

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEJORA EN EL PROCESO DE CONTROL  
DE LA PRODUCCIÓN EN LA LINEA DE  
PRODUCCIÓN VITAL DE LA EMPRESA  
MICROVENTION COSTA RICA, ALAJUELA.

Proyecto de graduación para optar por el  
Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Alberth Bustos Mora

Tutor

Ing. Marco Cartín Gamboa. MII

Heredia, 2025

## Resumen Ejecutivo

Bustos. M Alberth. (2026). *Mejora en el proceso de control de la producción en la línea de producción VITAL de la empresa MicroVention Costa Rica, Alajuela*. [Proyecto de graduación para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. Profesor asesor: Ing. Marco Cartín Gamboa, MII.

El proyecto se desarrolló en la línea de producción VITAL de MicroVention Costa Rica, donde se identificó como problema principal el alto nivel de *scrap*, generando pérdidas económicas y falta de control operativo, debido a la ausencia de indicadores visuales en tiempo real que limitaran la detección oportuna de desviaciones del proceso. El objetivo fue mejorar el control de la producción mediante el diseño e implementación de una herramienta digital de gestión visual para monitorear indicadores clave y reducir desperdicios, limitándose el alcance al análisis operativo de la línea sin modificaciones de maquinaria ni inversiones adicionales. Se aplicó la metodología DMAIC de Lean Six Sigma, utilizando análisis de datos, observación directa, entrevistas y herramientas de causa raíz como el diagrama de Ishikawa y el método de las 6M, determinándose que la causa raíz principal era la falta de visibilidad del desempeño productivo en tiempo real. Como solución, se desarrolló una herramienta en Excel con indicadores clave de desempeño (KPI), incluyendo producción por hora, nivel de *scrap*, eficiencia global de los equipos (OEE) y rendimiento acumulado del proceso (RTY), cuya implementación mejoró la visibilidad, la toma de decisiones y el control del proceso. Los resultados muestran una reducción progresiva del *scrap* y mejoras en el desempeño operativo; además, la solución no requirió inversión adicional y es

replicable en otras líneas, concluyéndose que la gestión visual en tiempo real fortalece el control de la producción y la mejora continua.

## Índice

### Contenido

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resumen Ejecutivo</b> .....                                       | 2  |
| <b>Acrónimos</b> .....                                               | 9  |
| <b>CAPITULO I:</b> .....                                             | 10 |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO</b> .....                              | 10 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....                               | 11 |
| <b>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN</b> .....                      | 12 |
| 1.1.1 Historia.....                                                  | 12 |
| 1.1.2 Productos Principales.....                                     | 14 |
| 1.1.3 Misión.....                                                    | 19 |
| 1.1.4 Visión .....                                                   | 19 |
| 1.1.5 Estructura Organizativa .....                                  | 19 |
| <b>1.2 DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....                  | 21 |
| 1.2.1 Justificación del proyecto.....                                | 22 |
| <b>1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....                              | 23 |
| 1.3.1 Objetivo General.....                                          | 23 |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....                                     | 23 |
| <b>1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....                             | 24 |
| 1.4.1 Alcances.....                                                  | 24 |
| <b>CAPITULO II:</b> .....                                            | 25 |
| <b>MARCO TEORICO</b> .....                                           | 25 |
| <b>2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA</b> .....      | 26 |
| 2.1.1 Ingeniería Industrial.....                                     | 26 |
| 2.1.2 Procesos Productivos .....                                     | 27 |
| 2.2.3 Optimizar recursos .....                                       | 28 |
| 2.2.4 Reducir Costosl .....                                          | 28 |
| <b>2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO</b> ..... | 29 |
| 2.2.1 La metodología DMAIC.....                                      | 29 |
| 2.2.2 Etapas de Metodología DMAIC .....                              | 29 |

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.3 Lean Manufacturing .....                                                                         | 31        |
| 2.2.4 Six Sigma Mejora continua.....                                                                   | 33        |
| <b>2.3 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....</b>                                    | <b>34</b> |
| 2.3.1 Efectos del proyecto en el tiempo .....                                                          | 35        |
| 2.3.2 Herramientas de análisis y recolección de información utilizadas en<br>proyectos de mejora ..... | 36        |
| <b>2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS .....</b>                                                             | <b>38</b> |
| <b>CAPITULO III: .....</b>                                                                             | <b>40</b> |
| <b>MARCO METODOLOGICO.....</b>                                                                         | <b>40</b> |
| 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....                                                  | 42        |
| 3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL<br>PROYECTO .....                         | 43        |
| 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA.....                                                       | 44        |
| 2.3.2 Herramientas de análisis y recolección de información.....                                       | 46        |
| 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....                                               | 56        |
| 3.4.1 Las 4 etapas son las siguientes.....                                                             | 57        |
| 3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y<br>SEGUIMIENTO DE RESULTADOS .....      | 61        |
| <b>CAPITULO IV:.....</b>                                                                               | <b>63</b> |
| <b>ANÁLISIS DE CAUSAS RAIZ.....</b>                                                                    | <b>63</b> |
| 4.1 ARGUMENTOS DEL DIAGNÓSTICO .....                                                                   | 65        |
| 4.2 EVIDENCIAS DEL DIAGNÓSTICO .....                                                                   | 65        |
| 4.3 PROCESO DE LA LINEA .....                                                                          | 66        |
| 4.4 DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO .....                                                        | 69        |
| 4.5 METODO DE LAS 6M.....                                                                              | 73        |
| 4.6 DIAGRAMA DE ISHIKAMA .....                                                                         | 75        |
| 4.6.1 Método.....                                                                                      | 76        |
| 4.6.2 Mano de Obra.....                                                                                | 78        |
| 4.6.3 Máquina .....                                                                                    | 79        |
| 4.6.4 Material .....                                                                                   | 80        |
| 4.6.5 Medio Ambiente .....                                                                             | 80        |
| 4.6.6 Medición .....                                                                                   | 81        |

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO .....</b>                                             | <b>82</b>  |
| <b>CAPITULO V:.....</b>                                                              | <b>83</b>  |
| <b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....</b>                                  | <b>83</b>  |
| <b>5.1 HERRAMIENTA.....</b>                                                          | <b>85</b>  |
| <b>5.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA.....</b>                                             | <b>87</b>  |
| 5.2.1 Lógica de función .....                                                        | 87         |
| 5.2.2 Captura de datos.....                                                          | 87         |
| 5.2.3 Procesamiento de información .....                                             | 88         |
| 5.2.4 Visualización dinámica.....                                                    | 88         |
| 5.2.5 Aspectos técnicos .....                                                        | 89         |
| 5.2.6 Primera interfaz.....                                                          | 89         |
| 5.2.7 Segunda interfaz .....                                                         | 92         |
| 5.2.8 Tercera interfaz .....                                                         | 94         |
| 5.2.9 Cuarta interfaz.....                                                           | 98         |
| <b>5.3 CONTROL DE TIEMPO DE LA HERRAMIENTA .....</b>                                 | <b>102</b> |
| <b>5.4 REPORTE A LOS SUPERVISORES DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN .....</b>                | <b>105</b> |
| <b>5.5 ANALISIS COSTO-BENEFICIO .....</b>                                            | <b>108</b> |
| 5.5.1 Plan de capacitación.....                                                      | 112        |
| 5.5.2 Plan de mantenimiento y actualización de la herramienta.....                   | 113        |
| <b>CAPITULO VI:.....</b>                                                             | <b>115</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                          | <b>115</b> |
| 6.1 Conclusiones.....                                                                | 116        |
| 6.2 Recomendaciones.....                                                             | 118        |
| <b>CAPITULO VII:.....</b>                                                            | <b>120</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                             | <b>120</b> |
| <b>Apéndice .....</b>                                                                | <b>125</b> |
| <b>MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE KPIs EN TIEMPO REAL .....</b> | <b>126</b> |
| <b>DOCUMENTO CONTROLADO.....</b>                                                     | <b>127</b> |
| 1. Objetivo del manual .....                                                         | 128        |
| 2. Descripción general de la herramienta .....                                       | 128        |
| 3. Componentes principales de la interfaz.....                                       | 128        |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 4. Procedimiento de uso.....                     | 129 |
| 5. Buenas prácticas de uso.....                  | 130 |
| 6. Acciones ante fallas o errores técnicos ..... | 130 |
| 7. Responsabilidades del usuario .....           | 131 |
| 8. Frecuencia de uso.....                        | 131 |
| 9. Contacto de soporte .....                     | 131 |
| HISTORIAL DE CAMBIOS .....                       | 132 |

### Índice de Tablas

|                |     |
|----------------|-----|
| Tabla 1 .....  | 43  |
| Tabla 2 .....  | 47  |
| Tabla 3 .....  | 49  |
| Tabla 4 .....  | 50  |
| Tabla 5 .....  | 53  |
| Tabla 6 .....  | 55  |
| Tabla 7 .....  | 64  |
| Tabla 8 .....  | 77  |
| Tabla 9 .....  | 79  |
| Tabla 10 ..... | 80  |
| Tabla 11 ..... | 81  |
| Tabla 12 ..... | 82  |
| Tabla 13 ..... | 112 |
| Tabla 14 ..... | 113 |

### Índice de gráficos

|                |    |
|----------------|----|
| Gráfico 1..... | 22 |
| Gráfico 2..... | 66 |

Índice de figuras

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Figura 1 .....  | 14  |
| Figura 2 .....  | 15  |
| Figura 3 .....  | 15  |
| Figura 4 .....  | 16  |
| Figura 5 .....  | 16  |
| Figura 6 .....  | 17  |
| Figura 7 .....  | 17  |
| Figura 8 .....  | 18  |
| Figura 9 .....  | 18  |
| Figura 10 ..... | 20  |
| Figura 11 ..... | 32  |
| Figura 12 ..... | 66  |
| Figura 13 ..... | 73  |
| Figura 14 ..... | 74  |
| Figura 15 ..... | 76  |
| Figura 16 ..... | 90  |
| Figura 17 ..... | 93  |
| Figura 18 ..... | 95  |
| Figura 19 ..... | 96  |
| Figura 20 ..... | 98  |
| Figura 21 ..... | 98  |
| Figura 22 ..... | 100 |
| Figura 23 ..... | 101 |
| Figura 24 ..... | 103 |
| Figura 25 ..... | 103 |
| Figura 26.....  | 107 |

## **Acrónimos**

**6M** – Método de clasificación de causas: Mano de obra, Máquina, Método, Materiales, Medición y Medio ambiente

**DMAIC** – Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (metodología de mejora de Lean Six Sigma)

**JIT** – Just In Time (Justo a Tiempo)

**KPI** – Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño)

**NCR** – Non-Conformance Report (Reporte de no conformidad)

**OEE** – Overall Equipment Effectiveness (Eficiencia Global de los Equipos)

**ROI** – Return on Investment (Retorno sobre la Inversión)

**RTY** – Rolled Throughput Yield (Rendimiento Acumulado del Proceso)

**VTAL** – Nombre de la línea de producción analizada en el estudio

**CAPITULO I:**

**PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se realiza en la empresa Microventión Terumo, dedicada a la producción y comercialización de dispositivos médicos.

Actualmente en la empresa se presenta un problema en las líneas de producción por la alta cantidad de scraps que salen por día, debido a la falta de control, visualización y planificación de la producción.

El no contar con una herramienta que les ayude a visualizar y controlar la hora a hora de cada proceso productivo está impactando en el rendimiento de la línea y el control de los rechazos.

En las líneas de producción se presenta un problema con el output (cantidad de unidades producidas) o cumplimiento de la meta de producción, como factores contribuyentes está la falta de visualización de movimientos, balance del proceso y el material no conforme.

El área de trabajo donde se va a desarrollar el proyecto de estudio se llama VTAL , una de las líneas de producción que se encargada del desarrollo de tecnologías neuro endovasculares mínimamente invasivas basadas en catéteres que brindan ventajas terapéuticas para los trastornos neurovasculares. Esta línea de producción VTAL actualmente está compuesto por 60 personas con los siguientes perfiles de puesto: Operario I, Operario II, Operario III, Líderes, Supervisor, Gerencia de Producción.

En la línea VTAL se procesa el catéter Espiral Embólica de Hidrogel. Este dispositivo primeramente se inicia en la primer operación llamada ensamble donde se le ensamblan varios componentes, tiene procesos de soldadura y lavado, pruebas de resistencia e inspección final.

El beneficio principal que traerá este proyecto a la empresa es una mejora en control de la producción que se realiza en la línea de producción.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

MicroVention fue fundada en 1997 como una empresa enfocada en desarrollar tecnologías neuroendovasculares innovadoras y mínimamente invasivas para tratar enfermedades cerebrovasculares. En 2006 fue adquirida por Terumo Corporation, lo que le permitió ampliar su enfoque en la innovación de tratamientos neuroendovasculares, y más recientemente la empresa ha pasado a llamarse Terumo Neuro para continuar con su legado de crecimiento e innovación en el cuidado neurovascular (Terumo Neuro, s.f.; Terumo, 2024)

### **1.1.1 Historia**

MicroVention fue fundada en el sur de California en 1997 con el objetivo de desarrollar y comercializar dispositivos médicos innovadores para el tratamiento de enfermedades en vasos sanguíneos pequeños, especialmente en el área neurovascular. Tras la creación de sus primeros conceptos y prototipos, la empresa orientó su enfoque hacia la terapia de aneurismas, desarrollando una línea de espirales neuroendovasculares de platino implantables y desmontables.

En 2006, MicroVention fue adquirida por Terumo Corporation, empresa con sede en Japón, lo que impulsó su crecimiento y expansión internacional. Con el paso de los años, la compañía amplió su portafolio y lanzó más de 30 productos, extendiendo sus soluciones más allá del tratamiento de aneurismas cerebrales para incluir el ictus isquémico, la enfermedad de la arteria carótida y las malformaciones neurovasculares.

Para el año 2024, la empresa se integró oficialmente bajo el nombre Terumo Neuro, reflejando su evolución y su compromiso continuo con la innovación en terapias neuroendovasculares. Además de su presencia en Estados Unidos, la compañía cuenta con operaciones en Costa Rica, donde dispone de instalaciones de manufactura. (Terumo Neuro, s.f.)

La sede en Costa Rica se encuentra Ubicada en la Zona Franca Coyol de Alajuela, Costa Rica.

Terumo es líder mundial en tecnología médica y lleva 100 años comprometido con la contribución a la sociedad a través de la atención médica. Con sede en Tokio y operaciones globales, cuenta con más de 30.000 empleados en todo el mundo para brindar soluciones médicas innovadoras en más de 160 países y regiones. La compañía comenzó como fabricante japonés de termómetros y, desde entonces, ha apoyado al sector sanitario. Actualmente, su amplia cartera de productos abarca desde soluciones de intervención vascular y cardioquirúrgica, transfusiones de sangre y tecnología de terapia celular, hasta productos médicos esenciales para la práctica clínica diaria, como sistemas de transfusión, atención a la diabetes y tratamientos de diálisis peritoneal. Terumo seguirá esforzándose por aportar valor a

los pacientes, los profesionales médicos y la sociedad en general. (Quienes somos |Terumo, 2025)

### 1.1.2 Productos Principales

#### Dispositivos Terapéuticos para Aneurismas

Un aneurisma cerebral es un área débil y abultada en la pared de una arteria. Estos dispositivos tratan un aneurisma llenando el saco del aneurisma o desviando el flujo fuera el aneurisma, como se muestran en la figura 1,2 y 3:

Figura 1

Espiral Embólica de Hidrogel



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

*Figura 2*

Dispositivo Intravascular



**Fuente** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

*Figura 3*

Desviador de Flujo



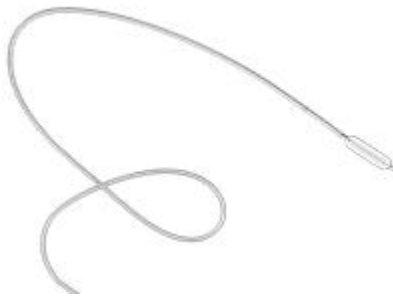
**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

## Dispositivos para Embolización

Una malformación arteriovenosa (MAV) o fistula arteriovenosa (FAV) es una conexión anormal de los vasos sanguíneos. Estos dispositivos contribuyen con el tratamiento de estas condiciones, ayudando a prevenir el flujo de sangre a los vasos sanguíneos, como se muestran en la figura 4, y 5:

*Figura 4*

Catéter con Balón de Oclusión



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

*Figura 5*

Agente Embolico Liquido



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

## Dispositivos de Aspiración y Stent Carotídeo

Dispositivos diseñados para tratar los coágulos de sangre dentro de los vasos neurovasculares de manera que puedan eliminar la placa y/o los coágulos, como se muestran en la figura 6,7 y 8:

*Figura 6*

Catéter de Aspiración



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

*Figura 7*

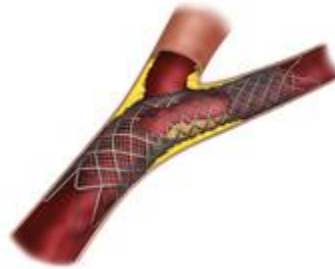
Dispositivo de Recuperación de Coágulos



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

*Figura 8*

Stent Carotídeo



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

### Dispositivos de Acceso

Estos dispositivos permiten a los médicos obtener acceso neuro endovascular a las áreas de tratamiento en el cerebro, como se muestran en la figura 9:

*Figura 9*

Microcatéter



**Fuente.** Tomado de *Products*, por Terumo Neuro (s. f.)

### **1.1.3 Misión**

La misión de Terumo Neuro es liderar la creación y comercialización de tecnologías neuroendovasculares que preserven y restauren la salud cerebral de los pacientes (Terumo Neuro, s.f.)

