	Crítico	
4.1 Subir info a PLM	Omisión	I1	No subir documentos	Planta sin información	Alto impacto	
4.1 Subir info a PLM	Acción incorrecta	I2	Archivos incorrectos	Producción defectuosa	Difícil	
4.2 Notificar a plantas	Omisión	I1	No se notifica a todas	Desalineación	Detectado tarde	
4.2 Notificar a plantas	Interpretación	I3	Mensaje poco claro	Mala ejecución en planta	Retrabajo	

La correspondencia de los códigos de error se establece de la siguiente manera y se plasma su frecuencia en la Figura 4.2.

A7: Operación incorrecta

A8: Operación omitida

I1: Información no comunicada

R2: Información incorrecta obtenida

C1: Verificación omitida

C2: Verificación incompleta

C4: Verificación incorrecta

I2: Información no comunicada

I3: Información incompleta comunicada

S2: Selección incorrecta

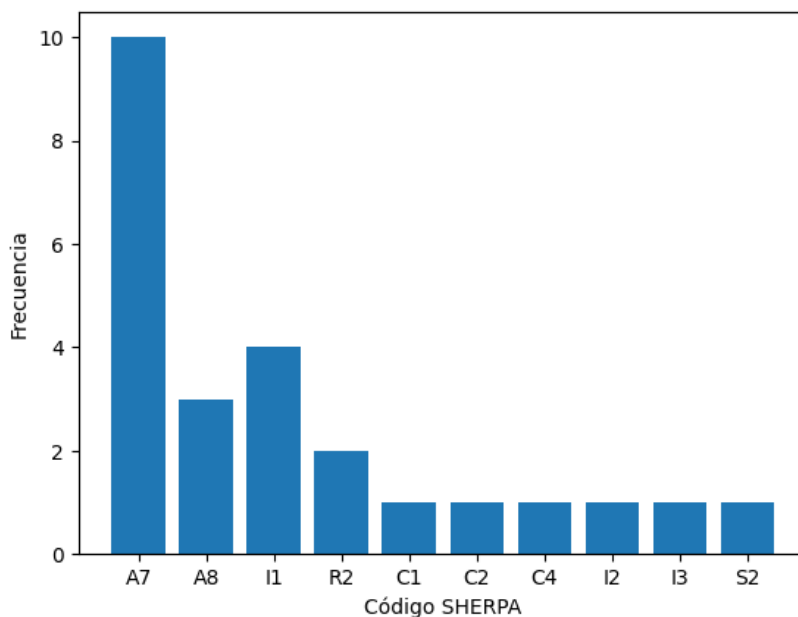


Figura 4.2 Gráfica de frecuencia de errores SHERPA

Aunque los errores se manifiestan como acciones incorrectas (A7), su origen puede asociarse principalmente a deficiencias en la calidad y transferencia de la información. En este

sentido se pueden relacionar la clasificación SHERPA con la clasificación de la Tabla 4.2 con respecto a la calidad de la información.

Tabla 4.2 SHERPA y calidad de la información

Código SHERPA	Problema real	Calidad afectada
A7	Ejecución incorrecta	Exactitud
A8	Omisión	Compleitud
R2	Mala interpretación	Claridad
I1	No comunicar	Accesibilidad / Oportunidad
I2	Información incorrecta	Exactitud
I3	Información incompleta	Compleitud
C1/C2	Falta de validación	Consistencia

A partir del análisis SHERPA, se identificó que el tipo de error más frecuente corresponde a acciones incorrectas (A7). Sin embargo, al examinar la naturaleza de las tareas en las que se presentan estos errores, se observa que están estrechamente relacionadas con actividades de interpretación, selección y uso de información, más que con la ejecución física en sí misma.

Adicionalmente, al contrastar estos resultados con el marco de calidad de la información, se identificó que las principales dimensiones potencialmente afectadas son la exactitud, completitud y claridad. Estas dimensiones influyen directamente en la forma en que la información es comprendida y aplicada durante el proceso de desarrollo.

De esta manera, se sugiere que una proporción relevante de los errores identificados podría estar asociada a factores de tipo cognitivo vinculados a la transferencia e interpretación de la información.

Con el propósito de complementar el análisis anterior y sustentar los hallazgos obtenidos mediante la clasificación SHERPA, se realizó una revisión de los registros históricos de errores reportados en el proceso. A diferencia del análisis previo, enfocado en la identificación de

errores potenciales, esta revisión permitió analizar los errores que efectivamente se han presentado en la práctica.

Tabla 4.3 Clasificación de errores observados y su relación con SHERPA

Categoría de error	Ejemplo representativo	Frecuencia	SHERPA	Categoría raíz	Prioridad
EBOM incorrecto (valores mal definidos)	“EBOM marca 8mm y debe ser 6mm	12	A7	Exactitud	Alta
Información incompleta	“EBOM no indica unión + corte”	8	A8 – I3	Compleitud	Alta
Inconsistencias entre fuentes	“EBOM vs muestra vs dibujo no coinciden”	10	R2	Consistencia / Claridad	Alta
Problemas de patrones (geométricos)	“Notchs no caminan”	7	S2 / C1	Exactitud / Consistencia	Media
Material mal definido o incompleto	“No está completa la descripción del material”	6	A7 / R2	Compleitud / Exactitud	Media
Errores de comunicación / Ambigüedad	“Información contradictoria en control”	4	I1 / I2	Claridad / Accesibilidad	Media
Documentación / Archivos sin control	Presentaciones, duplicidad de info	5	I3	Accesibilidad	Media

Debido a la variabilidad en la forma en que los errores son documentados, se llevó a cabo un proceso de agrupación con base en patrones comunes identificados en las descripciones de los incidentes, permitiendo definir categorías representativas de error. Los resultados de esta clasificación se presentan en la Tabla 4.3.

A partir de la clasificación presentada, se observa que las categorías con mayor frecuencia corresponden a errores en la definición de información dentro del EBOM, inconsistencias entre distintas fuentes de información y casos de información incompleta. Estas categorías concentran la mayor proporción de los errores identificados.