### **1.1.4 Visión**

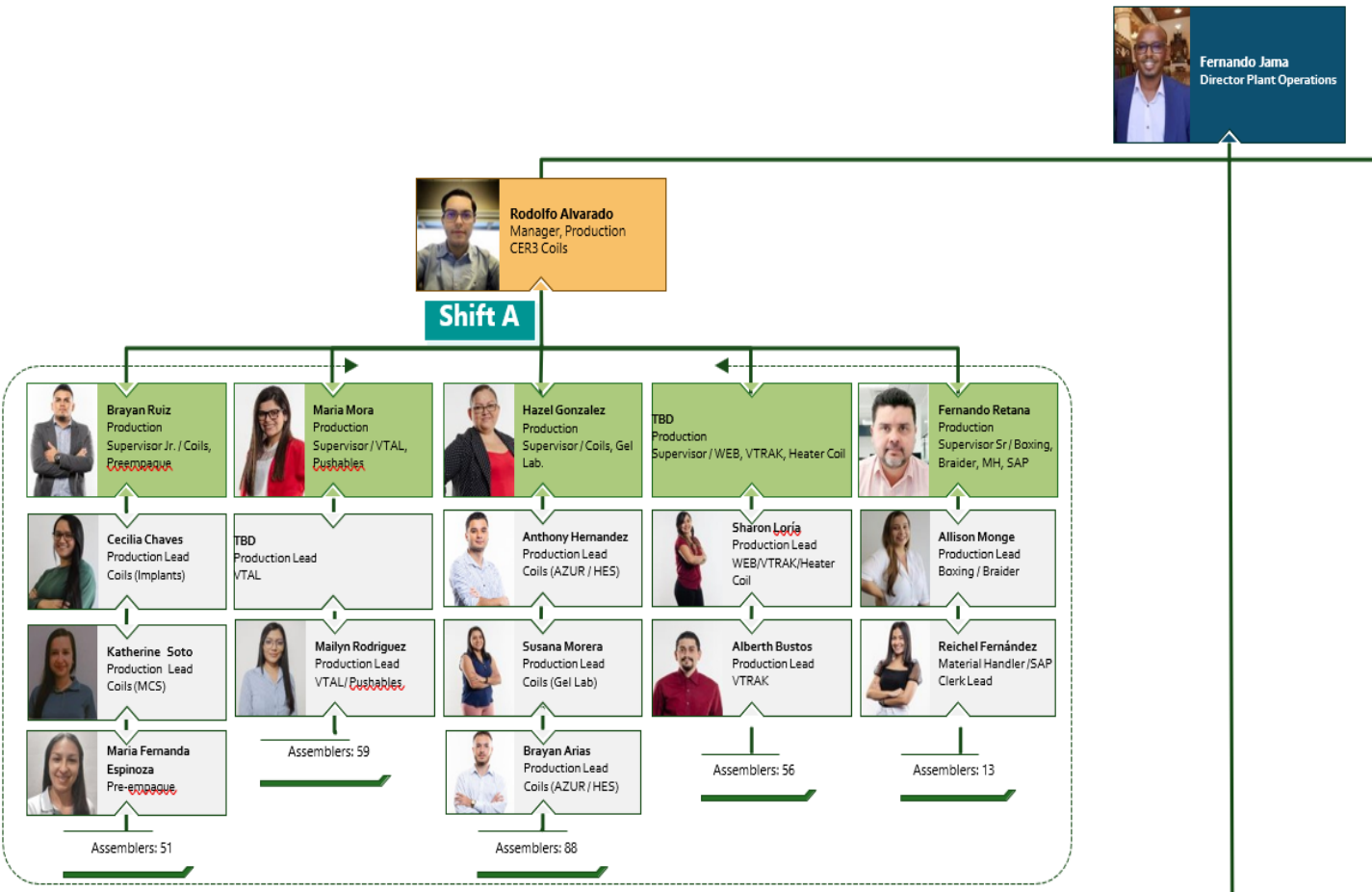
La visión institucional de Terumo se basa en un compromiso permanente con los pacientes y en la búsqueda de soluciones innovadoras para mejorar sus vidas (Terumo Corporation, s.f.).

### **1.1.5 Estructura Organizativa**

La estructura organizacional de la empresa define cada uno de los puestos de trabajo y el trabajo en equipo de cada departamento, como se muestra en la figura 10:

Figura 10

Estructura Organizativa



Fuente. Adaptado de Organigrama, por MicroVenton CR, 2025.

## **1.2 DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DEL PROBLEMA**

En la línea de producción VTAL, donde se fabrican catéteres, los productos atraviesan diferentes procesos productivos. Esta línea cuenta con una tarifa mensual de producción de 8000 unidades, si bien actualmente se alcanza, el cumplimiento de dicha meta se ve comprometido por las altas unidades de scrap generadas durante el proceso, los cuales llegan ser hasta 1339 unidades de scrap mensuales, generando pérdidas económicas mensuales de hasta \$ 49,000.

El problema principal radica en la escasa o nula visualización en tiempo real del avance de las unidades en proceso, lo que dificulta la toma de decisiones oportuna y precisa en el entorno productivo.

En el grafico 1 se puede observar en una tendencia de 3 meses el cumplimiento de la meta, las unidades de scrap por mes y los montos que impactan por mes las unidades de scrap, esto permite una mejor visualización y comprensión del análisis y asegura la coherencia entre la información visual y escrita.

Gráfico 1

Tendencia meta y Scrap mensual



**Fuente.** Elaboración propia.

### 1.2.1 Justificación del proyecto

El desarrollo e implementación de una herramienta digital para la visualización de KPIs en tiempo real tendrá un beneficio para la empresa, además una disminución económica mensual, debido a que va a permitir el seguimiento y reacción inmediata ante desviaciones que generan los scrap, mejorando la toma de decisiones.

En entornos industriales altamente competitivos, la eficiencia operativa y el control de los procesos productivos son factores determinantes para mantener la calidad, reducir costos y responder con agilidad a las demandas del mercado. En este contexto, la falta de visibilidad en tiempo real de las unidades en proceso dentro de las líneas de producción representa una barrera significativa para la toma de decisiones oportuna y la prevención de desperdicios.

En el caso particular de la línea de producción VTAL, dedicada a la fabricación de catéteres, se han identificado altos porcentajes y unidades de scrap.

Asimismo, este proyecto se alinea con los principios de Lean Manufacturing y la Industria 4.0, los cuales promueven la integración de tecnologías digitales para optimizar procesos, mejorar la trazabilidad, reducir desperdicios y aumentar la productividad.

Por tanto, esta propuesta no solo contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización, sino que también representa una oportunidad para disminuir las unidades de scrap que se generan de manera mensual, y esto con lleva a la disminución de pérdidas económicas mensuales que se tienen actualmente por los scrap que se generan en el proceso productivo.

## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar una propuesta de mejora en el proceso de VTAL para disminuir las unidades mensuales de scrap, contribuyendo así a la eficiencia operativa y al incremento del beneficio económico derivado de la reducción de desperdicios.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar el proceso VTAL, con el fin de identificar las causas raíz que generan las unidades de desperdicio.

- Diseñar una propuesta de mejora o solución técnica que permita migrar o eliminar el problema identificado.
- Realizar un análisis costo-beneficio de la propuesta, con el propósito de evaluar su viabilidad económica y su impacto en los resultados de la empresa.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 Alcances**

El proyecto se realizará únicamente en la línea de producción VTAL con el producto catéter Espiral Embólica de Hidrogel.

Actualmente la empresa trabaja bajo tres modalidades de turnos, esta investigación estará enfocada en el Turno A. Se realizó un análisis mensual de las unidades de scrap, permitiendo identificar oportunidades de mejora relacionadas la eficiencia del proceso, el cual abarcó el segundo y tercer trimestre del 2025

Se llevará a cabo la validación funcional de la herramienta, mediante pruebas en un entorno real de producción, con el fin de demostrar su impacto en la mejora del control

**CAPITULO II:**

**MARCO TEORICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

Esta sección tiene como objetivo detallar sobre la carrera base para la elaboración del proyecto con el fin de adquirir algunos conocimientos o conceptos que se estarán aplicando.

### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

La Ingeniería Industrial es una disciplina que se encarga de estudiar y mejorar los sistemas que combinan personas, materiales, máquinas, métodos y energía. Su principal objetivo es lograr que los procesos, tanto en la industria como en los servicios, sean más eficientes y productivos. Esto se logra mediante el análisis, diseño, planificación y control de las operaciones, buscando siempre optimizar el uso de los recursos disponibles.

La ingeniería industrial "es una de las ramas de la ingeniería con identidad propia, cuyo objetivo general y primordial es la optimización, la productividad, la calidad, la evaluación y la selección de la mejor alternativa, el estudio de la producción y de todas las funciones que le presten apoyo a esta" (González,2024 p.6-7)

En esta carrera, el ingeniero industrial cumple un papel fundamental dentro de las organizaciones, ya que tiene la capacidad de analizar y mejorar los procesos tanto de producción como de servicios. Su función principal es detectar oportunidades de mejora, reducir tiempos, minimizar desperdicios y asegurar la calidad de los productos o servicios. Además, su enfoque no se limita a la fábrica o planta, sino que también puede intervenir en áreas administrativas, logísticas, comerciales y de atención al cliente.

### **2.1.2 Procesos Productivos**

Un proceso se puede entender como una serie de pasos o actividades organizadas que transforman insumos en productos o servicios que generan valor. Los procesos pueden clasificarse desde distintas perspectivas según el criterio que se adopte. De acuerdo con Krajewski, Ritzman y Malhotra (2013), un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. Partiendo de este concepto, los procesos se pueden categorizar según su nivel de automatización en manuales, mixtos o automatizados, según su flujo de producción en continuos, por lotes o personalizados y según el sector al que pertenecen industriales o de servicios (Krajewski et al., 2013; Chase et al., 2009). En cuanto al flujo, el proceso por lotes es la opción más común en la práctica, mientras que el proceso de trabajo se caracteriza por un alto grado de personalización, generando flujos flexibles en lugar de un flujo en línea. Por su parte, Chase, Jacobs y Aquilano (2009) distinguen entre procesos de manufactura y procesos de servicios como categorías fundamentales según el sector al que pertenecen. Esta clasificación permite comprender mejor el funcionamiento de cada tipo de proceso y orientar estrategias para su mejora y optimización

En este sentido, "la norma ISO 9000:2000 define un proceso productivo como un conjunto de actividades interrelacionadas que transforma entradas en salidas" (Framiñan, 2023, p.12)

Para evaluar cómo está funcionando un proceso, las organizaciones recurren a los indicadores clave de desempeño, conocidos como KPIs (del inglés *Key*

*Performance Indicators*). De acuerdo con Parmenter (2015), un KPI constituye una medida del nivel de rendimiento de un proceso, cuyo valor se vincula directamente con los objetivos establecidos para la toma de decisiones. Estos indicadores permiten identificar si un proceso está alcanzando las metas propuestas, detectar fallas que requieren corrección y reconocer oportunidades de mejora, por lo que se convierten en herramientas fundamentales dentro de la gestión y evaluación de procesos (Parmenter, 2015; Krajewski et al., 2013).

### **2.2.3 Optimizar recursos**

Este objetivo se refiere a utilizar de la mejor manera posible todos los recursos disponibles dentro de una organización, ya sean materiales, humanos, tecnológicos o financieros. La idea es evitar desperdicios y asegurar que cada recurso aporte el máximo valor posible al proceso productivo o de servicios. Optimizar no significa solo reducir el uso de recursos, sino usarlos de forma inteligente, estratégica y equilibrada.

"Optimizar es tomar las decisiones para obtener el mejor resultado posible con los recursos y restricciones que tenemos" (Alejo, 2024, p. 10)

### **2.2.4 Reducir Costos**

Reducir costos significa identificar y eliminar gastos innecesarios o excesivos dentro de los procesos, sin afectar la calidad ni la eficiencia. Este objetivo busca hacer más rentable la operación, manteniendo el equilibrio entre lo que se invierte y los resultados obtenidos.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto será desarrollado con la utilización de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), perteneciente al sistema de mejora continua Six Sigma, y alineada con los principios de Lean Manufacturing, con el fin de analizar los beneficios a obtener en el proceso de producción con su aplicación.

### **2.2.1 La metodología DMAIC**

La metodología DMAIC es una herramienta que forma parte del sistema de mejora continua Six Sigma, y se complementa muy bien con los principios de Lean Manufacturing, ya que ambas buscan hacer los procesos más eficientes, eliminando errores, desperdicios y actividades que no agregan valor, DMAIC significa "Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar" que permite a las organizaciones mejorar la consistencia, reducir costos, e impulsar la eficiencia. (Sushmith, 2025).

### **2.2.2 Etapas de Metodología DMAIC**

Definir: En esta fase se identifican claramente el problema, los objetivos del proyecto, los clientes involucrados y el alcance del proceso que se desea mejorar. Es fundamental establecer qué se quiere resolver y por qué es importante. El problema, o "Y", debe estar bien definido y ser coherente con el objetivo de la organización. (Six Sigma US, 2025).

Medir: Se recopilan datos relevantes sobre el proceso actual para entender su rendimiento y establecer una línea base. Aquí se identifican las variables clave que afectan los resultados y se miden con precisión. Con esta fase, se obtiene un "Y"

medible y las variables clave que afectan directamente al problema y se logra mediante la creación de una definición operativa y un plan de medición, junto con la recopilación y el análisis de datos. (Six Sigma US, 2025).

**Analizar:** En esta etapa se estudian los datos recolectados para descubrir las causas raíz del problema. Se utilizan herramientas estadísticas y de análisis para entender dónde y por qué ocurren las fallas o ineficiencias. Esta fase nos ayuda a comprender la diferencia entre el rendimiento actual y el esperado. (Six Sigma US, 2025).

**Mejorar:** Una vez identificadas las causas principales, se desarrollan e implementan soluciones que eliminen los problemas detectados. El objetivo es rediseñar el proceso para hacerlo más eficiente, rápido y confiable. Aclara que es muy probable que durante esta fase varias soluciones sean viables, pero esto no quiere decir que todas deban ser implementadas. (Sydle, 2024)

**Controlar:** Finalmente, se establecen mecanismos de control y monitoreo para asegurar que las mejoras se mantengan a lo largo del tiempo. Se documentan los cambios y se capacita al personal para garantizar la sostenibilidad del nuevo proceso. Se indica que es necesario definir los criterios que sostendrán el control. (Sydle, 2024)

En resumen, DMAIC es una metodología muy útil cuando se quiere mejorar un proceso de forma ordenada y basada en datos reales. Al estar alineada con Lean Manufacturing, también ayuda a reducir tiempos, costos y desperdicios, lo que aporta mucho valor a cualquier tipo de organización.

### **2.2.3 Lean Manufacturing**

El Lean Manufacturing, o manufactura esbelta, es una filosofía de gestión enfocada en mejorar los procesos productivos eliminando todo aquello que no agrega valor al producto o servicio. De acuerdo con Womack, Jones y Roos (1990), esta metodología busca aumentar el valor de cada actividad realizada dentro de un proceso, eliminando todo lo que no se requiere, con el propósito de lograr procesos más eficientes, rápidos y con menor desperdicio, sin comprometer la calidad ni la satisfacción del cliente.

Esta filosofía centra su atención en identificar y eliminar los llamados desperdicios. Womack y Jones (2003) señalan que actividades como la sobreproducción, los tiempos de espera, los movimientos innecesarios, el mantenimiento de inventarios excesivos y la reprocesamiento de productos defectuosos representan formas de desperdicio, es decir, todo aquello por lo que el cliente no está dispuesto a pagar. Al reducir o eliminar estos desperdicios, se logra un flujo de trabajo más limpio, organizado y productivo.

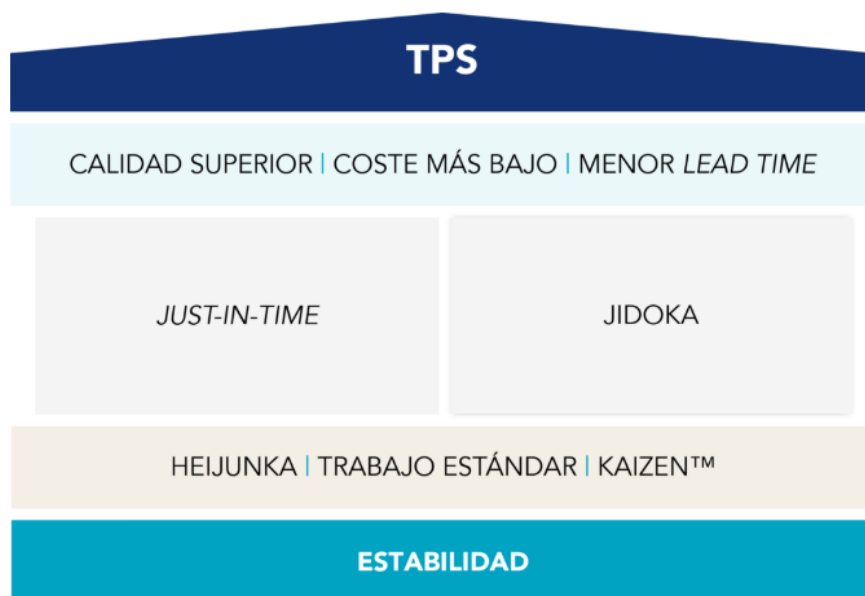
En resumen, Lean Manufacturing es una herramienta poderosa para optimizar procesos, mejorar la calidad, reducir costos y responder mejor a las necesidades del cliente. Por eso, su aplicación es muy común tanto en entornos industriales como en empresas de servicios.

El sistema de Producción Toyota (Toyota Production System – TPS) está basado en la utilización de Lean debido a que transformó la industria automotriz y se convirtió

en el paradigma para sistemas de producción Lean en todo el mundo, como se muestra en la Figura 11. (Pereira, 2025).

*Figura 11*

Sistema de Producción de Toyota



**Fuente.** Tomado de "Comprender el lean Manufacturing: Guía KAIZEN™," por H.

Pereira, 2025, Kaizen Institute Consulting Group.

El JIT, *Just In Time* (Justo a Tiempo) busca producir lo necesario, en la cantidad necesaria y en el momento necesario, mientras que el Jidoka es un enfoque que busca la identificación y corrección inmediata de problemas en la línea de producción.

#### **2.2.4 Six Sigma Mejora continua**

Six Sigma constituye una estrategia de mejora continua que, a diferencia de otros enfoques centrados únicamente en ajustes menores, se apoya en el análisis estadístico de datos para identificar y eliminar de forma definitiva las causas raíz de los errores, defectos y retrasos presentes en los procesos de una organización (Gutiérrez Pulido, 2009). Su propósito central es reducir la variabilidad y elevar los niveles de calidad en todas las áreas, siempre con foco en la satisfacción del cliente.

Asimismo, esta metodología impulsa el desarrollo de una cultura organizacional orientada a la mejora permanente. Para ello, los equipos de trabajo adoptan metodologías estructuradas como el ciclo DMAIC, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, que proporcionan un marco sistemático para guiar cada proyecto de mejora. De este modo, los resultados obtenidos no quedan al azar, sino que se sostienen y verifican a través de indicadores claros que aseguran su permanencia en el tiempo (Pande et al., 2002; Gutiérrez Pulido, 2009).

En resumen, la mejora continua en Six Sigma no se basa en suposiciones ni en soluciones rápidas, sino en un proceso riguroso, ordenado y basado en datos, que permite a las organizaciones ser más eficientes, competitivas y orientadas al cliente.

Según Admin (2024), algunos casos de éxito son los siguientes:

Motorola: Pionera en la implementación de Six Sigma, Motorola logró reducir defectos y mejorar la calidad de sus productos, lo que llevó a una ventaja competitiva sostenida.

General Electric: Al adoptar Six Sigma, General Electric no solo mejoró su eficiencia operativa, sino que también generó ahorros significativos y aumentó la satisfacción del cliente.

Healthcare: En el sector de la salud, Six Sigma ha sido utilizado para mejorar la eficiencia en procesos clínicos y administrativos, reduciendo errores y mejorando la atención al paciente.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto de mejora del proceso productivo, enfocado en la reducción del scrap y la obtención de beneficios económicos, se fundamenta en principios teóricos sólidos provenientes de metodologías reconocidas como Lean Manufacturing, Six Sigma y la filosofía de mejora continua. A través del uso de herramientas estructuradas como DMAIC, se aborda de manera sistemática la identificación de desperdicios, el análisis de sus causas raíz, y la implementación de soluciones sostenibles.