Asimismo, se identifica una correspondencia directa entre estas categorías y los tipos de error previamente identificados mediante SHERPA, particularmente en los códigos A7 (operación incorrecta), A8 (omisión) y R2 (información incorrecta).

De esta manera, el análisis de errores potenciales mediante SHERPA y la revisión de errores reales se complementan, permitiendo no solo identificar los puntos de riesgo del proceso, sino también validar cuáles de estos se materializan con mayor frecuencia en la operación.

Con el fin de priorizar las categorías de error identificadas en la Tabla 4.3, se elaboró un diagrama de Pareto para visualizar aquellas categorías que concentran la mayor proporción de incidencias dentro del proceso.

De acuerdo con la Figura 4.3, las categorías EBOM incorrecto, inconsistencias entre fuentes de información e información incompleta representan en conjunto el 57.7% del total de errores registrados. Estos resultados indican que la mayor parte de los problemas se concentra en aspectos relacionados con la generación, actualización, consistencia y disponibilidad de la información técnica, por lo que las propuestas de mejora se planea orientarlas basada en las tres primeras categorías.

Con base en las categorías prioritarias identificadas mediante el diagrama de Pareto, las tres principales categorías pueden integrarse en una categoría general denominada “desviación en las especificaciones”, definiéndola como toda información que presenta una diferencia respecto a lo que debería estar definido de acuerdo con los requerimientos y criterios técnicos.

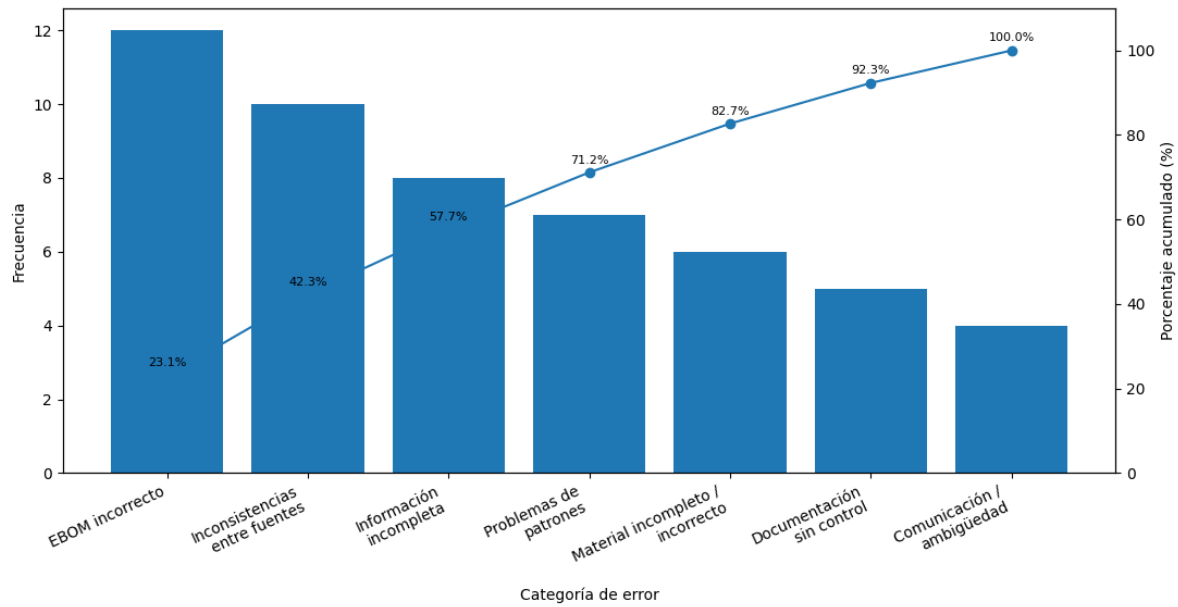


Figura 4.3 Diagrama de Pareto de categorías de errores reportados

Con el fin de profundizar en las causas asociadas a la categoría de mayor incidencia, se aplicó la técnica de los 5 porqués al problema de desviación en las especificaciones. Esta herramienta es mostrada en la Tabla 4.5.

Tabla 4.4 Cinco porqués del error "Desviación en las especificaciones"

Pregunta	Respuesta
¿Por qué ocurrió el error?	El valor en el EBOM fue incorrecto
¿Por qué?	Se omitió o introdujo información incorrecta
¿Por qué?	Proceso manual de llenado de EBOM / Se desconocía el cambio
¿Por qué?	La naturaleza del proceso dificulta hacerlo automático / cambio incomunicado
¿Por qué?	El llenado es mediante un archivo Excel/ proceso no estandarizado para comunicación entre entregas.

Los resultados obtenidos evidencian que los errores del proceso no se originan únicamente en la ejecución operativa, sino principalmente en debilidades relacionadas con la administración de información técnica. Con base en ello, el siguiente apartado presenta propuestas de mejora dirigidas a prevenir los errores principales.

4.3 Propuesta de controles preventivos

Al analizar el proceso se puede identificar que son las operaciones 2.1 (análisis de cambio) y 3.2 (generar reporte de EBOM) de la Figura 4.1 donde ocurre el problema. Al analizar estos procesos se observa que el análisis de cambio usualmente se hace de manera independiente tomando como base lo que venga escrito o mostrado en el requerimiento enviado al departamento de desarrollo. En algunas ocasiones esto llega a ser suficiente, sin embargo, el producto como lo son las vestiduras de automóviles puede llegar a ser más complejo de manera que requiera explicaciones que profundicen a lo que se quiere llegar al finalizar la iteración.

Por otro lado, la generación de EBOMs, sucede de la misma forma. Se copia la información liberada de desarrollo por parte de los ingenieros de producto y se mete en una base de datos. De esta base de datos se genera un reporte donde el EBOM sale completo para ser procesado en el siguiente departamento. Este punto es crucial ya que después de esta entrega, los departamentos externos tomarán la información y cualquier discrepancia en la información será reflejada en el producto final. Lo que se identificó en esta parte es que la revisión final del archivo puede ser o no realizada por el ingeniero de producto ya que es un proceso manual. Por supuesto que es responsabilidad de cada ingeniero la revisión del EBOM para evitar discrepancias, sin embargo, es donde entra la posibilidad de error humano A7 y A8 identificados en el análisis previo.