Desde esta base teórica, el abordaje propuesto en el proyecto se adapta a la realidad específica del proceso estudiado, aplicando los conceptos en forma práctica, con un enfoque tanto cuantitativo (reducción de costos, mejora de indicadores) como cualitativo (cambios en la cultura organizacional, mejora del ambiente laboral y aumento de la calidad del producto).

### **2.3.1 Efectos del proyecto en el tiempo**

#### **Corto plazo**

- Reducción inmediata del scrap en el proceso

#### **Mediado plazo**

- Mejora sostenida de la eficiencia operativa.

#### **Reducción acumulada de costos asociados al desperdicio.**

- Fortalecimiento de la cultura de mejora continua dentro del equipo de trabajo.

#### **Largo Plazo.**

- Base sólida para replicar la metodología en otros procesos o áreas de la empresa.

Desde la teoría, diversos autores destacan que los proyectos de mejora continua generan beneficios medibles tanto a nivel financiero como organizacional. Por ejemplo, la metodología Six Sigma, según Pande et al. (2000), permite reducir defectos y variabilidad de forma cuantificable, mientras que Lean Manufacturing, según Womack y Jones (1996), mejora el flujo de valor reduciendo actividades que no aportan beneficio al cliente.

El beneficio cuantitativo incluye la reducción de costos por scrap. Por otro lado, el beneficio cualitativo abarca una cultura organizacional orientada a la mejora y la calidad.

### **2.3.2 Herramientas de análisis y recolección de información utilizadas en proyectos de mejora**

En los proyectos de mejora de procesos es fundamental utilizar herramientas que permitan identificar problemas, analizar sus causas y sustentar las decisiones con información confiable. A continuación, se describen las principales herramientas empleadas en este estudio, las cuales cuentan con respaldo teórico en la literatura especializada.

El análisis de causa raíz es una técnica orientada a identificar las causas fundamentales de un problema, evitando enfocarse únicamente en sus efectos visibles. Su propósito es implementar soluciones que eliminen la fuente del problema y prevengan su recurrencia. Este enfoque utiliza herramientas estructuradas que facilitan la comprensión de las fallas en los procesos (Andersen & Fagerhaug, 2006).

El focus group es una técnica de investigación cualitativa que consiste en una discusión guiada entre un grupo de participantes con el fin de explorar percepciones, experiencias y opiniones sobre una situación específica. Esta herramienta permite obtener información profunda y contextualizada que difícilmente se logra mediante métodos individuales (Krueger & Casey, 2015).

Por su parte, las entrevistas semiestructuradas permiten recolectar información directa de los participantes mediante preguntas previamente definidas, manteniendo flexibilidad para profundizar en temas relevantes que surjan durante

la conversación. Este método facilita comprender la perspectiva del personal involucrado en los procesos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

La revisión de datos históricos es una técnica cuantitativa que consiste en analizar registros previos del desempeño de un proceso para identificar tendencias, variaciones y oportunidades de mejora. El uso de datos históricos es clave en proyectos de mejora, ya que permite fundamentar el análisis en evidencia objetiva (Montgomery, 2013).

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que ayuda a identificar y priorizar las causas más significativas de un problema, basándose en el principio de que un pequeño número de factores suele generar la mayor parte de los efectos. Esta herramienta facilita la toma de decisiones enfocadas en los aspectos de mayor impacto (Ishikawa, 1985).

El diagrama causa–efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o espina de pescado, permite organizar visualmente las posibles causas de un problema en diferentes categorías, facilitando el análisis estructurado de situaciones complejas (Ishikawa, 1985).

La observación directa es un método de recolección de datos que implica examinar las actividades en su entorno real de ejecución. Esta técnica permite identificar comportamientos, prácticas operativas y desviaciones del proceso tal como ocurren en la práctica (Robbins & Coulter, 2018).

Finalmente, la lista de cotejo es un instrumento que permite registrar de manera sistemática la presencia o ausencia de actividades, condiciones o comportamientos

específicos durante la observación de un proceso. Su uso facilita la evaluación objetiva y estructurada de las operaciones (Arias, 2016).

Estas herramientas, en conjunto, proporcionan un soporte metodológico sólido para la identificación de problemas, el análisis de causas y la implementación de mejoras dentro de los procesos productivos.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS**

Se detallarán investigaciones que se han realizado en mejoras de procesos

1-Se toma en cuenta la Tesis de Melgar Vásquez, Jonathan Hebert sobre Mejora de procesos operativos en el área de producción de la distribuidora Multiandina Perú S.A.C.

El objetivo general de la investigación es elaborar una propuesta para mejorar la productividad y el servicio del proceso de preparación y distribución de canastas de productos alimenticios, mediante la eliminación de desperdicios (Muda) y la aplicación de herramientas y técnicas básicas, administrativas y estadísticas.

Para lograr los objetivos de Multiandina, se aplicó la metodología de mejora continua que utiliza herramientas de calidad como: diagrama de causa-efecto, diagrama de Pareto, diagrama de flujo y hoja de verificación o chequeo. Además, se utilizarán herramientas de manufactura esbelta como el mapeo del flujo de valor (VSM), los KPI y la estandarización de puestos de trabajo.

2-Se toma en cuenta el Proyecto de Rocio Duchi, VT (2021). Diseño de un plan de mejora de desempeño de los procesos de producción de la empresa TABLICON S.A

El objetivo del proyecto es diseñar un plan de mejora del desempeño de los procesos de producción en la fabricación de electrocanales-ductos y tableros eléctricos de baja tensión mediante la aplicación de técnicas de la 5's y lean manufacturing.

Como mejoras del nivel de desempeño de los procesos de producción se propuso la aplicación de las técnicas de la 5's y lean manufacturing, ya que cada una de estas aplicaciones gestionan la calidad y el control de tiempo. Con el cual se ha evidenciado que son las principales problemáticas de la empresa estudiada. Además, que el empleo de las técnicas mencionadas, sirve para mejorar la calidad de gestión operativa con el fin de beneficiar económicamente sin adicionar un valor agregado extra por fallas técnicas o humanas.

**CAPITULO III:**

**MARCO METODOLOGICO**

En este capítulo se detalla de manera sistemática cada una de las etapas del proceso metodológico desarrollado, abarcando desde la identificación del problema hasta la implementación de la solución en el entorno real del proceso productivo. El análisis se centra en las acciones dirigidas a mitigar el impacto del scrap en las distintas operaciones de la línea de producción, con el objetivo de reducir el desperdicio de materia prima, el cual constituye una fuente significativa de pérdidas económicas para la compañía y afecta directamente la eficiencia operativa.

Asimismo, se presenta de manera estructurada y comprensible el procedimiento seguido para la implementación de la herramienta propuesta en este proyecto, enfatizando su diseño, desarrollo y aplicación dentro del flujo productivo. Este enfoque metodológico busca garantizar que los resultados sean reproducibles y que las mejoras identificadas puedan ser sostenibles en el tiempo.

Finalmente, se evidencia la eficacia de la solución diseñada a través de su aplicación práctica, mostrando cómo la herramienta implementada contribuyó a la optimización de los indicadores clave de desempeño (KPI) de la línea, particularmente en aspectos de productividad, nivel de scrap y rendimiento (yield). De esta manera, se busca no solo validar la efectividad de la propuesta, sino también resaltar su relevancia como un aporte tangible al fortalecimiento de la cultura de mejora continua dentro de la organización.

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Para la identificación del problema en la línea de producción VTAL, se realizó un análisis de los reportes históricos de indicadores de desempeño correspondientes a meses anteriores. Dichos informes evidenciaron un porcentaje elevado de scrap generado por operación, lo cual indicaba una desviación significativa en el proceso y una oportunidad clara de mejora. Esta situación no había sido gestionada de forma efectiva, principalmente por la ausencia de una herramienta visual que permitiera monitorear la producción de forma continua (hora a hora) y, simultáneamente, identificar en tiempo real las operaciones con mayor afectación por generación de desperdicio.

Como complemento al análisis cuantitativo, se ejecutó una dinámica de focus group con la participación del líder de producción de la línea VTAL, el supervisor del turno y el equipo del área de ingeniería. El objetivo fue realizar una revisión conjunta de la información recolectada, con el fin de identificar la causa raíz del aumento en el scrap, evaluando si se trataba de fallas operativas relacionadas con errores en la ejecución de tareas, o si el origen del problema correspondía a factores externos como la calidad de la materia prima.

El proyecto plantea como solución la implementación de un sistema de trazabilidad horaria de la producción, que permita recuperar la visibilidad del comportamiento operativo en tiempo real. Esta falta de visibilidad ha sido un factor crítico que ha limitado la capacidad de reacción del personal responsable de la línea, afectando negativamente el cumplimiento de las metas de producción diarias y mensuales, y generando pérdidas asociadas al uso ineficiente de los recursos.

## 3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO

### CUANTITATIVO DEL PROYECTO

Para explicar de una manera más clara la metodología utilizada para la medición cuantitativa en este proyecto se realizó y se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 1*

Metodología para la medición y respaldo cuantitativo.

| <b>Objetivo: Analizar los datos obtenido de los informes, determinar la problemática y establecer la causa raíz en busca de la mejorar y erradicación del problema.</b> |                                                                                                                    |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Variable</b>                                                                                                                                                         | <b>Acción</b>                                                                                                      | <b>Instrumento</b>                    |
| Datos (informes estadísticos)                                                                                                                                           | Analizar los informes de meses anteriores.                                                                         | Revisión de históricos                |
| Causa raíz                                                                                                                                                              | Identificar la pérdida de trazabilidad del scrap                                                                   | Focus group                           |
| Procesos Operativos                                                                                                                                                     | Observar directamente las actividades realizadas en la línea para verificar cumplimiento y registrar desviaciones. | Observación directa y lista de cotejo |
| Personal involucrado                                                                                                                                                    | Recopilar percepciones y sugerencias del personal sobre las causas del problema.                                   | Entrevistas semiestructuradas         |
| Resultados del análisis                                                                                                                                                 | Representar visualmente los datos para facilitar la interpretación y toma de decisiones.                           | Diagramas de Pareto y de causa-efecto |

**Fuente.** Elaboración propia.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA**

En esta etapa se presenta la propuesta de mejora, la cual consiste en la implementación de una herramienta digital orientada al control de producción y gestión de scrap, como respuesta a la problemática identificada en la línea de producción VTAL. Esta propuesta se desarrolla bajo el enfoque de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), perteneciente al sistema de mejora continua Six Sigma y alineada con los principios de Lean Manufacturing, cuyo objetivo principal es la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos.

Durante esta fase se aplicaron diversas herramientas metodológicas que permitieron recopilar, analizar y validar la información de manera estructurada. En la etapa de Medir, se recurrió a la revisión de históricos y al análisis de informes estadísticos de producción para identificar tendencias y comportamientos del scrap. En la fase de Analizar, se implementaron focus groups y entrevistas semiestructuradas con el personal operativo, con el propósito de identificar las causas raíz de la pérdida de trazabilidad y recopilar percepciones directas sobre el proceso. Asimismo, se utilizó la observación directa y la lista de cotejo para verificar en campo el cumplimiento de las operaciones y detectar posibles desviaciones. Finalmente, para el tratamiento y priorización de las causas detectadas, se emplearon herramientas de análisis gráfico como el diagrama de Pareto y el diagrama causa-efecto, los cuales facilitaron la interpretación visual de los resultados y la identificación de los factores más críticos.

La herramienta propuesta permite visualizar en tiempo real las métricas de producción por hora, identificando oportunamente desviaciones en indicadores clave como el rendimiento (yield) y el volumen de desperdicio por operación. Esta visibilidad operativa facilita una toma de decisiones más ágil y fundamentada, permitiendo aplicar acciones correctivas inmediatas para mitigar el impacto en el desempeño de la línea en las horas siguientes.

Adicionalmente, la herramienta ofrece funcionalidades para registrar las causas de los desperdicios detectados, así como las acciones tomadas, generando una base de datos histórica que permite analizar tendencias y comportamientos operativos en períodos de tiempo extensos (mensuales o trimestrales). Esta trazabilidad facilita la identificación de patrones de falla recurrentes y soporta decisiones estratégicas como la rotación de personal, ajustes en el layout operativo o modificaciones en los procedimientos de manufactura.

En síntesis, la propuesta de mejora se apoya en la metodología DMAIC y en el uso de herramientas de análisis de procesos y control de calidad, con el propósito de fortalecer el control del proceso productivo, incrementar la visibilidad operativa y mejorar la capacidad de reacción ante desviaciones, contribuyendo así a la reducción sostenida del scrap en la línea VTAL y al cumplimiento de los objetivos de eficiencia y productividad establecidos por la organización.

Con el fin de sustentar de manera teórica las técnicas empleadas durante el desarrollo del proyecto, resulta necesario describir las herramientas de análisis y recolección de información utilizadas en la identificación y estudio del problema. Estas herramientas permiten estructurar el proceso investigativo, garantizando que

las decisiones tomadas estén basadas en métodos reconocidos y en información confiable. A continuación, se presentan los fundamentos conceptuales de cada una de ellas, los cuales respaldan su aplicación dentro del marco metodológico del presente estudio.

### **2.3.2 Herramientas de análisis y recolección de información**

Para dar inicio al proyecto de mejora, fue necesario llevar a cabo la etapa DEFINIR del ciclo DMAIC, la cual permitió establecer las bases del problema identificado en la línea de producción VITAL. En esta fase se delimitó el alcance del proyecto, se identificaron los stakeholders clave y se establecieron los objetivos de mejora.

La Tabla 2 detalla la metodología aplicada durante esta etapa, incluyendo las actividades realizadas, las herramientas utilizadas, los plazos estimados y los responsables de cada acción.

Tabla 2

Metodología utilizada en la etapa DEFINIR del ciclo DMAIC

| Objetivo específico                                           | Actividades                                         | Herramienta             | Descripción                                                                                      | Plazos   | Responsables           |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Delimitar el problema de alto nivel de scrap en la línea VTAL | Revisar reportes generales de desempeño de la línea | Revisión documental     | Se revisaron informes generales de producción para identificar desviaciones en el nivel de scrap | 1 semana | Ingeniero de procesos  |
| Identificar el impacto del problema en la operación           | Analizar indicadores globales de producción         | Análisis de indicadores | Se evaluaron métricas generales de rendimiento y desperdicio para dimensionar el problema        | 3 días   | Ingeniería de procesos |
| Definir el alcance del proyecto de mejora                     | Reunirse con personal clave del área                | Reuniones de trabajo    | Se realizaron reuniones con supervisión y producción para establecer límites del proyecto        | 2 días   | Ingeniero de procesos  |

Elaboración propia, 2025.

Como se observa en la Tabla 2, la etapa DEFINIR tuvo una duración aproximada de una semana, durante la cual se realizaron actividades fundamentales como la revisión documental de reportes de producción y la identificación de métricas generales de desempeño. Estas actividades permitieron establecer una comprensión clara del problema de scrap en la línea VTAL y definir el alcance del proyecto de mejora, sentando las bases para la siguiente fase de medición

Una vez definido el problema, se procedió con la etapa MEDIR, cuyo objetivo principal fue cuantificar el nivel actual de scrap y evaluar el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo. Esta fase requirió la recopilación y análisis de datos históricos de producción para establecer una línea base del desempeño operativo. En la Tabla 3 se presenta la metodología empleada durante esta etapa, especificando las actividades de recolección de datos, las herramientas de análisis estadístico aplicadas y los responsables de su ejecución

Tabla 3

Metodología utilizada en la etapa MEDIR del ciclo DMAIC

| Objetivo específico                                         | Actividades                                  | Herramienta                  | Descripción                                                                       | Plazos   | Responsables           |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Cuantificar el nivel de scrap del proceso                   | Recopilar datos históricos de producción     | Revisión de datos históricos | Se analizaron registros previos de producción y scrap para identificar tendencias | 1 semana | Ingeniería de procesos |
| Evaluar el comportamiento del proceso en el tiempo          | Analizar informes estadísticos de producción | Análisis estadístico         | Se estudiaron reportes de desempeño para medir variaciones del proceso            | 1 semana | Ingeniero de procesos  |
| Identificar operaciones con mayor generación de desperdicio | Clasificar datos por operación               | Estratificación de datos     | Se organizaron los datos por estación de trabajo para detectar áreas críticas     | 3 días   | Ingeniería de procesos |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025.

La Tabla 3 muestra que la etapa MEDIR requirió un período de dos semanas para completar las actividades de recolección y análisis de datos. Durante esta fase se analizaron registros históricos de producción y se aplicaron técnicas de

estratificación para identificar las operaciones con mayor generación de desperdicio. Los resultados obtenidos en esta etapa proporcionaron la información cuantitativa necesaria para proceder con el análisis de causas raíz en la siguiente fase.

Con los datos recabados en la etapa anterior, se dio paso a la etapa ANALIZAR, enfocada en identificar las causas raíz del alto nivel de scrap en la línea de producción. Durante esta fase se aplicaron diversas herramientas de análisis de causa raíz, como el diagrama de Pareto, el diagrama causa-efecto y el análisis de los 6M, permitiendo priorizar las causas con mayor impacto en el problema. La Tabla 4 describe la metodología utilizada en esta etapa, detallando las actividades de análisis, las herramientas aplicadas, los plazos de ejecución y el personal involucrado

*Tabla 4*

Metodología utilizada en la etapa ANALIZAR del ciclo DMAIC

| Objetivo específico                          | Actividades                     | Herramienta        | Descripción                                                      | Plazos | Responsables          |
|----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|
| Identificar las causas principales del scrap | Priorizar causas de desperdicio | Diagrama de Pareto | Se clasificaron las principales causas de scrap según su impacto | 3 días | Ingeniero de procesos |

| Objetivo específico                                    | Actividades                      | Herramienta                   | Descripción                                                                 | Plazos   | Responsables             |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Determinar las posibles causas raíz del problema       | Analizar factores del proceso    | Diagrama causa-efecto         | Se agruparon causas según método, máquina, material y mano de obra          | 3 días   | Ingeniería de procesos   |
| Profundizar en la causa fundamental del problema       | Evaluar causas críticas          | Análisis de causa raíz        | Se investigaron las causas más relevantes para definir acciones correctivas | 4 días   | Ingeniero de procesos    |
| Obtener percepción del personal sobre el problema      | Realizar sesión grupal           | Focus group                   | Se discutieron posibles causas del scrap con líderes de producción          | 2 días   | Supervisor de producción |
| Recopilar información detallada del personal operativo | Aplicar entrevistas individuales | Entrevistas semiestructuradas | Se entrevistó a operadores para conocer dificultades del proceso            | 3 días   | Ingeniero de procesos    |
| Verificar condiciones reales del proceso               | Observar la operación en planta  | Observación directa           | Se analizaron las actividades en línea para identificar fallas operativas   | 1 semana | Ingeniería de procesos   |

| Objetivo específico                         | Actividades                       | Herramienta     | Descripción                                                      | Plazos   | Responsables           |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Registrar desviaciones detectadas en planta | Documentar cumplimiento de tareas | Lista de cotejo | Se utilizó para registrar fallas observadas durante la operación | 1 semana | Ingeniería de procesos |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con la Tabla 4, la etapa ANALIZAR fue la más extensa del proyecto, con una duración total aproximada de dos semanas. Durante esta fase se aplicaron múltiples herramientas de análisis de causa raíz, incluyendo diagramas de Pareto, diagramas causa-efecto y análisis de causa raíz profunda. Además, se realizaron sesiones de focus group con líderes de producción y entrevistas con el personal operativo para obtener diferentes perspectivas del problema. El resultado de esta etapa fue la identificación de la falta de visibilidad del desempeño productivo en tiempo real como la causa raíz principal del alto nivel de scrap.

Tras identificar las causas raíz del problema, se desarrolló la etapa MEJORAR, orientada al diseño e implementación de una herramienta digital de gestión visual para el control de la producción. Esta fase incluyó la definición de requerimientos del sistema, la selección de indicadores clave de desempeño (KPI) y la validación de la herramienta con el personal operativo. En la Tabla 5 se detalla la metodología aplicada durante esta etapa, incluyendo las actividades de diseño, las herramientas de análisis utilizadas, los plazos de implementación y los responsables de cada actividad.

Tabla 5

Metodología utilizada en la etapa MEJORAR del ciclo DMAIC

| Objetivo específico                                                    | Actividades                              | Herramienta                  | Descripción                                                                       | Plazos   | Responsables             |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Diseñar una herramienta digital para mejorar la trazabilidad del scrap | Definir requerimientos del sistema       | Análisis de causa raíz       | Se utilizaron las causas identificadas para definir variables críticas de control | 1 semana | Ingeniero de procesos    |
| Definir indicadores visuales de control                                | Revisar información histórica relevante  | Revisión de datos históricos | Se analizaron datos previos para establecer métricas clave de visualización       | 1 semana | Ingeniería de procesos   |
| Priorizar variables a controlar en la herramienta                      | Evaluar impacto de causas críticas       | Diagrama de Pareto           | Se seleccionaron los indicadores de mayor impacto para el monitoreo               | 3 días   | Ingeniería de procesos   |
| Establecer categorías de registro de causas                            | Clasificar factores del proceso          | Diagrama causa-efecto        | Se definieron categorías de fallas para el registro en el sistema                 | 3 días   | Ingeniería de procesos   |
| Validar funcionalidad de la herramienta                                | Realizar sesión de revisión con personal | Focus group                  | Se presentó la herramienta al equipo                                              | 2 días   | Supervisor de producción |

| Objetivo específico                            | Actividades                          | Herramienta                   | Descripción                                                          | Plazos | Responsables          |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|
|                                                |                                      |                               | para validar su utilidad                                             |        |                       |
| Ajustar la herramienta según retroalimentación | Recopilar observaciones del personal | Entrevistas semiestructuradas | Se realizaron ajustes con base en sugerencias del personal operativo | 2 días | Ingeniero de procesos |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025.

La Tabla 5 presenta las actividades desarrolladas durante la etapa MEJORAR, las cuales se enfocaron en el diseño e implementación de una herramienta digital de gestión visual en Excel. Esta herramienta incluyó indicadores clave de desempeño (KPI) como producción por hora, nivel de scrap, OEE y RTY. Las actividades de validación mediante focus group y entrevistas permitieron ajustar la herramienta según el feedback del personal operativo, asegurando su funcionalidad y facilidad de uso. La implementación de esta solución no requirió inversión adicional en software o maquinaria.

Finalmente, se llevó a cabo la etapa CONTROLAR, cuyo propósito fue asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y estandarizar el uso de la nueva herramienta de control. Esta fase incluyó la definición de indicadores de seguimiento, la capacitación del personal operativo y el establecimiento de revisiones periódicas para monitorear el desempeño del proceso. La Tabla 6 presenta la metodología empleada en esta etapa final, especificando las actividades

de control, las herramientas de monitoreo, los plazos de seguimiento y los responsables de mantener la mejora continua.

*Tabla 6*

Metodología utilizada en la etapa CONTROLAR del ciclo DMAIC

| Objetivo específico                                | Actividades                         | Herramienta                | Descripción                                                                   | Plazos     | Responsables             |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------|
| Asegurar la sostenibilidad de la mejora            | Definir indicadores de seguimiento  | KPI de control             | Se establecieron métricas para monitorear el desempeño del proceso            | Permanente | Ingeniería de procesos   |
| Mantener la trazabilidad del scrap                 | Registrar información de producción | Sistema digital de control | Se utilizó la herramienta implementada para monitorear la producción por hora | Permanente | Supervisor de producción |
| Verificar cumplimiento del nuevo método de trabajo | Supervisar operaciones en planta    | Observación directa        | Se realizaron revisiones periódicas del proceso                               | Mensual    | Ingeniería de procesos   |
| Estandarizar el uso de la herramienta              | Capacitar al personal operativo     | Capacitación interna       | Se instruyó al personal sobre el uso del sistema de control                   | 1 semana   | Ingeniero de procesos    |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025.

Finalmente, la Tabla 6 detalla las actividades de la etapa CONTROLAR, diseñadas para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Esta fase incluyó el establecimiento de KPI de control con monitoreo permanente, la capacitación del personal operativo en el uso del sistema digital y la programación de revisiones mensuales para verificar el cumplimiento del nuevo método de trabajo. Estas acciones garantizan que la mejora obtenida se mantenga en el tiempo y que cualquier desviación del proceso pueda ser detectada y corregida de manera oportuna, cerrando así el ciclo DMAIC de mejora continua.

### **3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

Una vez definido el problema, medidos los datos que permitieron identificar la oportunidad de mejora, analizadas las causas y variables involucradas, así como implementadas las acciones correctivas para eliminar los factores que afectaban la línea de producción VTAL, se empleó el ciclo de Deming como herramienta para organizar y sistematizar las acciones a seguir. Este también es conocido como el ciclo PDCA.

El ciclo de Deming es una metodología compuesta por cuatro etapas que se desarrollan en un orden específico, dado que cada una depende de la anterior. Su naturaleza es cíclica, ya que, al finalizar la última etapa, se debe regresar a la primera, repitiendo el proceso de manera continua para garantizar la mejora permanente.

### **3.4.1 Las 4 etapas son las siguientes**

Planear: En esta etapa se realiza la identificación del problema, la definición de los objetivos y la determinación de las herramientas y métodos necesarios para alcanzar dichos objetivos. Esta fase es fundamental, pues garantiza que las acciones posteriores se encuentren debidamente alineadas con la estrategia de mejora planteada.

En el contexto del presente proyecto, el problema fue identificado mediante el análisis de datos históricos correspondientes a la línea de producción VTAL. Dichos datos fueron evaluados a través de indicadores clave de desempeño (KPI), los cuales evidenciaron una deficiencia significativa en el proceso, reflejada tanto a nivel productivo como en la generación de scrap.

Como complemento al análisis se la realiza un focus group con las partes involucradas en la operación con la participación del área de gestión específicamente el líder y supervisor de la línea de producción VTAL así como del departamento de ingeniería.

Hacer: En esta etapa se lleva a cabo la ejecución de las acciones propuestas durante la etapa de planeación. El propósito principal es diseñar las mejoras y aplicar su practica en la línea de producción.

En el marco del presente proyecto, la propuesta consistió en desarrollar una herramienta de control que permita registrar y evidenciar métricas de producción de manera hora por hora. Esta herramienta proporciona un seguimiento detallado de

cada operación que integra la línea productiva, incluyendo el nivel de scrap generado en cada una de ellas.

La implementación de este mecanismo no solo posibilita una mayor trazabilidad del desempeño operativo, sino que también contribuye a la optimización del proceso, ya que al disponer de visibilidad en tiempo real sobre las fallas recurrentes ya sea a nivel operativo o relacionadas con la materia prima, se facilita la toma de decisiones. Esto permite minimizar el impacto negativo en la producción y, al mismo tiempo, atacar los problemas desde su fuente, alineándose con los principios de mejora continua.

Verificar: La etapa de verificación tiene como propósito evaluar los resultados obtenidos tras la implementación de la propuesta de mejora, con el fin de determinar si se alcanzaron los objetivos planteados en la fase de planeación. En esta fase se analizan las métricas de desempeño para comprobar si las acciones ejecutadas generaron un impacto positivo en el proceso productivo.

En el caso del presente proyecto, la verificación se realizó mediante el análisis de los indicadores clave de desempeño de la línea de producción VTAL, enfocados principalmente en la productividad y en la reducción del nivel de scrap. Estos indicadores permitieron establecer una comparación directa entre la situación inicial y los resultados posteriores a la implementación de la propuesta, facilitando así la validación del impacto real de la mejora.

Los resultados evidenciaron que la herramienta implementada no solo permitió un seguimiento más detallado de las métricas productivas, sino que también brindó

mayor visibilidad sobre las falencias del proceso, lo cual facilitó la identificación de fallas recurrentes y de áreas con oportunidades de optimización. En términos cuantitativos, se observó una disminución considerable en los niveles de scrap, lo que repercutió de manera directa en la mejora del yield de la línea.

De manera complementaria, el sistema de control también permitió analizar aspectos relacionados con la rotación del personal en las diferentes operaciones de la línea, identificando patrones que podrían ser optimizados para incrementar la eficacia global del proceso. Esto demuestra que la fase de verificación no solo confirmó el cumplimiento de los objetivos iniciales, sino que además aportó nuevas oportunidades de mejora continua que podrán ser consideradas en ciclos posteriores.

Actuar: En esta etapa se realizó la implementación de la herramienta creada en este proyecto, esto con el fin de cumplir con totalidad el objetivo establecido inicialmente, debido a que los resultados obtenidos durante la etapa de verificar fueron óptimos se decidió por parte del líder y supervisor además del gerente de manufactura la implementación de esta herramienta en el uso cotidiano de la línea VTAL, con aspiración a implementarla en todas las líneas a nivel empresa. Esto para lograr la visibilidad y control de las líneas productivas, sus números en cuanto a producción y scrap

La fase de actuar constituye el cierre del ciclo de Deming y tiene como propósito estandarizar y consolidar las mejoras implementadas cuando los resultados obtenidos han demostrado ser efectivos. En esta etapa se busca garantizar la

sostenibilidad de las soluciones aplicadas, así como su posible réplica en otros procesos dentro de la organización.

En el marco del presente proyecto, se procedió a la implementación formal de la herramienta desarrollada, con el fin de dar cumplimiento total al objetivo planteado inicialmente. Dado que los resultados obtenidos en la fase de verificación fueron positivos y demostraron una mejora significativa en los indicadores de la línea de producción VTAL particularmente en términos de productividad y reducción del scrap, la decisión de adopción fue respaldada tanto por el líder y el supervisor de la línea como por el gerente de manufactura.

A partir de esto, la herramienta pasó a formar parte del uso cotidiano en la línea VTAL, logrando así una mayor visibilidad y control sobre el desempeño operativo. Este avance permitió disponer de información confiable y en tiempo real respecto a la producción y a los niveles de scrap, facilitando la toma de decisiones oportunas y precisas.

Adicionalmente, se proyectó la posible implementación de la herramienta en las demás líneas de producción de la compañía, con el objetivo de estandarizar su uso a nivel organizacional. Esta decisión no solo busca extender los beneficios alcanzados en la línea piloto, sino también contribuir a la consolidación de una cultura de mejora continua, alineada con los principios de eficiencia operativa y reducción de desperdicios propios de la ingeniería industrial.

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

En este último apartado del marco metodológico, correspondiente a la fase de Control de la metodología DMAIC, se establece como objetivo principal garantizar el cumplimiento de los indicadores clave de desempeño (KPI's) definidos para la línea VTAL. Esta etapa tiene como propósito asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y la estabilidad del proceso a lo largo del tiempo.

Para alcanzar dicho propósito, se aplica un método de control sistemático basado en la observación continua del proceso y el análisis de datos históricos, apoyado en herramientas de gestión y control de calidad que permiten monitorear los resultados de manera precisa y oportuna. Entre las herramientas utilizadas destacan:

Tablero de control digital: Permite visualizar en tiempo real los indicadores de producción, rendimiento (yield) y niveles de scrap, facilitando la detección inmediata de desviaciones.

Hojas de verificación y registros históricos: Utilizadas para documentar resultados diarios de producción y desperdicio, generando evidencia objetiva del cumplimiento de las metas.

Diagramas de tendencia: Permiten observar el comportamiento de los indicadores a lo largo del tiempo y detectar patrones recurrentes que puedan afectar la estabilidad del proceso.

Reuniones de revisión de desempeño: Aplicadas periódicamente con el personal operativo y de supervisión, bajo la metodología de gestión visual, para evaluar resultados, analizar desviaciones y definir acciones correctivas.

De manera complementaria, se realiza una evaluación periódica del comportamiento de la herramienta digital implementada, mediante el seguimiento de métricas como el nivel de cumplimiento de metas, porcentaje de reducción del scrap y frecuencia de desviaciones detectadas. Este proceso de verificación continua permite medir la efectividad del sistema, identificar oportunidades de mejora y asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos en el tiempo.

**CAPITULO IV:**

**ANÁLISIS DE CAUSAS RAIZ**

En este capítulo se presenta el análisis detallado de las causas que originan el problema identificado en la línea de producción VTAL de la empresa MicroVention Terumo. A partir de la información obtenida en el diagnóstico, se emplean herramientas estadísticas y de calidad que permiten determinar las causas raíz que afectan el cumplimiento de la meta de producción y generan altos niveles de scrap. El objetivo de este análisis es sustentar la propuesta de mejora planteada y demostrar la relación entre el diagnóstico, las causas identificadas y la solución propuesta, como se muestra en la Tabla 7:

*Tabla 7*

Resumen de indicadores de la línea VTAL

| INDICADOR        | UNIDAD DE MEDIDA | VALOR PROMEDIO MENSUAL | OBSERVACIONES                      |
|------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|
| Producción total | Unidades         | 8000                   | Meta mensual                       |
| Scrap Total      | Unidades         | 1339                   | Representa 16.7 % de la producción |
| Costo del Scrap  | USD              | 49,000                 | Pérdida económica mensual          |

**Fuente.** Elaboración propia, con base en datos de producción de la línea VTAL, 2025

## **4.1 ARGUMENTOS DEL DIAGNÓSTICO**

El diagnóstico realizado en la línea de producción VTAL permitió evidenciar un problema crítico asociado al alto nivel de scrap generado mensualmente. Actualmente, el proceso presenta un promedio de 1,339 unidades de scrap por mes, representando pérdidas económicas cercanas a los \$49,000. Esta situación compromete el cumplimiento de la meta de producción de 8,000 unidades mensuales, afectando el rendimiento y la eficiencia operativa. Los resultados reflejan una falta de visualización y control en tiempo real del avance de las unidades en proceso, lo que impide una toma de decisiones oportuna y precisa.

## **4.2 EVIDENCIAS DEL DIAGNÓSTICO**

El diagnóstico demuestra que la ausencia de herramientas digitales de monitoreo y control hora a hora constituye un factor determinante en la generación de desperdicios. Asimismo, se identificó una falta de estandarización en el seguimiento de los indicadores de producción, ocasionando desbalances en las operaciones y respuestas tardías ante desviaciones. En los registros de tres meses consecutivos, se observó una tendencia constante en el incremento del scrap, lo que confirma la naturaleza estructural del problema, se puede visualizar en el Gráfico 2.

Gráfico 2

Tendencia meta y Scrap mensual



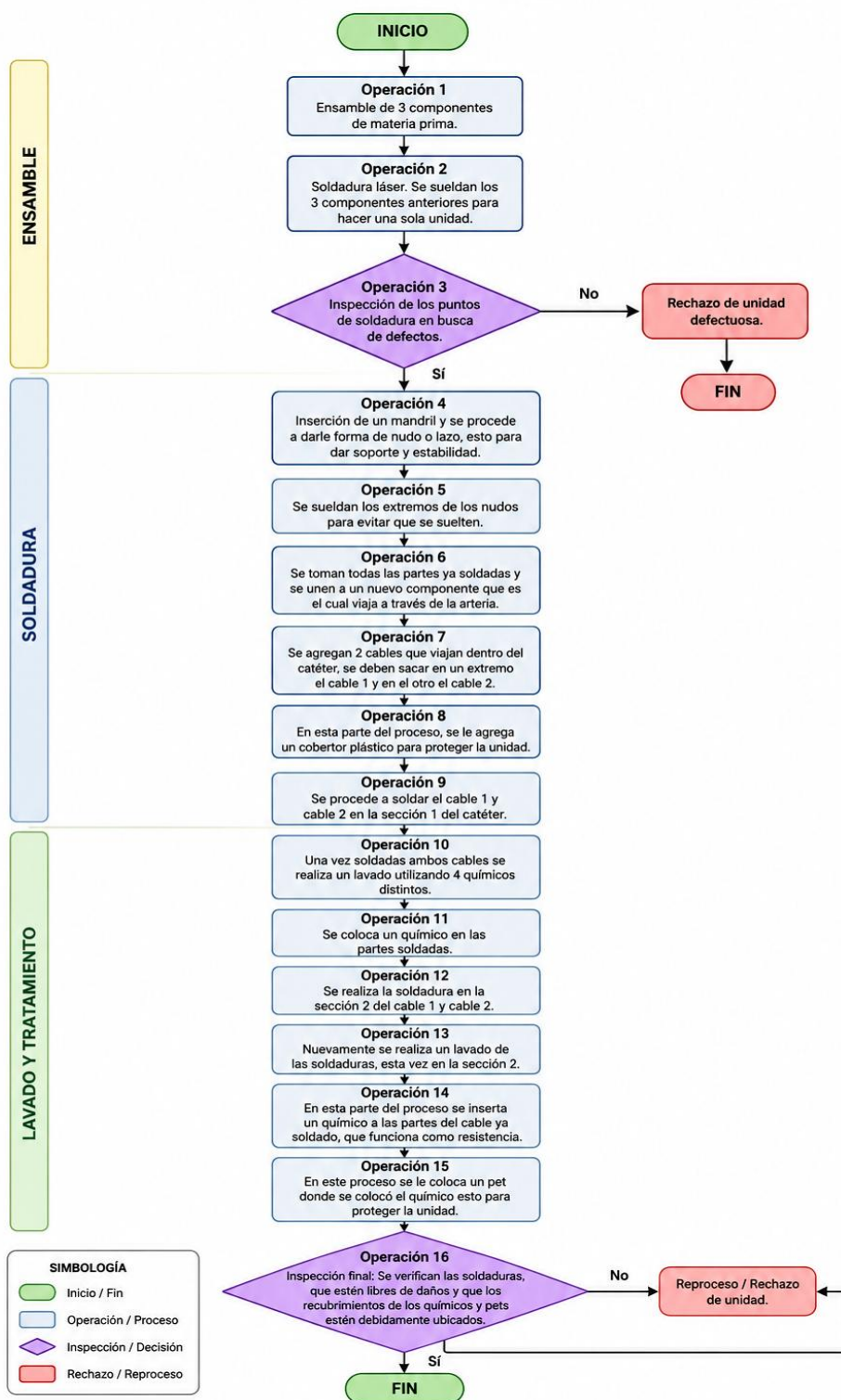
**Fuente.** Creación propia, 2025.