De esta manera, se busca eliminar en lo máximo posible la decisión individual para disminuir el riesgo de un error humano. Para ello, se proponen los siguientes controles preventivos.

4.3.1 Macro para comparación de EBOMs

Uno de los principales problemas de los valores incorrectos en los EBOMs es el proceso manual que se lleva a cabo para su llenado y revisión. De esta manera, se busca un auxiliar semi automático que permita identificar valores entre el EBOM anterior contra el nuevo; así, el operador podrá visualizar cambios que se hayan realizado o aquello que no, permitiendo asistir a la revisión e identificar posibles desviaciones a lo que se quiere mostrar en la información.

El EBOM es realizado en un archivo Excel, por lo que, la macro es desarrollada en Excel de igual forma. La función de esta es comparar todas las secciones del archivo que presentan información crítica buscando valores diferentes. Aquellos valores en que se encuentran diferencias son marcados de color amarillo en un reporte. Un ejemplo puede ser observado en la Figura 4.4, donde se puede observar que todo aquello que cambió entre un EBOM y otro es coloreado de amarillo, mientras que, lo rojo, es lo que se eliminó; el color verde, en cambio, indica todo aquello que se añadió, es decir, que es nuevo en el EBOM; en el caso de la Figura 4.4 no hay información añadida.

No changes	Added	Changed	Deleted							
RE104CX) (L00293371NCPAH)										
CHANGE CODE	TOOL NUMBER	CURRENT LEVEL	NEW LEVEL	ROLL NAP DIR	ATERIAL PART NUMBER/DES	CODE	NO	PATTERN PART NUMBER		
	NRE131 L003504291NCPAE	CEW		2W LA	N/A 59" N/A		6 37	GRE11450AD GRE11451AD	4 DIE - CU 4 DIE - CU	
	NRE144 L003504291NCPAE	CGW		2W LA	N/A 59" N/A		1	GRE11275AF	ENTER UP	
	NRE134	CLW		2W LA	N/A 55" L003472600NCPAB		12 13 14 15	GRE11280AE GRE11281AE GRE11282AF GRE11283AF	TF TRIM TRIM	
C	NRE169	CGW	CHW	2W LA	N/A 55" L003472595NCPAB		39 2 3	GRE11661AC GRE11662AC GRE11663AC	TRIM C TRIM DIE TRIM DI	
	NRW103	CAW		2W LA	N/A 55" L003458582NCPAB		4 5	GRE11664AC GRE11665AC	TRIM TRIM	
	NRE133	CJW		2W LA	N/A 55" L003472591NCPAB		9	GRE11660AD	TRIM	
C	NRW102	CBW	CCW	2W LA	N/A 55" L003472590NCPAB		10 11 16 17 18 19	GRE11278AD GRE11279AD GRE11284AF GRE11285AF GRE11286AD GRE11294AC	T T T TRI TRIM	
	NRE132	CHW		2W LA	N/A 55"		7 8	GRE11666AC GRE11667AC	TRIM DIE TRIM DIE	

Figura 4.4 Cambios en EBOM mediante macro

Por otro lado, esta macro también muestra un resumen en una primera pestaña llamada “change report” la cual muestra cada una de las secciones del EBOM y que tipo de cambio hubo en caso de existir alguno. En la Figura 4.5 se puede observar el ejemplo de esta pestaña haciendo referencia al cambio de la Figura 4.4 en la sección de “TOOLS, PATTERNS & MATERIAL”, indicando los cambios que se detectaron. En seguida, se visualiza la sección de “COLOR

ENVIROMENT & COLOR CODES (PATTERNS)” la cual cuenta con una leyenda que menciona “No changes found in Patterns’ Colors”, indicando que no hubo cambios en esta sección.

G E N E R A L	RELEASING DATE:	28/04/2026 16:36	Change Description	BACK/CUSHION BASE/LUX/SPORT SALEABLE RELEASE	TOOLS, PATTERNS & MATERIAL				COLOR ENVIRONMENT & COLOR CODES (PATTERNS)			
	DOCUMENT NUMBER:	2NRE104CX			Type	Part Number	Status	Details	Pattern Number	Details	Color Environm	Color Code
	PREVIOUS DOC. NUMBER:	2NRE104CW			Tool	NRE169	Changed		No changes found in Patterns' Colors			
	ECN	CN-157718			Tool	NRW102	Deleted	Current Level: CBW				
					Pattern	GRE11295AD	Changed	Change in: -Pattern Level: AD				

Figura 4.5 Pestaña de "change report" en macro

Con base en lo anterior, la macro para comparación de EBOMs representa una propuesta de mejora orientada a reducir la dependencia de revisiones manuales y a promover la detección temprana de errores en la información. Esta herramienta permite que el operador identifique desviaciones en la información generada, evitando el revisado manual casilla por casilla.

Por lo tanto, esta macro funciona como un control preventivo de apoyo al proceso de revisión, ya que no sustituye el criterio técnico del ingeniero, pero sí reduce la carga cognitiva asociada con la comparación manual de información extensa. De esta manera, la propuesta se relaciona directamente con la prevención de errores cognitivos, al proporcionar una herramienta visual y estructurada que ayuda a identificar inconsistencias antes de que la información sea liberada o utilizada en etapas posteriores del proceso.

4.3.2 Aplicación de técnicas Scrum como estándar de proceso de comunicación

Actualmente el departamento de Producto se compone por las posiciones de la Figura 4.6.

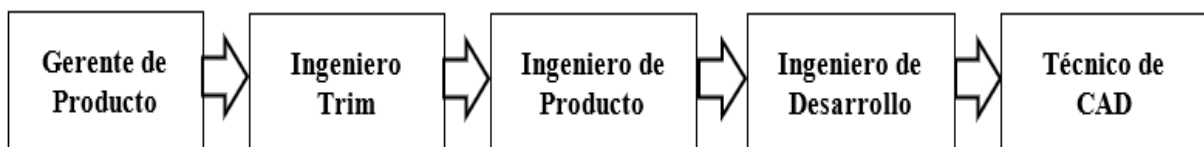


Figura 4.6 Integrantes del departamento de Producto

Cada uno de los integrantes anteriores representan funciones que se llevan a cabo para generar el desarrollo del producto, de las cuales, las principales se reflejan en la Tabla 4.5. El conjunto de acciones realizadas se enfoca en el desarrollo del producto, además de la generación de los documentos necesarios para replicar el producto en la planta.