### 4.3 PROCESO DE LA LINEA

Para una mejor revisión del proceso se realiza el diagrama de flujo de la línea de producción, la cual tiene como función principal la identificación de las actividades del proceso y su secuencia, esto para el planteamiento del problema y la propuesta de solución.

Figura 12

## Proceso de producción de VTAL:



**Nota.** Elaboración propia, 2025

Operación 1 Inicio: Ensamble de 3 componentes de materia prima

Operación 2: Laser, se sueldan los 3 componentes anteriores para hacer una sola unidad.

Operación 3 Inspección: Se realiza la inspección de los puntos de soldadura en busca de defectos, si la unidad es defectuosa se procederá a rechazarse; si por el contrario la unidad es aceptada es trasladada a la siguiente operación.

Operación 4: Se inserta un mandril y se procede a darle forma de nudo o lazo, esto para dar soporte y estabilidad

Operación 5: Se sueldan los extremos de los nudos para evitar que se suelten.

Operación 6: En esta operación se toman todas las partes ya soldadas y se unen a un nuevo componente que es el cual viaja a través de la arteria.

Operación 7: En esta estación se deben agregar 2 cables que viajan dentro del catéter, se deben sacar en un extremo el cable 1 y en el otro el cable 2.

Operación 8: En esta parte del proceso, se le agrega un cobertor plástico para proteger la unidad.

Operación 9: Se procede a soldar el cable 1 y cable 2 en la sección 1 del catéter.

Operación 10: Una vez soldadas ambas partes se realiza un lavado utilizando 4 químicos distintos

Operación 11: Se coloca un químico en las partes soldadas.

Operación 12: Se realiza la soldadura en la sección 2 del cable 1 y cable 2.

Operación 13: Nuevamente se realiza un lavado de las soldaduras, esta vez en la sección 2.

Operación 14: En esta parte del proceso se inserta un químico a las partes del cable ya soldado, que funciona como resistencia.

Operación 15: En este proceso se le coloca un pet donde se colocó el químico esto para proteger la unidad.

Operación 16 Inspección Final: En esta inspección que funciona como ultimo filtro se realizan las inspecciones de las soldaduras, que estén libres de daños y que los recubrimientos de los químicos y pets estén debidamente ubicados.

## **4.4 DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Una vez detallado el proceso de producción de la línea VTAL, se procede al análisis y la utilización de herramientas que permiten la visualización de las causas principales del problema. Se detallan algunas ideas de la importancia de la digitalización del proceso productivo:

### **1. Mejora del control del proceso**

- Acceso a indicadores de producción en tiempo real.
- Identificación inmediata de desviaciones.
- Toma de decisiones más rápida y precisa.
- Eliminación de reportes manuales tardíos o incompletos.

## **2. Reducción del scrap**

- Detección oportuna de tendencias anómalas.
- Alertas tempranas ante variaciones de parámetros críticos.
- Mayor capacidad para corregir el proceso antes de generar defectos.
- Disminución de pérdidas económicas por desperdicio.

## **3. Optimización de los recursos**

- Eliminación del uso excesivo de formatos manuales.
- Reducción de tiempos muertos por búsqueda de información.
- Aprovechamiento de dispositivos ya instalados (pantallas, tablets).
- Menor necesidad de intervención humana en tareas repetitivas.

## **4. Incremento en la productividad**

- Flujo de información continuo y centralizado.
- Supervisión más eficiente de varias estaciones de trabajo.
- Menor tiempo destinado a recopilar, interpretar o rehacer datos.
- Disponibilidad de datos históricos para análisis de tendencias.

## **5. Mejora en la calidad del producto**

- Monitoreo detallado de parámetros críticos de calidad.

- Mejores controles preventivos y no solo correctivos.
- Reducción de variabilidad en el proceso.
- Cumplimiento más consistente de estándares y especificaciones.

## **6. Transparencia y trazabilidad**

- Registro automático de la producción por hora, turno o lote.
- Evidencia inmediata ante auditorías internas o externas.
- Facilidad para rastrear causas raíz de desviaciones o defectos.
- Eliminación de dudas o errores asociados a registros manuales.

## **7. Facilita la comunicación entre áreas**

- Información disponible simultáneamente para producción, calidad e ingeniería.
- Mayor alineación en la interpretación de datos.
- Reducción de malentendidos o información incompleta.
- Facilita reuniones de seguimiento basadas en datos objetivos.

## **8. Empoderamiento del personal operativo**

- Acceso directo a indicadores clave.
- Mayor participación en la toma de decisiones del área.
- Herramientas visuales que facilitan el entendimiento.

- Mayor motivación al ver el impacto de sus acciones en tiempo real.

### **9. Soporte para la mejora continua**

- Permite identificar patrones recurrentes.
- Facilita la priorización de proyectos de mejora.
- Proporciona datos confiables para análisis causa raíz.
- Reduce la dependencia de conocimiento empírico.

### **10. Ahorro económico significativo**

- Reducción del scrap mensual (actualmente \$49,000).
- Menores costos por reprocesos, paros y errores humanos.
- Mayor eficiencia operativa y rendimiento del equipo.
- Digitalización sin inversión adicional al aprovechar recursos existentes.

En la figura 13 se detalla un resumen de la lluvia de ideas.

*Figura 13*

Detalle importancia de la digitalización



**Fuente.** Elaboración propia, 202

#### 4.5 METODO DE LAS 6M

El método de las 6M es una herramienta empleada para clasificar y analizar de manera estructurada las posibles causas que influyen en un problema dentro de un proceso productivo.

Su propósito es asegurar que la identificación de causas sea integral, considerando todas las dimensiones operativas que pueden generar variaciones, defectos o desperdicio. Este enfoque es ampliamente utilizado en metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing, Six Sigma y Análisis Causa Raíz (RCA).

Las seis categorías que componen este método son: Método, Mano de Obra, Maquinaria, Materiales, Medio Ambiente y Medición.

Con la ayuda de la lluvia de ideas planteada anteriormente, se procede a determinar a cuál categoría corresponden:

**Figura 14**

**Método de las 6 M**

| Máquina                                                                                                                                                                                                                                                 | Método                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejor aprovechamiento de pantallas y dispositivos instalados</li> <li>✓ Disponibilidad de información en tiempo real mediante equipos</li> <li>✓ Reducción de errores por falta de alertas visuales</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora del control del proceso</li> <li>✓ Soporte para la mejora continua</li> <li>✓ Transparencia y trazabilidad</li> <li>✓ Reducción del scrap (cuando depende de control y método)</li> <li>✓ Facilidad de comunicación entre áreas</li> </ul> |
| Mano de Obra                                                                                                                                                                                                                                            | Material                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Empoderamiento del personal operativo</li> <li>✓ Incremento en la productividad (cuando depende del desempeño humano)</li> <li>✓ Uso adecuado de herramientas y datos</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora en la calidad del producto</li> <li>✓ Reducción de scrap (cuando proviene de variaciones de material)</li> </ul>                                                                                                                           |
| Medición                                                                                                                                                                                                                                                | Medio ambiente                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Visualización de indicadores en tiempo real</li> <li>✓ Eliminación de errores en registros manuales</li> <li>✓ Datos históricos para análisis</li> <li>✓ Detección oportuna de desviaciones</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora del control del proceso (cuando está ligado a estabilidad ambiental)</li> <li>✓ Transparencia y trazabilidad (condiciones organizacionales)</li> </ul>                                                                                     |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Para la aplicación del método de las 6M en este proyecto, primero se recopiló información proveniente de los reportes históricos de producción, en los cuales se evidenciaron las operaciones con mayor generación de scrap. Posteriormente, se realizó observación directa en la línea VTAL para identificar desviaciones en la ejecución de las actividades y posibles factores operativos asociados al desperdicio.

De forma complementaria, se efectuaron entrevistas al personal operativo y al líder de producción, con el fin de conocer su percepción sobre las principales dificultades del proceso. La información obtenida mediante estas fuentes fue analizada y organizada a través de una sesión de lluvia de ideas, donde se identificaron las posibles causas del problema y se clasificaron según las seis categorías del método (Método, Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Medición y Medio ambiente).

Este análisis permitió estructurar de manera clara los factores que podrían estar influyendo en el incremento del scrap, sirviendo como base para la representación gráfica presentada en la Figura 14 y para la posterior elaboración del Diagrama de Ishikawa mostrado en la Figura 15, el cual profundiza en la relación causa–efecto del problema estudiado.

#### **4.6 DIAGRAMA DE ISHIKAMA**

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa, es una herramienta que permite identificar, organizar y analizar de forma estructurada las posibles causas de un problema. Su principal objetivo es facilitar la comprensión de todos los factores que pueden influir en la ocurrencia de una desviación o falla dentro de un proceso.

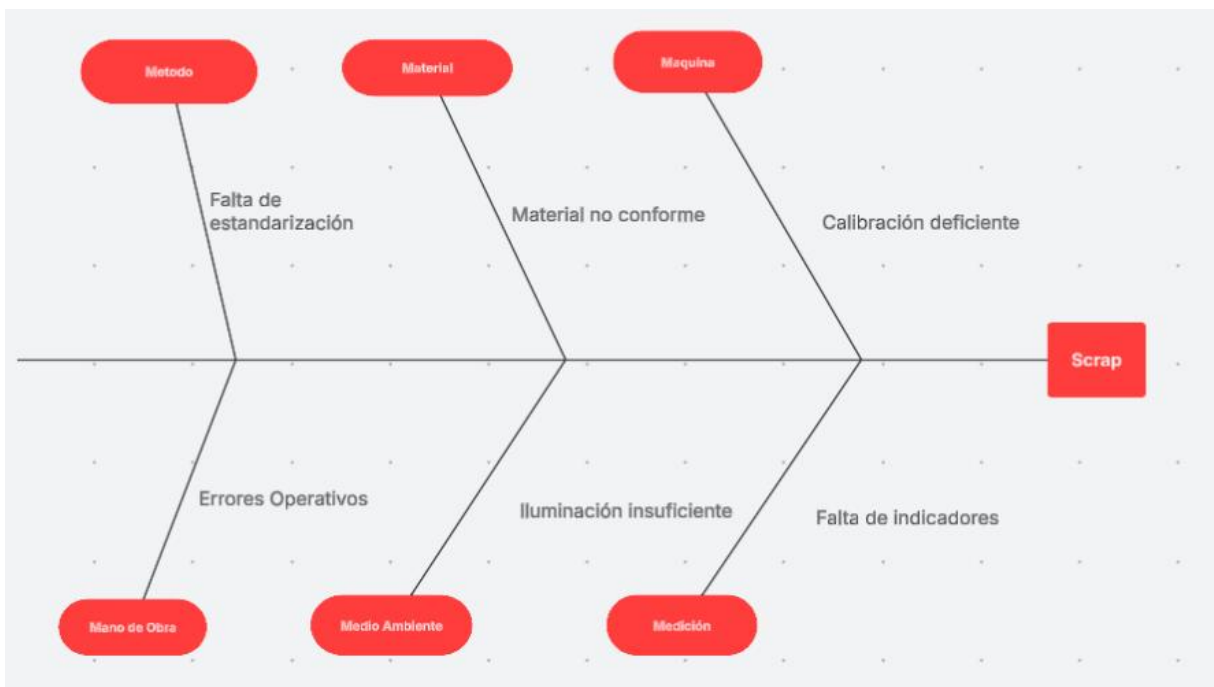
En este proyecto, la aplicación del diagrama de Ishikawa fue fundamental para determinar las causas raíz que originaban el alto nivel de scrap en la línea de producción VTAL. A través de esta herramienta se logró visualizar la relación entre el problema principal y las variables que lo generan, clasificándolas en seis grandes

categorías: Método, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio ambiente.

Como se muestra en la Figura 15 el Diagrama de Ishikawa:

*Figura 15*

Diagrama Ishikawa



**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Las causas fueron distribuidas en cada una de las espigas, la cual se detalla:

#### 4.6.1 Método

La falta de seguimiento sistemático de los indicadores de proceso impide detectar desviaciones a tiempo. Durante la revisión documental se comprobó que los registros de scrap y productividad no se actualizan de manera diaria, lo cual limita

la capacidad de identificar tendencias o comportamientos anómalos. Asimismo, se verificó que no existen tableros visuales ni sistemas de monitoreo en tiempo real, lo que retrasa la reacción ante incrementos repentinos de scrap. La evidencia de esta situación proviene de observaciones directas realizadas en la línea de producción, un ejemplo de variación no monitoreada se muestra en la tabla 8:

*Tabla 8*

Ejemplo de variación no monitoreada

| Hora        | Producido | Scrap | % Scrap |
|-------------|-----------|-------|---------|
| 7:00–8:00   | 60        | 8     | 13%     |
| 8:00–9:00   | 55        | 10    | 18%     |
| 9:00–10:00  | 58        | 9     | 15%     |
| 10:00–11:00 | 62        | 7     | 11%     |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Esta variabilidad no era analizada oportunamente, lo que retrasaba la toma de decisiones correctivas.

#### 4.6.2 Mano de Obra

El análisis del desempeño operativo reveló que un porcentaje significativo de las piezas defectuosas está asociado a errores de ensamblaje. Aunque no se cuenta con datos de medición específicos, la revisión de incidencias sugiere que los operarios con menor tiempo de experiencia presentan mayor recurrencia de fallas.

Se detectó además que parte del personal no posee la formación técnica necesaria para interpretar correctamente los parámetros de calidad, lo cual ha sido confirmado mediante entrevistas, observaciones de tareas y la ausencia de certificados de capacitación específicos.

Para sustentar esta evidencia cualitativa, se realizó un registro de defectos por operador durante un período de observación controlado en la línea VTAL. La muestra corresponde a turnos de producción seleccionados en los que se presentaban variaciones en el desempeño del proceso, permitiendo analizar la relación entre la ejecución operativa y la generación de scrap.

La información fue recopilada mediante observación directa y revisión de registros de producción, contabilizando la cantidad de unidades procesadas y los defectos detectados por cada operador. Este registro no tiene un fin estadístico inferencial, sino descriptivo, ya que su propósito es evidenciar el comportamiento del proceso y apoyar la identificación de posibles causas asociadas a la variabilidad operativa.

La Tabla 9 muestra un ejemplo representativo de los datos recopilados, los cuales sirvieron como insumo para el análisis de causas relacionado con la categoría **Mano de obra** dentro del método de las 6M y el Diagrama de Ishikawa.

*Tabla 9*

Registro de defectos por operador

| Operador | Defectos detectados | Unidades procesadas | % Scrap |
|----------|---------------------|---------------------|---------|
| A        | 12                  | 300                 | 4.0%    |
| B        | 25                  | 290                 | 8.6%    |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025**4.6.3 Máquina**

La calibración irregular de los equipos representa una causa técnica verificable. Registros de mantenimiento muestran que algunos equipos superan los intervalos recomendados de calibración, lo cual puede generar variaciones en operaciones críticas y traducirse en piezas fuera de tolerancia.

Además, se identificó la ausencia de alertas automáticas ante fallas o paros no planificados. Esto fue corroborado durante visitas a planta, donde se observó que los operarios son quienes detectan las irregularidades de manera visual, lo que incrementa el tiempo de respuesta y contribuye tanto al scrap como al tiempo improductivo.

#### 4.6.4 Material

Se comprobó que ciertos insumos presentan variaciones en sus especificaciones, evidenciadas mediante inspecciones de recepción y devoluciones registradas en el área de calidad. Estas variaciones afectan la estabilidad del proceso de ensamblaje y pueden originar piezas fuera de tolerancia.

Asimismo, se identificó una falta de trazabilidad en los lotes de material, lo que dificulta relacionar un defecto específico con su lote de origen. Esta situación fue confirmada mediante la revisión de registros incompletos y la ausencia de códigos de lote en algunas materias primas, como se muestra en la tabla 10:

*Tabla 10*

Variación de proveedor por lote

| Lote | Espesor Nominal | Espesor Medido | Diferencia | Afectación |
|------|-----------------|----------------|------------|------------|
| 2201 | 0.25 mm         | 0.32 mm        | +0.07 mm   | Scrap      |
| 2202 | 0.25 mm         | 0.26 mm        | +0.01 mm   | Aceptable  |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

#### 4.6.5 Medio Ambiente

Las condiciones ambientales dentro del área de producción como temperatura, humedad e iluminación fueron evaluadas y se observó que no se registran ni controlan de manera continua, a pesar de que estos parámetros pueden influir en la estabilidad dimensional de los materiales.

Adicionalmente, se detectaron niveles elevados de ruido y congestión humana en ciertas zonas, lo que genera distracciones y reduce la concentración del operario. Esta causa está sustentada con observaciones directas y con registros de ergonomía previos, según se muestra en tabla 11:

*Tabla 11*

Medición de condiciones ambientales relevantes

| Variable    | Rango Estándar | Rango Medido | Impacto               |
|-------------|----------------|--------------|-----------------------|
| Temperatura | 20–22°C        | 24–26°C      | Deformación<br>ligera |
| Humedad     | 40–45%         | 30–55%       | Variación<br>material |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

#### 4.6.6 Medición

La recopilación de datos se realiza de forma manual, lo cual genera riesgos de transcripción, retrasos y falta de precisión. No existe un sistema digital para el registro y análisis de indicadores en tiempo real.

Esta situación fue corroborada durante el levantamiento de información, donde se constató que la actualización de datos depende del operario y se realiza al final del turno, generando desfases y limitando la capacidad de reacción frente al scrap.

Se muestra en tabla 12 un ejemplo de comparación de tiempos de registro:

*Tabla 12*

Comparación entre registro manual vs digital

| Tipo de registro | Tiempo de captura | % Error estimado |
|------------------|-------------------|------------------|
| Manual           | 5–8 min           | 10–15%           |
| Automático       | Inmediato         | <1%              |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

## 4.7 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En conclusión, el análisis efectuado permitió determinar que la causa raíz principal del elevado nivel de scrap en la línea VTAL es la falta de visualización y control en tiempo real de la producción. La implementación de una herramienta digital de monitoreo permitirá optimizar el seguimiento de indicadores, mejorar la toma de decisiones y reducir los desperdicios, incrementando la eficiencia operativa y la rentabilidad de la organización.

## **CAPITULO V:**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En este capítulo se presenta el diseño e implementación de la herramienta digital desarrollada para la visualización de indicadores clave de desempeño (KPIs) en tiempo real, cuyo objetivo principal es fortalecer el control del proceso productivo y reducir las pérdidas económicas asociadas al scrap. De acuerdo con la metodología DMAIC utilizada en este proyecto, este apartado corresponde a las etapas de Implementar y Controlar.

El desarrollo de la herramienta digital permitirá a la organización dar seguimiento inmediato al comportamiento de la producción y reaccionar de manera oportuna ante desviaciones que generan desperdicios. Esta capacidad de monitoreo en tiempo real facilitará una toma de decisiones más rápida y fundamentada, contribuyendo a una gestión productiva más eficiente.