Cada uno de los integrantes debe de tener interacción directa entre sí, al momento de recibir, enviar y explicar información. Aunque estas posiciones deben estar altamente ligadas entre sí, la comunicación no siempre es efectiva, limitando el entendimiento al transferir información. En la mayoría de las ocasiones se suelen usar los términos “copiadores de información” o “transcriptores”, refiriéndose a algunos integrantes del equipo, ya que, en la mayoría de las ocasiones solo recibe y envían información sin un análisis previo.

Tabla 4.5 Funciones de los miembros del departamento de Producto

POSICIÓN	FUNCIÓN
Gerente de Producto	Administrador de equipos; facilitador
Ingeniero Trim	Contacto con el cliente; aprobador del desarrollo; conocedor del diseño
Ingeniero de Producto	BOM; Muestras de costura; Liberación de dibujos de especificación y BOM a planta.
Ingeniero de Desarrollo	Cambios físicos en vestidura; Ensamble de vestidura; Liberación de patrones digitales; Liberación preliminar de BOM; reportes de escaneo
Técnico de CAD	Comparaciones entre patrones; Creación de dibujos de especificación;

Por otro lado, el equipo de la metodología Scrum propone a un *product owner*, un *scrum master* y un equipo de desarrollo. Cada una de sus funciones se pueden observar en la Tabla 4.6. Con base en ellas, se buscará hacer una relación de las posiciones Scrum con las del departamento de Producto, de tal forma que se distribuyan y fusionen las características de cada uno.

Tabla 4.6 Funciones de los miembros de Scrum

POSICIÓN	FUNCIÓN
Product Owner	Es el experto en el producto que se está manejando. Él sabe todas las especificaciones y de qué manera fabricar lo que se esté manufacturando, por lo tanto, es encargado de transmitir todas estas características a los demás.
Scrum Master	El scrum master es aquel que ayuda a los demás integrantes de Scrum. Es una especie de “coach” tanto para el product owner como para el equipo de desarrollo, no les resuelve los problemas, en cambio les otorga las herramientas necesarias para que puedan dar frente a las situaciones adversas.
Equipo de Desarrollo	Los developers o equipo de desarrollo, son aquellos encargados de hacer las transformaciones requeridas en el producto por el product owner. Son los que conocen las herramientas técnicas y los que transforman directamente el producto para alcanzar las características necesarias por el cliente.

Tomando en cuenta las tablas anteriores, el gerente de producto tomaría el papel de *scrum master*, el ingeniero trim como *product owner*, mientras que, el equipo de desarrollo sería conformado por el ingeniero de producto, el ingeniero de desarrollo y el técnico de CAD. (Observar Figura 4.7).

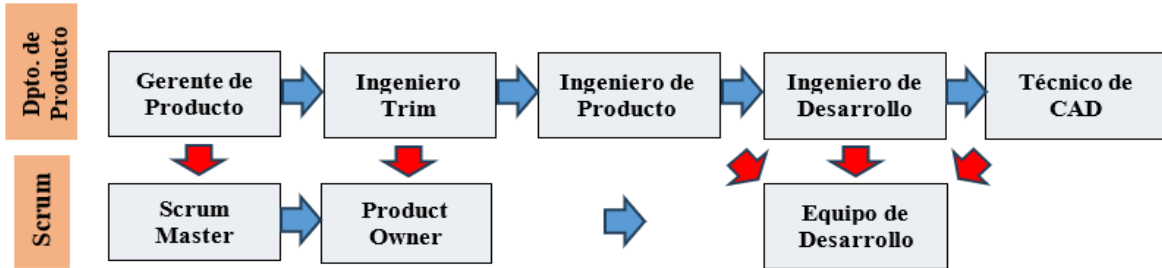


Figura 4.7 Combinación de Scrum con el departamento de Producto

Después de haber asignado a los miembros del departamento de Producto los miembros de Scrum de los que tomarán sus responsabilidades, es importante analizar las actividades o procesos que hacen cada uno de ellos. En la Figura 4.8 se observa un diagrama que compone a los miembros de Scrum y el nombre de las actividades que este propone.

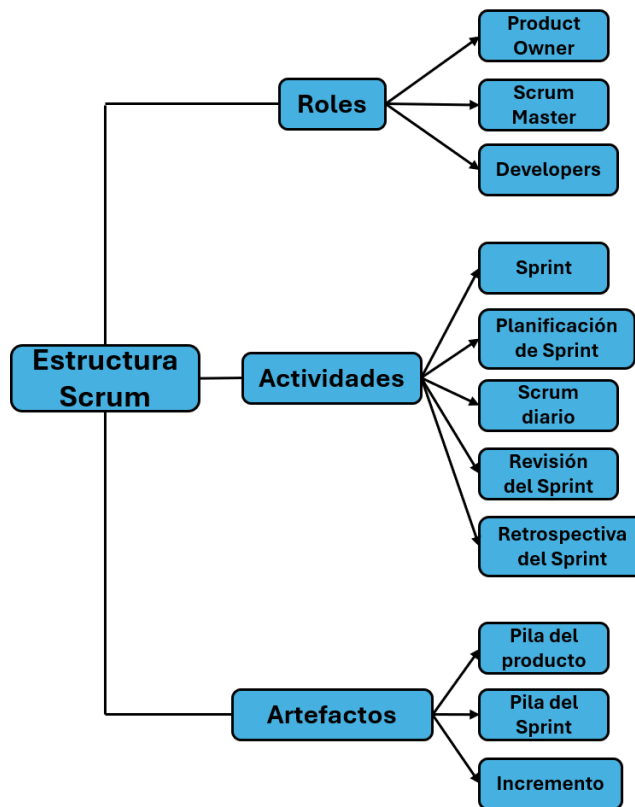


Figura 4.8 Composición del modelo Scrum

Por otro lado, el proceso del departamento de Producto se distribuye como se muestra en la Figura 4.9.