La herramienta digital no implica un rediseño del proceso productivo existente, sino que se integra dentro de él como un sistema de monitoreo y registro de datos en tiempo real. Su implementación abarca toda la línea productiva VTAL, desde el inicio hasta el final del proceso de fabricación de catéteres. El registro de información es realizado tanto por los operarios como por el líder de producción, quienes ingresan los datos directamente en la herramienta durante la jornada. Los cortes de medición se establecen de manera horaria, lo que permite detectar desviaciones de forma oportuna a lo largo de cada turno; no obstante, el líder de producción cuenta con la flexibilidad de consultar e ingresar información en cualquier momento que lo considere necesario. De este modo, la herramienta se convierte en un complemento del proceso actual, fortaleciendo la visibilidad y el control sin alterar la secuencia productiva establecida.

En entornos industriales altamente competitivos, la eficiencia operativa y el control de los procesos son factores determinantes para mantener la calidad, reducir costos y responder con agilidad a las demandas del mercado. En este contexto, la falta de visibilidad en tiempo real de las unidades en proceso representa una barrera significativa para la detección temprana de fallas y la prevención de desperdicios.

En el caso particular de la línea de producción VTAL, dedicada a la fabricación de catéteres, se han identificado altos niveles de scrap que afectan directamente el cumplimiento de las metas productivas y generan pérdidas económicas considerables. Esta línea cuenta con una producción mensual de aproximadamente 8,000 unidades, de las cuales hasta 1,339 unidades pueden resultar como scrap, ocasionando pérdidas mensuales cercanas a \$49,000.

El proyecto se enmarca en los principios de Lean Manufacturing y la Industria 4.0, al promover la integración de tecnologías digitales que optimizan los procesos, mejoran la trazabilidad, reducen desperdicios y aumentan la productividad. Por tanto, esta propuesta no solo contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización, sino que también representa una oportunidad tangible para disminuir las unidades de scrap y, con ello, las pérdidas económicas recurrentes en la línea VTAL.

## **5.1 HERRAMIENTA**

La propuesta planteada para la resolución del problema detectado surge directamente de los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico, donde se evidenció la ausencia de una herramienta de trazabilidad en tiempo real dentro de

la línea de producción VTAL. Esta limitación generaba dificultades en la identificación en el control de los niveles de scrap y en la toma de decisiones durante la operación.

Como respuesta a esta problemática, se desarrolla una herramienta digital de apoyo visual donde cada uno de los operarios ingresaría los datos correspondientes lo que permite mostrar datos en tiempo real tales como la producción por operación, la producción total acumulada y la meta establecida. Asimismo, la herramienta posibilita visualizar los niveles de scrap generados, tanto de forma acumulada durante el día como en intervalos de hora a hora, lo que facilita la detección de las estaciones con mayor incidencia de desperdicio y la implementación inmediata de acciones correctiva.

El diseño de esta propuesta se apoya en los recursos existentes en la línea, que ya cuenta con pantallas ubicadas a lo largo de las estaciones de producción y en los puestos de los líderes. Con la implementación de la herramienta, dichas pantallas se transforman en medios de control visual que proporcionan información accesible y comprensible tanto para el personal operativo como para supervisores y visitantes dentro del cuarto limpio. De esta manera, la propuesta responde de forma directa al hallazgo identificado en el diagnóstico, fortaleciendo la trazabilidad, el control y la eficiencia del proceso productivo.

## **5.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA**

Con el fin de proporcionar una comprensión integral sobre la propuesta desarrollada, en este apartado se describe el diseño y la construcción de la herramienta digital implementada para la visualización de indicadores clave de desempeño (KPIs) en tiempo real en la línea de producción VTAL.

La herramienta fue desarrollada internamente utilizando Microsoft Excel, aprovechando sus funcionalidades de automatización y vinculación de datos mediante fórmulas, referencias cruzadas y gráficos dinámicos. Su diseño responde directamente al hallazgo identificado en la fase de diagnóstico, donde se evidenció la ausencia de un sistema que permitiera el control visual y la trazabilidad de los procesos productivos.

### **5.2.1 Lógica de función**

El diseño de la herramienta se basa en una estructura modular que recopila, procesa y muestra la información de producción y scrap en tiempo real. La lógica empleada integra las siguientes funciones principales:

### **5.2.2 Captura de datos**

Se alimenta la información de cada estación de trabajo, correspondiente a unidades producidas y unidades con scrap.

### 5.2.3 Procesamiento de información

Se aplican fórmulas automatizadas para el cálculo de indicadores tales como producción acumulada, cumplimiento de meta, porcentaje de scrap y productividad por hora.

### 5.2.4 Visualización dinámica

Mediante gráficos y barras de progreso, se muestra el estado actual del proceso, permitiendo la comparación entre la meta establecida y la producción real alcanzada.

Los cálculos implementados se basan en expresiones matemáticas simples pero efectivas, tales como:

$$\text{Cumplimiento de meta (\%)} = \frac{\text{Demanda}}{\text{RTY}}$$

Por ejemplo, para el cumplimiento de una meta establecida durante el mes de octubre corresponde a 450 unidades, entonces basado en la fórmula utilizada que se muestra anteriormente, para lograr esa meta se debe dividir la meta o demanda entre el RTY de la línea, lo que dará como resultado lo que debe producirse al inicio del proceso para lograr el cumplimiento total.

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades buenas} + \text{unidades malas}} \times 100$$

Esta fórmula será utilizada para determinar el valor del yield en cada una de las operaciones que conforman la línea

De esta forma, la herramienta permite obtener indicadores actualizados de manera automática conforme se ingresan nuevos datos de producción.

### **5.2.5 Aspectos técnicos**

La herramienta se diseñó en un archivo maestro que consolida la información diaria y genera reportes automáticos mediante tablas dinámicas y gráficos vinculados.

Entre sus elementos técnicos destacan:

- Uso de macros y funciones lógicas para automatizar cálculos repetitivos.
- Panel principal de control visual, que presenta los indicadores más relevantes (producción, scrap, cumplimiento de meta y eficiencia).
- Paneles secundarios por estación, que permiten identificar los puntos críticos o las áreas con mayor incidencia de scrap.
- Interfaz diseñada con un formato visual claro y accesible, pensada para proyectarse en pantallas dentro del cuarto limpio.

### **5.2.6 Primera interfaz**

Esta será la imagen principal que se proyectará en las pantallas distribuidas a lo largo de la línea, su diseño ofrece la información clave para facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

La principal interfaz de esta herramienta mostrará el progreso del cumplimiento de la meta establecida, el output y el delta, todos presentados hora a hora, evidenciara el goal RTY (Rolled Throughput Yield) que es el rendimiento acumulado del producto al pasar el proceso productivo sin ser retrabajado o rechazado, también el goal OEE

(Overall Equipment Effectiveness) que es el indicador de la eficiencia de la línea productiva. Adicionalmente, se visualizará la cantidad total de scrap generado en la línea, lo que permitirá identificar de manera inmediata las áreas con mayor incidencia y tomar acciones oportunas para la mejora continua del proceso productivo.

Dentro de esta misma imagen principal, se incluyen datos adicionales relacionados con la seguridad, tales como la meta estandarizada de reportes de seguridad, la cantidad de reportes generados por la línea y la presencia o ausencia de incidentes durante el mes. De manera similar, en el ámbito de calidad se reflejan las NCR (no conformidades) asociadas a la línea durante el mismo período, proporcionando una visión integral del desempeño y cumplimiento de los estándares establecidos, como se muestra en la Figura 16:

*Figura 16*

Primera interfaz de la herramienta

| MTD            | Today Final Inspection 07:16:17 a. m |       |                 |
|----------------|--------------------------------------|-------|-----------------|
| Safety Catches | Goal                                 | Scrap | Goal RTY 91.97% |
| 9              | 54                                   | 0     | 100.00%         |
| Goal           |                                      |       |                 |
| 6              | 38                                   | -16   | 69.82%          |
| Incidents      |                                      |       |                 |
| 0              | 38                                   | -16   | 69.82%          |
| NCR's 2        |                                      |       |                 |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

El contenido de esta primera interfaz consiste en tomar los datos de la hoja correspondiente a meta y reporte de la siguiente manera:

Para los MTD (Mes hasta la fecha): Es un periodo que abarca el inicio del mes actual hasta la fecha del día de hoy, o el día de corte del periodo que se asignó, esto es utilizado para medir el rendimiento.

Safety Catches: Este dato es arrastrado de la pestaña meta y reporte según lo ingresado a lo largo del mes de los procesos de seguridad y reportes de este, es importante aclarar que este dato no lleva consigo una formula, sino es información correspondiente a reportes.

Meta: Este dato es tomado de la pestaña “meta y reporte”, la cual muestra la meta establecida por la compañía correspondiente al mes, ya que al ser un numero establecido por la empresa no se realiza ningún calculo sobre ella.

Incidents: Este dato es tomado de la pestaña “meta y reporte”, los datos representados son según los incidentes que ocurran en la línea de producción durante el mes.

NCR: Este dato es tomado de los NCR (No conformidades) que se formen en la línea de producción durante el mes.

Meta de producción: El dato de la meta de producción se encuentra en la pestaña “meta y reporte”, en la operación final, este dato es dividido entre el tiempo efectivo de la jornada laboral multiplicado por el tiempo disponible por hora.

Ejemplo según el dato mostrado en la interfaz:

$$\frac{453}{8.4 * 0.9} = 49$$

Output: Este es un resultado tomado de la pestaña meta y reporte, de los datos de producción ingresada por los operarios en la estación de inspección final.

Scrap: Es el total del scrap de cada estación a lo largo de la línea, al igual que el output es tomado de la pestaña meta y reporte, donde los datos son ingresado por los operarios.

Delta: Es el resultado de la resta del output menos meta establecida.

Ejemplo en base a la imagen proyectada en la interfaz:

$$38 - 49 = -11$$

RTY: El RTY es tomado de la pestaña meta y reporte, y para realizar su cálculo se multiplica el porcentaje del Yield de cada una de las operaciones de la línea y como resultado se obtiene este dato.

OEE: Es un dato que muestra la eficiencia del proceso en el momento, su fórmula es producción, dividida entre la meta multiplicada por RTY.

Ejemplo del resultado presentado en la imagen adjunta de la primera interfaz:

$$\frac{38}{49} * 92.78\% = 72.65\%$$

### **5.2.7 Segunda interfaz**

Esta interfaz no será proyectada en las pantallas de la línea, sino que estará disponible únicamente para la persona autorizada, que, en este caso, es el líder a cargo de la línea de producción. Su función principal será calcular el yield permitido por operación, con base en la cantidad de unidades programadas para producir en

cada una de las etapas que conforman la línea, así como determinar el RTY correspondiente al desempeño del proceso productivo, como se muestra en la Figura 17:

Figura 17  
Segunda interfaz de la herramienta

| VTAL GOAL REQUIREMENT |              |         |                                                                                   |                      |                |     |
|-----------------------|--------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|-----|
| Output                |              |         | Input Inicio operación                                                            |                      |                |     |
| Product               | Daily Demand | RTY     |  | Product              | Required Input |     |
| VTRAK ADVANCE LONG    | 450          | 88.50%  |                                                                                   | PD020157-01          | 508            |     |
| Daily Production Goal | 450          |         |                                                                                   | Total required input | 508            |     |
|                       |              |         |                                                                                   |                      |                |     |
| Operación #1          |              |         |                                                                                   |                      |                |     |
| Input                 |              |         | Metas Passdown                                                                    |                      |                |     |
| Product               | Input (EA)   | Yield   | Product                                                                           | Output (EA)          | TA             | TB  |
| VTRAK ADVANCE LONG    | 508          | 100.00% | VTRAK ADVANCE LONG                                                                | 508                  | 508            | 508 |
|                       |              |         | Total                                                                             | 508                  | 508            | 508 |
| Operación #2          |              |         |                                                                                   |                      |                |     |
| Input                 |              |         | Metas Passdown                                                                    |                      |                |     |
| Product               | Input (EA)   | Yield   | Product                                                                           | Output (EA)          | TA             | TB  |
| VTRAK ADVANCE LONG    | 508          | 99.90%  | VTRAK ADVANCE LONG                                                                | 508                  | 508            | 508 |
|                       |              |         | Total                                                                             | 508                  | 508            | 508 |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Los datos observados indican que, con base en el RTY de la línea, para alcanzar la meta establecida en este caso, una producción de 450 unidades es necesario ensamblar desde la primera operación un total de 508 unidades. Posteriormente, considerando el yield correspondiente a cada operación, se calcula la cantidad de

unidades requeridas que deben ser transferidas a la siguiente etapa del proceso, con el fin de asegurar el cumplimiento de la meta al finalizar el ciclo productivo.

El cálculo para esta interfaz es el siguiente, demanda diaria dividido entre el RTY de la línea, el resultado de esta división me indica la cantidad de unidades que deben fabricarse inicialmente para cumplir con la demanda.

La fórmula aplicada para la Operación 1 se basa en la multiplicación de la cantidad de unidades programadas para ensamblaje por el yield asociado a dicha operación. Este cálculo permite determinar el número esperado de unidades que deben resultar al finalizar la Operación 1, considerando el rendimiento y las posibles pérdidas en el proceso productivo. Este mismo calculo es realizado en cada una de las operaciones siguientes, para así determinar cuántas unidades deben ensamblarse en cada una de las operaciones.

Es importante señalar que la herramienta posee un carácter altamente adaptable a las condiciones operativas de la línea de producción. En caso de que el RTY experimente variaciones durante el último mes, la herramienta permite ajustar sus parámetros y actualizar los datos correspondientes, garantizando así su correcta funcionalidad y manteniendo la precisión en los cálculos y resultados obtenidos.

#### **5.2.8 Tercera interfaz**

Para esta interfaz se desarrolla una tabla que genera automáticamente la producción que debe realizarse en cada una de las operaciones del proceso. Su contenido incluye los campos de meta, WIP meta, WIP actual, delta, diferencia y meta real.

Con el fin de facilitar su comprensión, se adjunta a continuación la figura 18 correspondiente:

*Figura 18*

Tercer interfaz de la herramienta, escenario ideal

Calcular Meta

450

martes, 27 de mayo de 2025

| Operaciones   | Meta | Wip Meta | Wip actual | Delta | Diferencia | Meta Real |
|---------------|------|----------|------------|-------|------------|-----------|
| Operación #1  | 508  | 0        | 0          | 0     | 0          | 508       |
| Operación #2  | 508  | 40       | 40         | 0     | 0          | 508       |
| Operación #3  | 507  | 80       | 80         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #4  | 507  | 30       | 30         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #5  | 507  | 0        | 0          | 0     | 0          | 507       |
| Operación #6  | 507  | 40       | 40         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #7  | 504  | 60       | 60         | 0     | 0          | 504       |
| Operación #8  | 501  | 35       | 35         | 0     | 0          | 501       |
| Operación #9  | 500  | 45       | 45         | 0     | 0          | 500       |
| Operación #10 | 499  | 0        | 0          | 0     | 0          | 499       |
| Operación #11 | 495  | 55       | 55         | 0     | 0          | 495       |
| Operación #12 | 478  | 60       | 60         | 0     | 0          | 478       |
| Operación #13 | 477  | 0        | 0          | 0     | 0          | 477       |
| Operación #14 | 463  | 10       | 10         | 0     | 0          | 463       |
| Operación #15 | 461  | 30       | 30         | 0     | 0          | 461       |
| Operación #16 | 453  | 30       | 30         | 0     | 0          | 453       |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Como ejemplo, se toma la operación 2. Para alcanzar una meta establecida de 450 unidades, el proceso debe iniciar con 508 unidades. En este caso, el WIP meta es de 40 unidades y el WIP actual también corresponde a 40 unidades; por lo tanto, el delta es igual a 0, ya que ambos valores coinciden entre sí. En consecuencia, la diferencia es nula y la meta real se establece en 508 unidades. Estos resultados representan el escenario ideal dentro del proceso productivo.

En la figura 16 se mostraba el escenario ideal; sin embargo, también puede presentarse un escenario desfavorable, como se observa en la siguiente Figura 19:

*Figura 19*

Escenario desfavorable de la herramienta

Calcular Meta

450

martes, 27 de mayo de 2025

| Operaciones   | Meta | Wip Meta | Wip actual | Delta | Diferencia | Meta Real |
|---------------|------|----------|------------|-------|------------|-----------|
| Operación #1  | 508  | 0        | 0          | 0     | 0          | 523       |
| Operación #2  | 508  | 40       | 25         | -15   | 15         | 508       |
| Operación #3  | 507  | 80       | 80         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #4  | 507  | 30       | 30         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #5  | 507  | 0        | 0          | 0     | 0          | 507       |
| Operación #6  | 507  | 40       | 40         | 0     | 0          | 507       |
| Operación #7  | 504  | 60       | 60         | 0     | 0          | 504       |
| Operación #8  | 501  | 35       | 35         | 0     | 0          | 501       |
| Operación #9  | 500  | 45       | 45         | 0     | 0          | 500       |
| Operación #10 | 499  | 0        | 0          | 0     | 0          | 499       |
| Operación #11 | 495  | 55       | 55         | 0     | 0          | 495       |
| Operación #12 | 478  | 60       | 60         | 0     | 0          | 478       |
| Operación #13 | 477  | 0        | 0          | 0     | 0          | 477       |
| Operación #14 | 463  | 10       | 10         | 0     | 0          | 463       |
| Operación #15 | 461  | 30       | 30         | 0     | 0          | 461       |
| Operación #16 | 453  | 30       | 30         | 0     | 0          | 453       |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

En este caso, tomando como referencia la operación 2 y manteniendo la misma meta de 450 unidades, se cuenta con un WIP meta de 40 unidades y un WIP actual de 25 unidades. Esto genera un delta de -15 unidades, es decir, una diferencia de 15 unidades por debajo de lo esperado. En consecuencia, la meta real se ajusta a

523 unidades, con el fin de garantizar el cumplimiento de las 450 unidades al finalizar el proceso productivo.

Es importante mencionar que la meta puede variar de un día a otro por lo tanto la herramienta esta diseñada para realizar los cálculos de los diversos datos que componen la tabla según sea la meta que se le establezca, es decir si la meta pasa de 450 unidades como los casos anteriores, al cambiarse por una meta de 500 unidades los datos cambiarán tanto en las unidades requeridas por estación como en los wip que deben manejarse en cada una de ellas.

El cálculo de la meta real para esta interfaz se determina a partir de la meta base, ajustada por las distintas variaciones presentes en el WIP. Cuando el WIP al inicio del turno se encuentra en un nivel favorable, esta condición puede reducir la cantidad de unidades que deben producirse en las estaciones, ya que no es necesario compensar rezagos de material. Por el contrario, si el WIP inicial presenta un valor negativo, cada operación deberá no solo cumplir su meta establecida, sino también producir un volumen adicional con el fin de restablecer el WIP a los niveles requeridos. De esta manera, el cálculo garantiza que la producción se mantenga alineada con las necesidades reales del flujo operativo.