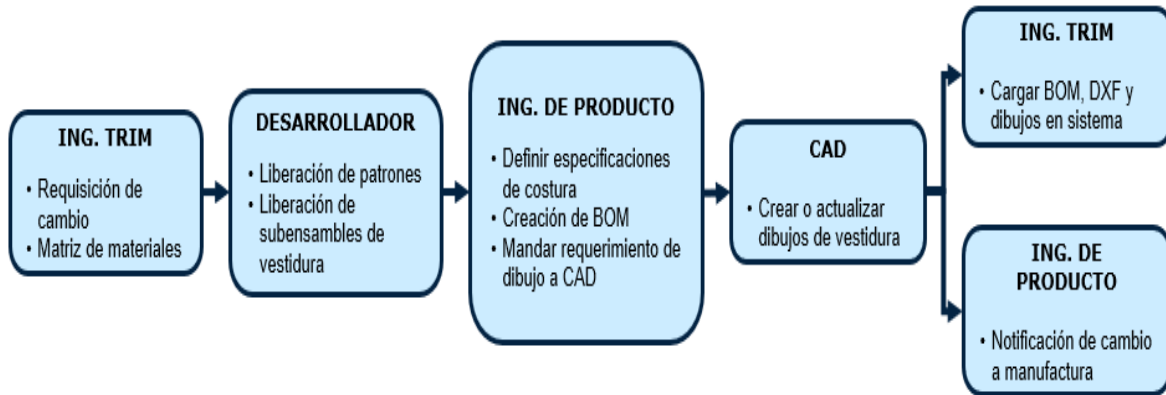


Figura 4.9 Proceso del departamento de Producto

De esta manera, se procede a realizar una fusión de ambas para identificar en que fases del proceso original es recomendable adaptar las actividades de Scrum, esto puede ser observado en la Figura 4.10.

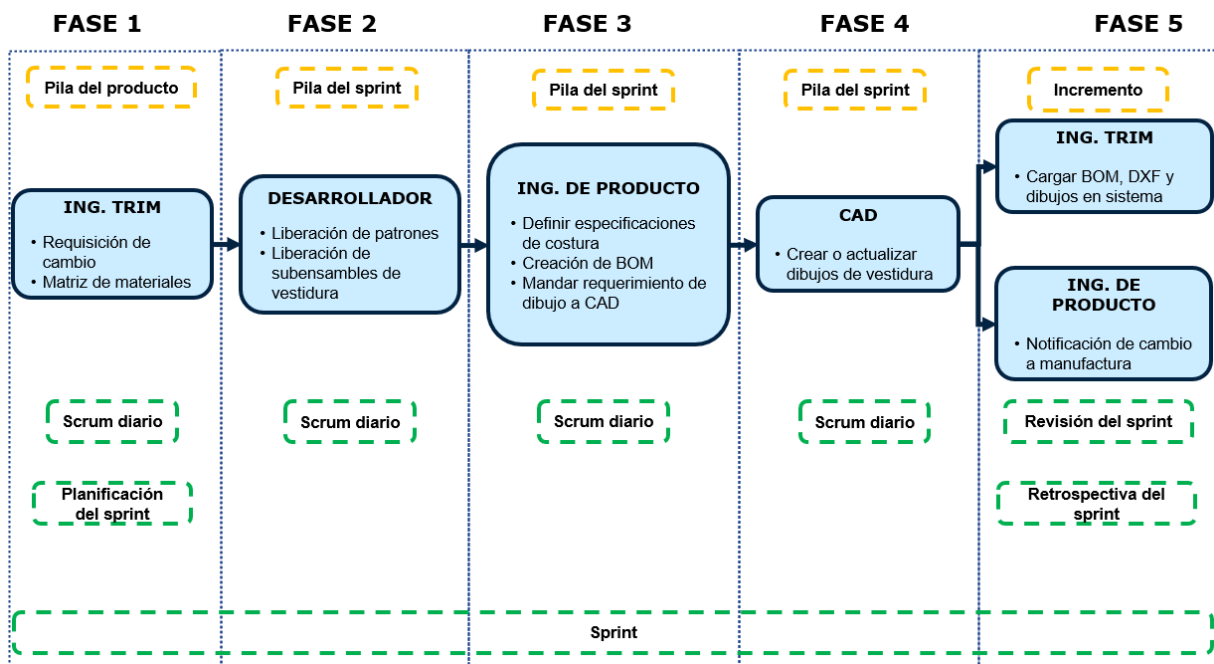


Figura 4.10 Integración de Scrum en el proceso del departamento de Producto

Como se puede observar en la figura 4.10, se dividió el proceso de Producto por fases de la 1 a la 5. Los recuadros en azul indican a grandes rasgos las actividades actuales del departamento, mientras que, los recuadros punteados en amarillo son los artefactos que se

identificaban en la Figura 4.8, los pintados en verde son las actividades que a su vez forman parte de la Figura 4.8 correspondientes al formato Scrum.

4.3.2.1 Fase 1

En la fase se propone integrar el “artefacto” pila del producto, en conjunto con las actividades scrum diario y planificación del *sprint*, para llevarse a cabo por el ingeniero trim. Esta es la fase inicial donde el ingeniero trim manda la requisición de cambio al equipo multifuncional junto con los materiales a usar durante ese desarrollo. Al ser fase inicial y de desconocimiento por los miembros del equipo, se propone una estructura de trabajo donde el ingeniero trim genere la pila del producto donde plasme oficialmente los requerimientos que necesita el cliente.

Por otro lado, las actividades asignadas de Scrum diario y planificación del *sprint*, quedan idealmente en esta fase ya que con ellas se comienza con la planificación de los próximos pasos en este desarrollo de cliente. El scrum diario son reuniones breves de máximo quince minutos donde se analiza la pila del producto junto con el equipo multifuncional. Esto permite transparencia con la información que se requiere, además de un seguimiento continuo de las actividades que se estarán llevando a cabo sin interrumpir con revisiones que les quiten mucho tiempo a los equipos. La comunicación diaria y breve permite identificar barreras en los procesos y con ello formas de dar solución a estos.

4.3.2.2 Fase 2

En la fase 2 se incluye el “artefacto” pila del sprint en conjunto con las actividades de los desarrolladores. Esto debido a que los desarrolladores son los principales encargados de generar los cambios que requiere el cliente en el producto, por lo que toman más tiempo y requieren de una planificación estructurada donde quede muy claro el objetivo del sprint, los elementos que se vayan a utilizar y el plan interno para llevarlos a cabo. La pila del sprint requiere de una actualización con cada avance que se tenga; a su vez, este plan se presenta en cada Scrum diario. El análisis de la pila del sprint permite identificar claramente si el equipo entendió los requerimientos del cliente y que es lo que se está utilizando en cada cambio, permitiendo a los

diversos integrantes del equipo manejar la misma información e identificar desviaciones con el objetivo final.

4.3.2.3 Fase 3 y 4

La fase 3 y 4 integran de igual forma a la pila del sprint dentro de las actividades de los ingenieros de producto y los técnicos de CAD. En estas fases se desarrollan los archivos necesarios que reflejarán los cambios técnicos en la liberación en curso para que las plantas de manufactura tengan la capacidad de producir lo que el cliente desea. Por lo tanto, es necesario tener muy claro todos los elementos que se utilizaron duran el desarrollo y evitar omitir especificaciones esenciales que desvíen el resultado de lo que espera el cliente.

4.3.2.4 Fase 5

En la fase 5 ya hay una retroalimentación con el desarrollo presentado al cliente, por lo que se procede con la liberación oficial a las plantas de manufactura. En este punto se espera obtener retroalimentación general de los diversos equipos que participaron en el cambio al igual que aquellos que procesan el producto en las líneas de producción. Por lo tanto, aquí se aplica la revisión y retrospectiva del sprint donde, la revisión del *sprint*, consiste en analizar el conjunto de actividades que se llevaron a cabo para identificar lecciones aprendidas y generar planes de contención ante este tipo de situación; la retrospectiva del sprint es el punto donde se agruparán las acciones que se realizarán en el siguiente desarrollo o *sprint* para evitar los retrasos o desviaciones que surgieron en este cambio.

El artefacto “incremento” representa todos los entregables necesarios para que manufactura tenga la capacidad de producir el componente con los nuevos cambios. En este caso es solo una conceptualización de Scrum que queda acorde al paso donde el ingeniero trim sube la información al sistema y el ingeniero de producto realiza la notificación oficial.

Con base en lo anterior, la integración de *Scrum* al proceso del departamento de Producto permite organizar mejor la comunicación entre los integrantes y dar seguimiento a las

actividades de cada fase. Al asignar roles, artefactos y actividades de Scrum dentro del proceso actual, se busca que la información del cliente sea entendida, revisada y utilizada de forma más clara por todos los involucrados.

De esta manera, la propuesta no sustituye el proceso actual, sino que funciona como una guía de apoyo para reducir omisiones, malas interpretaciones y desviaciones durante la transferencia de información. Por lo tanto, esta integración contribuye a la prevención de errores cognitivos, ya que permite mantener mayor trazabilidad sobre los requerimientos, cambios y entregables antes de su liberación a manufactura.

5. CAPÍTULO V CONCLUSIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un método para identificar y reducir errores cognitivos en la transferencia de información durante el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices. Para lograrlo, primero se describió el proceso actual del departamento de Producto, identificando las actividades principales donde se genera, interpreta, modifica y libera información técnica hacia las plantas de manufactura.

Mediante el uso de HTA fue posible descomponer el proceso en tareas y subtareas, lo cual permitió visualizar de manera más clara el flujo de información y los puntos donde existe mayor posibilidad de error. A partir de este mapeo, se aplicó el método SHERPA para clasificar los errores humanos potenciales dentro del proceso, identificando que los errores más frecuentes están relacionados con operaciones incorrectas, omisiones, mala interpretación de información y falta de comunicación.

Además, al relacionar estos errores con los criterios de calidad de la información, se observó que muchas de las desviaciones no se originan únicamente por una mala ejecución de la tarea, sino por problemas de exactitud, completitud, claridad y consistencia en la información transferida. Esto permitió reforzar la idea de que los errores presentes en el proceso tienen un componente cognitivo, ya que dependen de la forma en que las personas interpretan, seleccionan y utilizan la información disponible.

Con base en el análisis de datos, se identificó que las principales categorías de error fueron EBOM incorrecto, inconsistencias entre fuentes de información e información incompleta. Estas categorías representaron el 57.7% del total de errores registrados, por lo que fueron agrupadas dentro de una categoría general llamada desviación en las especificaciones. Este resultado permitió enfocar las propuestas de mejora en los puntos donde el proceso presenta mayor riesgo.

Como respuesta a estos hallazgos, se propusieron dos controles preventivos principales. El primero fue una macro para comparación de EBOMs, diseñada para apoyar la revisión de información mediante la identificación visual de cambios, eliminaciones y adiciones entre

versiones. Esta herramienta busca reducir la revisión manual casilla por casilla y disminuir la carga cognitiva del ingeniero durante la validación de información.

El segundo control fue la adaptación de técnicas Scrum como estándar de comunicación dentro del proceso del departamento de Producto. Esta propuesta permite organizar mejor los roles, actividades y entregables del equipo, buscando que los requerimientos del cliente sean entendidos y revisados de forma más clara antes de avanzar a etapas posteriores del proceso.

En la aplicación práctica de las propuestas, se realizó una prueba durante dos semanas en la que se procesaron 40 documentos utilizando la macro de comparación de EBOMs y la estructura de comunicación basada en Scrum. Como resultado, únicamente se presentó un error relacionado con una herramienta mal asignada, lo que representa un 2.5% de ocurrencia y un 97.5% de documentos procesados sin error. Aunque el periodo de prueba fue limitado, este resultado permite observar que los controles propuestos pueden contribuir a mejorar la revisión de información, reducir omisiones y fortalecer la comunicación entre las áreas involucradas.