Dentro de esta misma interfaz se incorpora una tabla que contempla la cantidad total de operaciones que conforman la línea, así como la producción correspondiente a cada estación. En la Figura 20, la producción se calcula restando el WIP estándar, lo que permite indicar al personal operativo la cantidad exacta que debe producir para cumplir con la meta establecida y, posteriormente, determinar el WIP que deberá dejarse preparado para el siguiente turno tal y como se muestra.

*Figura 20*

Cantidad de operaciones VTAL

| OP            | Producción | Wip |
|---------------|------------|-----|
| Operación #1  | 483        | 40  |
| Operación #2  | 428        | 80  |
| Operación #3  | 477        | 30  |
| Operación #4  | 507        | 0   |
| Operación #5  | 467        | 40  |
| Operación #6  | 447        | 60  |
| Operación #7  | 469        | 35  |
| Operación #8  | 456        | 45  |
| Operación #9  | 500        | 0   |
| Operación #10 | 444        | 55  |
| Operación #11 | 435        | 60  |
| Operación #12 | 478        | 0   |
| Operación #13 | 467        | 10  |
| Operación #14 | 433        | 30  |
| Operación #15 | 431        | 30  |
| Operación #16 | 453        | 515 |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Esta tabla lo que representa es la cantidad de unidades que deben ser trasladadas a la siguiente operación, y la cantidad de unidades que van a permanecer en la estación para el siguiente turno.

### 5.2.9 Cuarta interfaz

Esta interfaz corresponde a la proyección que se propone implementar en las tablets asignadas a cada operario en su estación de trabajo. La tabla de producción hora a hora tiene como objetivo que cada operario registre su producción y el scrap generado al finalizar cada hora, como se muestra en la Figura 21:

*Figura 21*

## Metas diarias por Operación

| Operación #1 |             |       |             |       |             |       |              | Producción diaria |               |       |               |       |              | 523   |             |       |             |       |             |       |
|--------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--------------|-------------------|---------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| Nombre       | 6:00-7:00am |       | 7:00-8:00am |       | 8:00-9:00am |       | 9:00-10:00am |                   | 10:00-11:00am |       | 11:00-12:00am |       | 12:00-1:00pm |       | 1:00-2:00pm |       | 2:00-3:00pm |       | 3:00-3:36pm |       |
|              | Producción  | Scrap | Producción  | Scrap | Producción  | Scrap | Producción   | Scrap             | Producción    | Scrap | Producción    | Scrap | Producción   | Scrap | Producción  | Scrap | Producción  | Scrap | Producción  | Scrap |
| Nombre       | 60          | 1     | 5           |       |             |       |              |                   |               |       |               |       |              |       |             |       |             |       |             |       |
| Nombre       |             |       | 60          |       |             |       |              |                   |               |       |               |       |              |       |             |       |             |       |             |       |
| Nombre       |             |       | 10          |       |             |       |              |                   |               |       |               |       |              |       |             |       |             |       |             |       |
| Nombre       |             |       |             |       |             |       |              |                   |               |       |               |       |              |       |             |       |             |       |             |       |
| Total        |             | 1     |             |       |             |       |              |                   |               |       |               |       |              |       |             |       |             |       |             |       |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Como se observa en figura 17, la meta de producción diaria para la operación # 1 corresponde a 523 unidades. Estos valores de meta por operación son obtenidos de la tabla presentada en la tercera interfaz, la cual consolida la información base utilizada para los cálculos de esta sección.

### 5.2.10 Quinta interfaz

Esta interfaz, aunque permanecerá oculta y será visible únicamente para el líder de la línea si así lo requiere, alimenta la información de la tercera interfaz. Su contenido incluye las horas correspondientes a la jornada laboral junto con su respectivo tiempo efectivo, el nombre de las operaciones, la meta establecida para cada hora, la producción real registrada y el delta resultante entre la meta y lo producido, como se muestra en la Figura 22,

Figura 22

*Información General de la jornada laboral*

| Tiempo      | Horas | Operación #1 | Producido | Delta | Operación #2 | Producido | Delta |
|-------------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| 6:00-7:00   | 0.90  | 56           | 60        | 4     | 54           | 120       | 66    |
| 7:00-8:00   | 0.90  | 56           | 5         | -51   | 54           |           |       |
| 8:00-9:00   | 0.80  | 50           |           |       | 48           |           |       |
| 9:00-10:00  | 1.00  | 62           |           |       | 60           |           |       |
| 10:00-11:00 | 1.00  | 62           |           |       | 60           |           |       |
| 11:00-12:00 | 0.90  | 56           |           |       | 54           |           |       |
| 12:00-1:00  | 0.70  | 44           |           |       | 42           |           |       |
| 1:00-2:00   | 1.00  | 62           |           |       | 60           |           |       |
| 2:00-3:00   | 1.00  | 62           |           |       | 60           |           |       |
| 3:00-3:30   | 0.20  | 12           |           |       | 12           |           |       |
| Total       | 8.4   | 523          | 65        | -47   | 508          | 120       | 66    |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Por el ejemplo en la operación 1 en la hora de 6:00 a 7:00 en cálculo realizado es meta real dividido entre tiempo efectivo por tiempo disponible, lo que me dará como resultado las unidades que deben producirse en una hora específica.

$$\frac{523}{8.4} * 0.90 = 56$$

Producido: Es la suma de todas las producciones que ingresaron los operarios que se encontraban en la estación.

Delta: Producido menos meta por hora.

$$60-56= 4$$

### 5.2.11 Sexta interfaz

En esta interfaz, una vez que los operarios registran su producción, los datos se capturan automáticamente en la tabla. Esta muestra, hora a hora, la producción total

por operación, considerando que algunas operaciones cuentan con más de un operario. La tabla incluye además el output, delta, scrap y el yield correspondiente, así como un apartado para registrar las acciones realizadas durante cada hora productiva para reducir el impacto del scrap o documentar decisiones estratégicas que busquen mejorar la eficiencia, como se muestra en la Figura 23:

**Figura 23**

Información de la hora a hora de la producción total por operación

| Hora           | Operación #1 |        |       |       |        | Operación #2 |        |       |       |        | Operación #3 |        |       |       |        | Operación #4 |        |       |       |        | Operación #5 |        |       |       |        | Actions |
|----------------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------------|--------|-------|-------|--------|---------|
|                | Goal         | Output | Delta | Scrap | Yield  | Goal         | Output | Delta | Scrap | Yield  | Goal         | Output | Delta | Scrap | Yield  | Goal         | Output | Delta | Scrap | Yield  | Goal         | Output | Delta | Scrap | Yield  |         |
| 07:00:00 a. m. | 56           | 60     | 4     | 1     | 96.4%  | 54           | 120    | 66    | 3     | 97.6%  | 54           | 45     | -9    |       | 100.0% | 54           | 30     | -24   |       | 100.0% | 54           | 40     | -14   |       | 100.0% |         |
| 08:00:00 a. m. | 112          | 65     | -47   | 1     | 96.5%  | 109          | 135    | 26    | 1     | 99.3%  | 109          | 65     | -44   |       | 100.0% | 109          | 45     | -64   |       | 100.0% | 109          | 55     | -54   | 2     | 96.5%  |         |
| 09:00:00 a. m. | 162          | 93     | -69   |       | 100.0% | 157          | 180    | 23    |       | 100.0% | 157          | 82     | -75   | 1     | 98.8%  | 157          | 100    | -57   |       | 100.0% | 157          | 101    | -56   |       | 100.0% |         |
| 10:00:00 a. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 11:00:00 a. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 12:00:00 p. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 01:00:00 p. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 02:00:00 p. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 03:00:00 p. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |
| 03:36:00 p. m. |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |              |        |       |       | #####  |         |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Cálculos de la interfaz: Ejemplo Operación 1

Meta: Meta real dividido entre tiempo efectivo por tiempo disponible.

$$\frac{523}{8.4} * 0.90 = 56$$

Output: Cantidad de unidades reportadas en la operación.

Delta: Output menos meta.

Scrap: Total de scrap durante la hora.

Yield: Output dividido entre output más rechazos.

$$\frac{60}{60} + 1 = 94.8\%$$

### **5.3 CONTROL DE TIEMPO DE LA HERRAMIENTA**

Otra de las funciones de la herramienta es calcular el tiempo efectivo por hora. Por ejemplo, la jornada laboral tiene una duración de 9.5 horas; sin embargo, en el caso de la línea VTAL, los tiempos destinados para comidas y pausas difieren respecto a otras líneas de producción.

Una de las ventajas de la herramienta es que permite ajustar estos parámetros de manera flexible, lo que facilita su adaptación a las condiciones de cualquier otra línea que la implemente. Esto es posible porque se basa en tiempos ya estandarizados, como el despeje de línea al inicio del turno, el tiempo de desayuno y el tiempo de almuerzo. En consecuencia, son periodos que cualquier línea debe contemplar dentro de su tiempo efectivo de operación, entonces en dado caso que la herramienta sea aplicada en otra línea solo debe modificar en su hora a hora sus respectivos tiempos de comidas, y sus cálculos cambiarán de manera automática para que su meta en la hora a hora sea en base a su tiempo efectivo.

Como se muestra en la Figura 24:

Figura 24

Control del tiempo

| Control de Tiempo |             |
|-------------------|-------------|
| Horas             | Tiempo Real |
| 6:00-7:00am       | 0.90        |
| 7:00-8:00am       | 0.90        |
| 8:00-9:00am       | 0.80        |
| 9:00-10:00am      | 1.00        |
| 10:00-11:00am     | 1.00        |
| 11:00-12:00am     | 0.90        |
| 12:00-1:00pm      | 0.70        |
| 1:00-2:00pm       | 1.00        |
| 2:00-3:00pm       | 1.00        |
| 3:00-3:20pm       | 0.20        |
| <b>Total</b>      | <b>8.40</b> |

Figura 25

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Para una mejor comprensión, se ejemplifica a continuación el cálculo correspondiente a cada hora de trabajo.

El cálculo del tiempo efectivo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Meta real ÷ tiempo efectivo por hora.

Según esta fórmula el tiempo efectivo de la línea VTAL corresponde a 8.4 horas considerando las particularidades de cada hora de la jornada, este tiempo está dividido de la siguiente manera:

Por ejemplo, durante la primera hora, el tiempo efectivo corresponde a 0.90, ya que, de los 60 minutos disponibles, solo 50 son productivos. Esto se debe a que, al inicio del turno, se realizan actividades de despeje de línea y la reunión Layer 1, en la cual se proyectan los resultados del día anterior y se comunican posibles eventualidades al equipo de operarios.

Durante la segunda hora, que corresponde al horario de 7:00 a.m. a 8:00 a.m., se incluye el tiempo destinado al desayuno, el cual tiene una duración de 30 minutos. Al igual que en la primera hora, el tiempo efectivo equivale a 0.90, lo que representa 50 minutos productivos

Desde las 8:00 a.m. hasta las 9:00 a.m., el tiempo efectivo corresponde a 0.80, ya que, de los 60 minutos disponibles, 20 minutos se destinan aún al periodo de desayuno.

Entre las 9:00 a.m. y las 11:00 a.m. se consideran horas laborales completas, por lo que el tiempo efectivo en ambas corresponde a 1.0.

En la franja horaria de 11:00 a.m. a 12:00 p.m., el tiempo efectivo es de 0.90, debido a que el tiempo de almuerzo inicia a las 11:50 a.m.

Durante la hora comprendida entre las 12:00 p.m. y la 1:00 p.m., el tiempo efectivo equivale a 0.70, ya que, de los 60 minutos de esa hora, 30 minutos se emplean para el almuerzo.

Desde la 1:00 p.m. hasta las 3:00 p.m., se registran horas de trabajo completas, por lo que el tiempo efectivo en ambas es de 1.0.

Finalmente, a partir de las 3:00 p.m., solo se laboran 20 minutos, dado que el turno finaliza a las 3:36 p.m.; en consecuencia, el tiempo efectivo correspondiente es de 0.20.

## **5.4 REPORTE A LOS SUPERVISORES DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN**

La siguiente tabla corresponde a un reporte que es enviado a los supervisores, su contenido es alimentado de la tabla donde los colaboradores ingresan los datos de su producción hora a hora. Figura 22, donde es mostrado la meta de la hora correspondiente, la cantidad procesada, el delta, unidades de scrap y el yield de la operación, datos que cambiarán de manera simultánea y en tiempo real según el hora a hora, ya que se verán reflejados los montos acumulados de unidades procesadas tanto como las unidades rechazadas, — como se muestra en la Figura 25:

Figura 25

## Reporte Supervisores

| Reporte por hora VTAL      |      | Meta |       | 450         |         |
|----------------------------|------|------|-------|-------------|---------|
| martes, 27 de mayo de 2025 |      |      |       | 09:00 a. m. |         |
| Proceso                    | Meta | Qty  | Delta | Scrap       | Yield   |
| Operación #1               | 162  | 93   | -69   | 2           | 97.89%  |
| Operación #2               | 157  | 180  | 23    | 4           | 97.83%  |
| Operación #3               | 157  | 82   | -75   | 1           | 98.80%  |
| Operación #4               | 157  | 100  | -57   | 0           | 100.00% |
| Operación #5               | 157  | 100  | -57   | 0           | 100.00% |
| Operación #6               | 157  | 101  | -56   | 2           | 98.06%  |
| Operación #7               | 54   | 45   | -9    | 0           | 100.00% |
| Operación #8               | 54   | 38   | -16   | 0           | 100.00% |
| Operación #9               | 54   | 41   | -13   | 0           | 100.00% |
| Operación #10              | 53   | 16   | -37   | 0           | 100.00% |
| Operación #11              | 53   | 47   | -6    | 0           | 100.00% |
| Operación #12              | 51   | 24   | -27   | 0           | 100.00% |
| Operación #13              | 51   | 20   | -31   | 0           | 100.00% |
| Operación #14              | 50   | 15   | -35   | 0           | 100.00% |
| Operación #15              | 49   | 40   | -9    | 0           | 100.00% |
| Operación #16              | 49   | 38   | -11   | 0           | 100.00% |
| Total                      | 49   | 38   | -11   | 9           | 92.78%  |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Para facilitar el entendimiento del funcionamiento del reporte, se presentará un ejemplo utilizando la tabla desde la cual se alimentan los datos que lo conforman y las fórmulas utilizadas para cada elemento que la conforma.

*Figura 26*

Tabla de datos de producción

| Operación #1 | Producido | Delta |
|--------------|-----------|-------|
| 56           | 60        | 4     |
| 56           | 5         | -51   |
| 50           | 28        | -22   |
| 62           |           |       |
| 62           |           |       |
| 56           |           |       |
| 44           |           |       |
| 62           |           |       |
| 62           |           |       |
| 12           |           |       |
| 523          | 93        | -69   |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Tomando como ejemplo la operación 1 en la hora a hora de 8:00 am a 9:00 am para obtener la meta durante esta hora es el total producido menos el delta, es decir 93 menos -69.

La cantidad producido es el total acumulado de lo que se produjo durante esa hora, su cálculo es una autosuma de los datos ingresados al corte de las 9:00 am, es decir sumar 60+5+28 para un total de 93.

Delta: Unidades producidas menos la cantidad meta al corte de las 9:00 am que en este caso corresponde a 93-162 lo que da como resultado -69.

Scrap: Cantidad total de rechazos ingresados por los operarios desde las 6:00 am hasta el corte realizado a las 9:00 am.

Yield: Es derivado de la fórmula de cantidad de unidades buenas dividido entre cantidad de unidades buenas más rechazos:

$$\frac{93}{93 + 2} = 97.89\%$$

## 5.5 ANALISIS COSTO-BENEFICIO

Costo de mano de obra para la construcción de la herramienta

Aunque el desarrollo fue realizado internamente por la persona responsable del proyecto, el tiempo de trabajo invertido representa un costo de mano de obra que debe contabilizarse para efectos del análisis financiero.

Horas invertidas en el diseño y estructura: 18 horas

Horas invertidas en la programación, cálculos y automatización: 12 horas

Horas invertidas en pruebas y validación: 10 horas

Total de horas trabajadas: 40 horas

Considerando un valor de ₡5 000 por hora, en base a su salario equivalente aproximadamente a \$9,4 por hora según la tasa de cambio vigente, se obtiene:

$$\text{Costo mano de obra} = 40 \text{ horas} \times ₡5\,000 = ₡200\,000$$

### Costos relacionados con la capacitación

El proceso de implementación incluyó la capacitación del personal de producción y supervisión, también impartida por la persona encargada del proyecto, con el fin de asegurar el uso adecuado de la herramienta.

Horas de preparación del plan de capacitación: 3 horas

Horas impartiendo capacitación: 4 horas

Materiales digitales (manual, instructivo): Sin costo adicional

Total de horas: 7 horas

$$\text{Costo capacitación} = 7 \text{ horas} \times \text{C}\$5\,000 = \text{C}\$35\,000$$

### Otros costos asociados

Infraestructura tecnológica: no generó inversión, ya que las pantallas y tablets ya estaban instaladas en la línea VTAL.

Software utilizado: Microsoft Excel, incluido en las licencias corporativas (sin costo adicional).

Costo de implementación: C\$0

### Costo total del proyecto

$$\text{Costo total} = \text{C}\$200\,000 \text{ (mano de obra)} + \text{C}\$35\,000 \text{ (capacitación)} = \text{C}\$235\,000$$

### Beneficios económicos esperados

La herramienta permite visualizar en tiempo real los indicadores de producción, lo que genera beneficios como:

Reducción de scrap.

La implementación de la herramienta busca mejorar la eficiencia operativa y apoyar la toma de decisiones de forma más rápida para reducir los desperdicios en la línea de producción. Es importante mencionar que la herramienta por sí sola no va a eliminar todo el scrap, ya que hay otras causas dentro del proceso que no fueron abordadas en este proyecto y que requieren acciones adicionales. Por eso, la mejora estimada se limita a lo que puede lograrse gracias a una mejor visualización de los indicadores y una respuesta más oportuna por parte del equipo.

Actualmente, la pérdida mensual por scrap ronda los \$49 000. Si la herramienta logra una reducción conservadora del 3 %, que es lo que razonablemente se le puede atribuir, el ahorro mensual en colones (considerando una tasa aproximada de ₡540 por dólar) sería de ₡793 800.

No obstante, como la herramienta no está conectada a ningún sistema de información y requiere que los operarios actualicen los indicadores manualmente cada hora, y que los supervisores los revisen para tomar decisiones, esos tiempos también representan un costo que hay que tomar en cuenta. Este costo operativo mensual se estima en aproximadamente ₡116 500, por lo que el beneficio neto real sería de ₡677 300 al mes.

### Retorno de la inversión (ROI)

El ROI es un indicador que permite saber qué tan rentable fue una inversión. En términos simples, responde a la pregunta: por cada colón que se invirtió, ¿cuánto se obtuvo a cambio? Se calcula tomando la ganancia real (es decir, el beneficio neto menos lo que costó el proyecto), dividiéndola entre el costo de la inversión y multiplicando por 100 para expresarlo en porcentaje.