Por otro lado, el método puede ser replicado en otros programas o procesos donde exista transferencia de información técnica entre diferentes áreas. Aunque el estudio se aplicó en el proceso de desarrollo de vestiduras automotrices, la combinación de HTA, SHERPA, calidad de la información y controles preventivos puede adaptarse a otros departamentos que presenten problemas similares de comunicación, interpretación o liberación de datos.

Finalmente, como trabajo futuro se recomienda dar seguimiento a la implementación de las propuestas durante un periodo más amplio, con el fin de medir su impacto real en la reducción de errores. También se recomienda complementar la macro con validaciones automáticas adicionales y formalizar el uso de las actividades Scrum como parte del proceso estándar del departamento. Esto permitiría fortalecer el método propuesto y convertirlo en una herramienta más robusta para prevenir errores cognitivos en la transferencia de información.

6. REFERENCIAS

1. Aliabadi, M. M., Mohammadfam, I., & Khorshidikia, S. (2024). *Human error identification and risk assessment in loading and unloading of petroleum products by road trucks using the SHERPA and fuzzy inference system method*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34072>
2. Amin, B. B., & Bouhafis, M. (2024). *A Systematic Approach To Reducing And Predicting Human*. Obtenido de [10.17051/ilkonline.2024.04.39](https://doi.org/10.17051/ilkonline.2024.04.39)
3. Angelopoulou, A., Mykoniatis, K., & Boyapati, N. R. (2020). *Industry 4.0: The use of simulation for human reliability assessment*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920306594>
4. Arauz, J. S., Gavilanes, J. P., Alemán, E. M., & Jiménez, K. J. (2022). *La percepción, la cognición y la interactividad*. Obtenido de [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.151-159](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.151-159)
5. Arcentales, J. J., Ramos, I. B., Soriano, F. E., & Allaica, J. C. (2022). *Manufactura esbelta para eliminación de desperdicios*. Obtenido de doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1279
6. Armendáriz-Hidalgo, K. A. (2023). *La metodología SCRUM en el sistema de gestión de calidad en una empresa de manufactura de grifería*. Obtenido de <https://doi.org/10.53877/rc.7.14.2023010107>
7. Ashour, A., Phipps, D. L., & Ashcroft, D. M. (2022). *Predicting dispensing errors in community pharmacies: An application of the Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)*. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261672>
8. Bouguern, S. (2022). *A Brief History of Industrial Engineering in Industrial Revolutions*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361774403_A_Brief_History_of_Industrial_Engineering_in_Industrial_Revolutions
9. Canadian Institute for Health Information. (2024). *CIHI's Information Quality Framework*. Obtenido de <https://www.cihi.ca/sites/default/files/document/information-quality-framework-nov-2024-en.pdf>
10. Carrillo-Gutierrez, T., Reyes-Martínez, R. M., Arredondo-Soto, K. C., & Solis-Quinteros, M. M. (15 de Marzo de 2021). *ANÁLISIS DEL ERROR HUMANO Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS. ESTUDIO DE CASO*. Obtenido de <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n1e37.73-91>
11. Dehaghi, B. F., Rastin, A., Malekzadeh, M., & Ghavamabadi, L. I. (2017). *Analyzing Human Error in Municipal Water Systems Using Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach SHERPA Method*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Analyzing->

Human-Error-in-Municipal-Water-Systems-Dehaghi
Rastin/e524257ce08ebf3145a7f6210cc57bdbd07af030

12. Dreger, F. A., Englund, M., Hartsch, F., Wagner, T., Jaeger, D., Bjorheden, R., & Rinkenauer, G. (2023). *Hierarchical Task Analysis (HTA) for Application Research on Operator Work Practices and the Design of Training and Support Systems for Forestry Harvester*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/f14020424>

13. Embrey, D. E. (1986). SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach. *Proceedings of the international topical meeting on advances in human factors in nuclear power systems*, 184-193.

14. Hassenstein, M. J., & Vanella, P. (2022). *Data Quality—Concepts and Problems*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010032>

15. Hung, C.-L., & Dai, M. D.-M. (Mayo de 2024). *Using SHERPA to predict human error on the maritime SAR helicopter hoist task*. Obtenido de Dimensions: https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1172109942?search_mode=content&search_text=SHERPA&search_type=kws&search_field=full_search&or_facet_year=2026&or_facet_year=2025&or_facet_year=2024&or_facet_year=2023&or_facet_year=2022&or_facet_year=2021&

16. Hung, C.-L., & Dai, M. D.-M. (2024). *Using SHERPA to predict human error on the maritime SAR helicopter hoist task*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32043>

17. Imtiaz, M., Munsif, A., & Naya, D. (2014). *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach while Drilling*. Obtenido de https://www.academia.edu/12719248/Systematic_Human_Error_Reduction_and_Prediction_Approach_while_Drilling

18. International Organization for Standardization. (2015). *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/45481/7a88f2b85cec4438a96de8da61970d1c/ISO-9000-2015.pdf>

19. Karabulut, A. T., & Ergun, E. (2018). *A new way of management: A Scrum management*. Obtenido de https://ijcf.ticaret.edu.tr/index.php/ijcf/article/view/94/pdf_64

20. Khaleghi, P., Akbari, H., Alavi, N. M., Kashani, M. M., & Batooli, Z. (2022). *Identification and analysis of human errors in emergency department nurses using SHERPA method*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2022.101159>

21. Kloecjner, A. P., Amaral, F. G., Zizemer, V. A., & Santos, C. L. (2013). *Integración del Análisis Ergonómico del Trabajo y del Análisis Jerárquico de la Tarea - Estudio de caso en una*

industria de pintura artística . Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215030400007>

22. Kolus, A., Wells, R., & Neumann, P. (2018). *Production quality and human factors engineering: A systematic review and theoretical framework*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.05.010>

23. Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, D., & Debevec, M. (2019). *A systematic literature review of Poka-Yoke and novel approach to theoretical aspects*. Obtenido de <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2019.6056>