El costo total del proyecto fue de ₡235 000, correspondiente a las 47 horas invertidas en el desarrollo y la capacitación, valoradas a ₡5 000 por hora. Aplicando la fórmula:

$$\text{ROI} = [(\text{₡677 300} - \text{₡235 000}) / \text{₡235 000}] \times 100 = \mathbf{188 \%}$$

Esto significa que, después de recuperar lo invertido, la ganancia representa el 188 % de ese monto. Dicho de otra forma, por cada ₡100 invertidos en el proyecto, se obtienen ₡288 de vuelta: los ₡100 originales más ₡188 de ganancia neta.

La herramienta resulta rentable incluso considerando los costos de mantenimiento manual, y su viabilidad se sostiene en el tiempo porque no requiere comprar hardware ni software adicional y contribuye a un mejor control del proceso productivo.

### 5.5.1 Plan de capacitación

Con el objetivo de asegurar el uso adecuado y sostenible de la herramienta, se establece un plan de capacitación dirigido al personal operativo, supervisores y personal de ingeniería.

Para esta capacitación se creó un manual instructivo donde se mostrará el uso adecuado de la herramienta desarrollada, Apéndice 1. La capacitación constará de tres pasos principales, como se muestra en la tabla 13:

*Tabla 13*

Plan de capacitación

| Pasos                                            | Contenido                                                      | Duración |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Introducción al sistema de visualización      | Objetivos, beneficios y estructura general de la herramienta.  | 1 hora   |
| 2. Uso y registro de datos                       | Ingreso de información, interpretación de gráficos y reportes. | 2 horas  |
| 3. Mantenimiento básico y reporte de incidencias | Procedimientos básicos de revisión y comunicación de fallos.   | 1 hora   |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

Al finalizar, se realizará una práctica para asegurar la comprensión del uso correcto de la herramienta.

### 5.5.2 Plan de mantenimiento y actualización de la herramienta

Con el propósito de asegurar la continuidad y el correcto funcionamiento de la herramienta digital, se establece un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permita garantizar su estabilidad técnica y operativa, como se muestra en la tabla 14:

*Tabla 14*

Plan de mantenimiento preventivo y correctivo

| Tipo de mantenimiento          | Frecuencia      | Descripción                                                                                                                           |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preventivo</b>              | Mensual         | Verificación de la conectividad, actualización de bases de datos, respaldo de información y revisión de los indicadores visualizados. |
| <b>Correctivo</b>              | Según necesidad | Atención inmediata ante fallos de programación, errores de visualización o interrupciones del sistema.                                |
| <b>Actualización funcional</b> | Semestral       | Incorporación de mejoras solicitadas por el área de producción y adaptación a nuevas necesidades operativas o tecnológicas.           |

**Fuente.** Elaboración propia, 2025

El cumplimiento de este plan permitirá mantener la confiabilidad de los datos y la funcionalidad del sistema, garantizando que continúe siendo una herramienta efectiva para la toma de decisiones y la futura implementación en demás líneas de producción.

## **CAPITULO VI:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

El proyecto ejecutado en la línea de producción VITAL de MicroVention Costa Rica demostró que el nivel elevado de scrap se encontraba principalmente asociado a la falta de trazabilidad y de visibilidad en tiempo real del desempeño productivo. Mediante la aplicación rigurosa de la metodología DMAIC incluyendo el análisis de datos históricos, la observación directa del proceso, entrevistas al personal, la clasificación según el método de las 6M y el Diagrama de Ishikawa se confirmó que dicha carencia limitaba la detección oportuna de desviaciones y retrasaba la implementación de acciones correctivas, con impacto directo sobre la estabilidad operativa y la eficiencia de la línea.

En respuesta a la causa raíz identificada, se diseñó e implementó una herramienta digital en Excel orientada al control operativo en tiempo real, integrando indicadores clave de desempeño (KPI), tales como producción por hora, eficiencia global de los equipos (OEE), rendimiento acumulado del proceso (RTY), scrap y métricas de seguridad. La visualización horaria del comportamiento del proceso incrementó la transparencia operativa, facilitó la identificación temprana de desviaciones y mejoró la capacidad de reacción del personal operativo y de supervisión.

La validación comparativa pre y post implementación evidenció una mejora en el control del proceso y una reducción progresiva del scrap en operaciones críticas. De forma complementaria, la retroalimentación del personal confirmó beneficios en la detección temprana de fallas, la coordinación de equipos y el uso más eficiente del tiempo efectivo de trabajo, lo que sugiere una maduración de la toma de

decisiones basada en datos en el piso de producción. Es importante señalar que el objetivo de la herramienta es minimizar el scrap asociado a la falta de visibilidad del proceso; no obstante, su eliminación total no es factible, ya que siempre existirán márgenes de variación derivados de factores externos, condiciones propias del proceso y otras fuentes de variabilidad inherentes a la manufactura.

Adicionalmente, la implementación de la herramienta genera beneficios económicos directos asociados a la reducción de desperdicios. La visualización en tiempo real de los indicadores de producción fortalece la toma de decisiones inmediatas y la aplicación oportuna de acciones correctivas, impactando positivamente la eficiencia operativa. Actualmente, la pérdida mensual atribuida al scrap se estima en aproximadamente \$49 000. Bajo un escenario conservador, una reducción del 3 % derivada del uso sistemático de la herramienta representaría un beneficio mensual estimado de \$1 470. Considerando un tipo de cambio aproximado de ₡540 por dólar (Banco Central de Costa Rica, 2025), este ahorro equivale a cerca de ₡793 800 mensuales. Estos resultados evidencian que, aun con mejoras moderadas en el desempeño del proceso, la herramienta posee un impacto económico significativo y medible.

La solución resultó viable y sostenible al no requerir inversiones adicionales, aprovechando la infraestructura tecnológica existente y el uso de software interno. Esta característica refuerza su alineación con los principios de mejora continua, eficiencia operativa y optimización de recursos, y se ajusta a las necesidades de un entorno productivo de dispositivos médicos con altos estándares de control.

En síntesis, la herramienta digital de gestión visual fortaleció el control operativo, contribuyó a la reducción de desperdicios y consolidó una cultura de mejora continua, constituyéndose en una intervención de alto valor y bajo costo. Por su diseño flexible y modular, la propuesta presenta un alto potencial de replicabilidad y escalabilidad hacia otras líneas de producción de la planta, favoreciendo la estandarización de prácticas y la optimización global del sistema productivo.

## **6.2 Recomendaciones**

### **1. Monitoreo y mejora continua:**

Se recomienda establecer un proceso sistemático de seguimiento mensual para evaluar el desempeño de la herramienta, analizando su impacto sobre indicadores clave como OEE, RTY y scrap. Este monitoreo permitirá identificar nuevas oportunidades de mejora y realizar ajustes pertinentes en la programación, diseño o funcionamiento de la herramienta, garantizando su vigencia y efectividad en el tiempo.

### **2. Capacitación continua del personal:**

Con el objetivo de garantizar el uso adecuado y sostenible de la herramienta, se sugiere implementar programas de capacitación periódicos dirigidos al personal operativo y a los líderes de línea. Estos programas deben enfocarse en la correcta interpretación de los datos, el análisis de tendencias y la toma de decisiones basada en información objetiva

### **3. Replicabilidad en otras líneas de producción:**

Dado el impacto positivo obtenido en la línea VTAL, se recomienda considerar

la adaptación e implementación de la herramienta en otras líneas de la planta. Su diseño flexible permite ajustar parámetros como tiempos estándar, metas productivas y configuraciones operativas, lo cual favorece su replicabilidad sin generar costos adicionales para la organización.

**4. Integración con sistemas de gestión corporativos:**

A mediano plazo, se sugiere evaluar la integración de la herramienta con plataformas de análisis y sistemas de información corporativos de mayor robustez, tales como Power BI o SAP. Esta integración permitiría automatizar la captura de datos, mejorar la precisión de la información, consolidar reportes históricos y facilitar evaluaciones de desempeño a nivel global.

**5. Fortalecimiento del enfoque visual y comunicacional:**

Finalmente, se recomienda continuar desarrollando el componente visual de la herramienta mediante la incorporación de gráficos de tendencia, alertas visuales por color y reportes automatizados. Estos elementos pueden potenciar la comunicación entre equipos operativos y líderes de turno, mejorando la comprensión del estado del proceso y la agilidad en la ejecución de acciones correctivas.

## **CAPITULO VII:**

## **BIBLIOGRAFÍA**

Terumo Neuro. (s.f.). About us: Mission and innovations in neuroendovascular treatment. Recuperado 20 septiembre 2025 de

<https://www.terumoneuro.com/emea/about-us>

Terumo Neuro. (s.f.). *About us: Our story and mission*. Recuperado el 20 septiembre 2025 , de <https://www.terumoneuro.com/emea/about-us>

Terumo Neuro. (s.f.). *Products: therapeutic devices and solutions*. Recuperado el 21 septiembre 2025, de <https://www.terumoneuro.com/products>

MicroVention CR. (2025). *Organigrama*. Documento interno de la empresa.

Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). Root cause analysis: Simplified tools and techniques (2.<sup>a</sup> ed.). ASQ Quality Press.

Arias, L. (2016). Métodos y técnicas de investigación. Editorial Universitaria.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Ishikawa, K. (1985). What is total quality control? The Japanese way. Prentice-Hall.

Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2015). Focus groups: A practical guide for applied research (5.<sup>a</sup> ed.). SAGE Publications.

Montgomery, D. C. (2013). Introduction to statistical quality control (7.<sup>a</sup> ed.). Wiley.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2018). Management (14.<sup>a</sup> ed.). Pearson.

Snee, R. D. (2010). *Lean Six Sigma – Getting better all the time*. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>

American Society for Quality (ASQ). (s.f.). *What is Six Sigma?* Recuperado de

<https://asq.org/quality-resources/six-sigma>

Sushmith. (2025, 13 junio). DMAIC Methodology - The complete guide | Sprintzeal.

Sprintzeal.com. <https://www.sprintzeal.com/blog/dmaic-methodology>

Six Sigma US. (2025, 16 abril). DMAIC: Approach to Continuous Improvement -

SixSigma.us. SixSigma.us. <https://www.6sigma.us/dmaic-process/>

Sydle. (2024, 8 noviembre). DMAIC: ¿qué es y cómo se diferencia con PDCA? Paso

a paso completo. Blog SYDLE. [https://www.sydle.com/es/blog/dmaic-](https://www.sydle.com/es/blog/dmaic-64bd2afcda771954dd52337b)

[64bd2afcda771954dd52337b](https://www.sydle.com/es/blog/dmaic-64bd2afcda771954dd52337b)

Pereira, H. (2025, 29 abril). Comprender el lean Manufacturing: Guía KAIZENTM.

Kaizen Institute Consulting Group.

Admin. (2024, 30 agosto). Six Sigma: Qué es, Beneficios y Cómo Transformar tu

Gestión de Proyectos. Mapo. [https://mapolearning.com/six-sigma-que-es-](https://mapolearning.com/six-sigma-que-es-beneficios-y-como-transformar-tu-gestion-de-proyectos/)

[beneficios-y-como-transformar-tu-gestion-de-proyectos/](https://mapolearning.com/six-sigma-que-es-beneficios-y-como-transformar-tu-gestion-de-proyectos/)

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000).The Six Sigma way: How

GE, Motorola, and other top companies are honing their performance.New York:

McGraw-Hill.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996).Lean thinking: Banish waste and create wealth

in your corporation.New York: Simon & Schuster.

Melgar Vásquez, JH (2021). Mejora de procesos operativos en el área de

producción de la distribuidora Multiandina Perú SAC [Tesis para optar el Título

Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional

de la Universidad de Lima.

<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/13210>

Rocio Duchi, VT (2021). Diseño de un plan de mejora de desempeño de los procesos de producción de la empresa TABLICON S.A [Proyecto técnico para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Politécnica Salesina Ecuador]. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21991/1/UPS-](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21991/1/UPS-GT003652.pdf)

[GT003652.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21991/1/UPS-GT003652.pdf)

Banco Central de Costa Rica. (2025). Tipo de cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América [Conjunto de datos].

<https://sdd.bccr.fi.cr/es/IndicadoresEconomicos/Inicio/Contenedor/6>

Alejo-Reyes, A., Cuevas, E. V., González-Ayala, P., & Rosas-Caro, J. C. (2024).

Algoritmos de optimización en ingeniería. Alpha Editorial.

Framiñán-Torres, J. M. (2023). Diseño y análisis de sistemas productivos.

Alfaomega - Marcombo.

González-Ortiz, O. C. (2024). Fundamentos de ingeniería industrial. ECOE Ediciones.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de operaciones: producción y cadena de suministros (12.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2013). Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro (10.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2013). Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro (10.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

Parmenter, D. (2015). Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs (3.<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. Rawson Associates.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (2.<sup>a</sup> ed.). Free Press.

Gutiérrez Pulido, H. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma (2.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). Las claves de Seis Sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. McGraw-Hill Interamericana de España.

## **Apéndice**

**MANUAL DE USO  
DE LA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE KPIs  
EN TIEMPO REAL**

**Línea de Producción VTAL**

**DOCUMENTO CONTROLADO**

|                        |                  |                           |             |
|------------------------|------------------|---------------------------|-------------|
| Elaboró                | Revisó           | Aprobó                    | Fecha       |
| Alberth Bustos<br>Mora | Ing. de procesos | Gerente de<br>operaciones | 11-Nov-2025 |

## 1. Objetivo del manual

Brindar instrucciones claras y detalladas para el uso adecuado de la herramienta digital desarrollada para la línea de producción VTAL, asegurando que los operarios y líderes puedan interpretar los indicadores, dar seguimiento a la producción y detectar los niveles de scrap de forma oportuna.

## 2. Descripción general de la herramienta

La herramienta es una interfaz visual diseñada en Excel que muestra en tiempo real:

- Producción por operación
- Producción total del turno
- Meta establecida
- Scrap acumulado del día
- Scrap por hora
- Estado general del avance del proceso

La interfaz se proyecta en las pantallas instaladas a lo largo de la línea y en los puestos de los líderes.

## 3. Componentes principales de la interfaz

Sección: Producción por operación

- Muestra cada operación del proceso VTAL.
- Indica cuántas unidades han sido procesadas en cada estación.
- Permite identificar cuellos de botella o rezagos operativos.

Sección: Avance total vs. meta

- Presenta el acumulado total de producción del día.
- Compara en tiempo real con la meta diaria.
- Se visualiza mediante indicadores numéricos y barras comparativas.

#### Sección: Scrap acumulado

- Indica el total de unidades defectuosas generadas durante el día.
- Se actualiza automáticamente conforme se registran rechazos.

#### Sección: Scrap por hora

- Muestra el scrap generado en intervalos horarios.
- Facilita detectar tendencias y vincularlas con turnos o estaciones.

#### Indicadores del estado de la línea

- Verde: dentro de la meta
- Rojo: incumplimiento de meta

### **4. Procedimiento de uso**

#### Encendido y acceso

1. Encender la pantalla o tablet correspondiente.
2. Abrir el archivo de la herramienta en Excel.

#### Interpretación de la información

1. Revisar el avance total, comparando con la meta diaria.
2. Verificar la producción por operación:
  - o Identificar estaciones con rezago.
3. Analizar el scrap del día:
  - o Comparar con el promedio histórico.
4. Observar el scrap por hora:
  - o Ver si existe un patrón de incremento.
5. Validar si los indicadores presentan alertas:
  - o Rojo requiere revisión inmediata.

#### Acciones cuando se detecta una tendencia alta de scrap

1. Si hay rezago en una operación:
  - o Informar al líder de línea.
  - o Revisar fallas técnicas, material o ritmo lento.
2. Si el scrap aumenta en una hora específica:
  - o Verificar la estación según trazabilidad.
3. Si el avance total está por debajo de la meta:
  - o Revisar scrap y producción por operación.
  - o Determinar causa principal.

## **5. Buenas prácticas de uso**

- Revisar la herramienta al inicio del turno, cada hora y al cierre.
- Validar que las operaciones estén ingresando datos correctamente.
- Evitar manipular fórmulas o celdas protegidas.
- Reportar cualquier alerta visual inmediatamente.
- Mantener pantallas limpias y visibles.

## **6. Acciones ante fallas o errores técnicos**

La información no se actualiza

- Cerrar y volver a abrir el archivo.
- Verificar base de datos o archivo fuente.
- Reportar al ingeniero de procesos.

La pantalla no muestra la interfaz completa

- Ajustar el zoom a 100%.
- Verificar la resolución.

Se modificó accidentalmente una fórmula

- Notificar al ingeniero responsable.

- Restaurar copia de respaldo.

## **7. Responsabilidades del usuario**

- Utilizar correctamente la herramienta durante todo el turno.
- Reportar variaciones o problemas.
- Mantener precisión en el ingreso de datos.
- No modificar estructura o programación.

## **8. Frecuencia de uso**

- Turno completo: visualización continua
- Revisión formal: cada hora
- Cierre del día: validación y análisis final

## **9. Contacto de soporte**

- Ingeniero de procesos responsable
- Líder de línea
- Departamento de Ingeniería

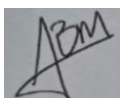
**HISTORIAL DE CAMBIOS**

| Versión | Fecha      | Descripción<br>del cambio | Elaboró                | Aprobó                     |
|---------|------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1       | 27/10/2025 | Primera<br>edición        | Alberth<br>Bustos Mora | Gerente de<br>operaciones. |

**DECLARACIÓN JURADA**

Yo Alberth Bustos Mora, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-13590513 egresado de la carrera de - Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Mejora en el proceso de control de producción en la línea de VTAL, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 18 días del mes de diciembre del año dos mil 25.



Firma del estudiante

Cédula: 1-13590513

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 04 de Diciembre de 2025

**Destinatario Departamento de Registro Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante Alberth Bustos Mora, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: MEJORA EN EL PROCESO DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN VITAL DE LA EMPRESA MICROVENTION COSTA RICA, ALAJUELA., el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

|    |                                                                                                 |     |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| a) | ORIGINAL DEL TEMA                                                                               | 10% | 10% |
| b) | CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES                                                              | 20% | 13% |
| c) | COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 30% | 22% |
| d) | RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                                                | 20% | 18% |
| e) | CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO                                                              | 20% | 20% |
|    | TOTAL                                                                                           |     | 83% |

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

*Ing. Marco Cartín Gamboa. MII*  
*Cédula identidad: 110610393*  
*Carné Colegio Profesional: II-15546*

## CARTA DE LECTOR

San José, 10 de junio 2026

Universidad Hispanoamericana  
Sede Llorente  
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante **Alberth Bustos Mora**, cédula de identidad 1-1359-0513, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado MEJORA EN EL PROCESO DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN VITAL DE LA EMPRESA MICROVENTION COSTA RICA, ALAJUELA, el cual ha elaborado para obtener su grado de BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.  
Atte.

MBA. Damaris Bermúdez Elizondo

Cédula: 1-11437-0887

Carné: II-31397

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 24-agosto-2026

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Alberth Bustos Mora, con número de identificación 1 1359 0513, autor (a) del trabajo de graduación titulado MEJORA EN EL PROCESO DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN VITAL DE LA EMPRESA MICROVENTION COSTA RICA, ALAJUELA presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato; (SI / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

 1-1359 0513  
Firma y Documento de Identidad