24. Luijckx, N. M., Bazuin, T., Adriaensen, A., Visser, A., Dongelmans, D., Groeneweg, J., . . . Mheen, P. M.-v. (2025). *Building a functional resonance analysis method (FRAM) in healthcare: a systematic review on how steps are reported, defined and supported by data*. Obtenido de <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2025-104427>

25. Maya, B. N., Komianos, A., Wood, B., Wolff, L. d., Kurt, R. E., & Turan, O. (2022). *A practical application of the Hierarchical Task Analysis (HTA) and Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) to identify the major errors with mitigating actions taken after fire detection onboard passenger vessels*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111339>

26. Medina, Y. T. (2020). *El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción*. Obtenido de <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020005>

27. Mohammadfam, I., Bascompta, M., Khajevandi, A., & Dehghani, H. (31 de Octubre de 2022). *Modeling of Causes and Consequences of Human Error in Mining Processes Design: A Qualitative Study*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su142114193>

28. Mohammadi, H., Moradi, Z., MasoudGhanbar, H. E., & KhosroEmami. (2013). *Prediction and Risk assessment of human errors in control room of a steam power plant by SHERPA method*. Obtenido de https://www.icrse2023.ir/files_site/files/paper/icrse7-01140059.pdf

29. Nafisi, M. (2018). *PRACTICES FOR MANUFACTURING INVOLVEMENT IN NEW PRODUCT DEVELOPMENT*. Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1204531/FULLTEXT02.pdf>

30. Nafisi, M., Wiktorsson, M., & Rosio, C. (2016). *Manufacturing Involvement in New Product Development: An Explorative Case Study in Heavy Automotive Component Assembly*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.201>

31. Palacio, M. (2024). *SCRUM MASTER*. Obtenido de https://www.scrummanager.com/files/scrum_master.pdf

32. Paramanantham, S., & Liyanage, S. (2023). *Assessing the Impact of Human Error Assessment on Organization Performance in the Software Industry*. Obtenido de <https://www.igi-global.com/gateway/article/314563>
33. Pocock, S., Fields, B., Harrison, M., & Wright, P. (2001). *THEA – A Reference Guide*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/2386441_THEA_-_A_Reference_Guide
34. Pratiwi, I., Masita, M., Munawir, H., & Fitriadi, R. (2019). *Human error analysis using sherpa and heart method in Batik Cap production process*. Obtenido de DOI 10.1088/1757-899X/674/1/012051
35. Puspitasari, A., Safitri, G., Efionita, Y., & Halim, M. I. (2025). *Human error analysis to reduce production defects with Sherpa method and Heart method in PT XYZ*. Obtenido de <https://doi.org/10.60036/yxdr8458>
36. Romero, R. F., Martínez, J. A., Velandia, N. A., Muñoz, D. P., Vásquez, D. J., Beltrán, L. F., . . . Benavidez, L. R. (2016). *Aprendizaje, cognición y mediaciones en la escuela*. Obtenido de <https://files01.core.ac.uk/download/326426901.pdf>
37. Salas-Arias, K. M., Madriz-Quirós, C. E., Sánchez-Brenes, O., Sánchez-Brenes, M., & Hernández Granados, J. B. (2018). *Factores que influyen en errores humanos en procesos de manufactura moderna*. Obtenido de SCIELO: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822018000100022&script=sci_arttext
38. Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Hulme, A., Goode, N., Thompson, J., & Read, G. J. (2022). *HANDBOOK OF SYSTEMS THINKING METHODS*. Obtenido de <https://doi.org/10.1201/9780429281624>
39. Saucedo, L. F. (2024). *Integrating SCRUM and Lean for Enhanced Efficiency in Manufacturing: A Comprehensive Framework*. Obtenido de <https://orcid.org/0009-0005-7175-4728>
40. Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *Guía de Scrum: La guía definitiva para Scrum: Las reglas del juego*. Obtenido de <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf>
41. Shil, S. K. (2023). *INTEGRATING INDUSTRIAL ENGINEERING AND PETROLEUM SYSTEMS WITH LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR FUEL EFFICIENCY AND DOWNTIME REDUCTION*. Obtenido de <https://doi.org/10.63125/v7d6a941>
42. Stanton, N. A., Salmon, P. M., Rafferty, L. A., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. (2013). *HUMAN FACTORS METHODS*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/267624130_Human_Factors_Methods_A_Practical_Guide_for_Engineering_and_Design_second_edition

43. Vizhalil, M. P. (2023). *ENHANCING QUALITY AND EFFICIENCY: THE POWER OF POKA-YOKE*. Obtenido de <https://doi.org/10.36713/epra13623>
44. Widjajanto, S., Purba, H. H., & Jaqin, S. C. (2020). *NOVEL POKA-YOKE APPROACHING TOWARD INDUSTRY-4.0: A LITERATURE REVIEW*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/345828284_Novel_POKA-YOKE_approaching_toward_industry-40_A_literature_review
45. Wynn, D. C., & Clarkson, P. J. (2017). *Process models in design and development*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00163-017-0262-7>



Ciudad Juárez, Chihuahua a 14 de mayo de 2026

DR. LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ PICÓN
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presente.

Por medio de la presente se hace constar que el proyecto titulado *Método de análisis y prevención de errores cognitivos en la transferencia de información del proceso de desarrollo de vestiduras automotrices*, desarrollado por el Ing. Luis Ricardo Carrasco Muñoz con matrícula 251643, alumno del programa de la Maestría en Ingeniería Industrial de la UACJ, fue realizado con base en actividades, problemáticas y procesos relacionados con el departamento de Ingeniería de Producto de esta empresa, con asesoría del Dr. Jesús Andrés Hernández Gómez y la Dra. Liliana Avelar Sosa en un periodo comprendido del 19 de enero del 2026 al 11 de mayo del 2026.

Se extiende la presente para los fines que al interesado convenga.

ATENTAMENTE:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Esmeralda Ochoa Peña', written over a horizontal line.

Esmeralda Ochoa Peña

TRIM / Product Engineering Manager