

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE MEJORA EN EL PROCESO DE  
CORTE Y PELADO EN LA EMPRESA GENER8  
DE COSTA RICA DURANTE EL SEGUNDO  
CUATRIMESTRE 2024**

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

**Estudiante:**

**David A. Jiménez Campos**

**Tutor:**

**Ing. José Eduardo Vargas Solís**

San José, 2024

## ii. ACTA DE APROBACIÓN

### CARTA DEL TUTOR

26 de noviembre 2024

Señores  
Servicios Estudiantiles  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante David Jimenez Campos, cédula de identidad número 1-1638-0283, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROYECTO DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE Y PELADO EN LA EMPRESA GENER8 DE COSTA RICA DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE 2024", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en la carrera de ingeniería industrial.

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, resultados económicos; 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%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Atentamente, JOSE EDUARDO VARGAS SOLIS (FIRMA)

Firmado digitalmente por JOSE EDUARDO VARGAS SOLIS (FIRMA)  
Fecha: 2024.11.26 16:40:46 -06'00'

**Ing. José Eduardo Vargas Solís.**  
Cédula identidad 1 – 1559 - 0116

## DECLARACIÓN JURADA

Yo David Alejandro Jiménez Campos, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1638-0283 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 del 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: **PROYECTO DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE Y PELADO EN LA EMPRESA GENER8 DE COSTA RICA DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE 2024**

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 26 días del mes de noviembre del año dos mil Veinticuatro.



Firma del estudiante

Cédula

1-1638-0283

## CARTA DEL LECTOR

San José, 18 diciembre 2024

**Destinatario**  
**Carrera Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante **David A. Jiménez Campos**, titulado **“PROYECTO DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE Y PELADO EN LA EMPRESA GENER8 DE COSTA RICA DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE 2024.”**, para optar por el grado académico de **Bachillerato** en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al siguiente proceso de revisión.

Atentamente,



**Ana Catalina Martínez Matarrita**  
**Cédula identidad: 111510151**

**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, 22-Dec-2024

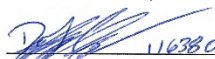
Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **David Alejandro Jiménez Campos** con número de identificación **1-1638-0283** autor (a) del trabajo de graduación titulado "**PROYECTO DE MEJORA EN EL PROCESO DE CORTE Y PELADO EN LA EMPRESA GENER8 DE COSTA RICA DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE 2024**" presentado y aprobado en el año **2024** como requisito para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**; **SI** 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,

  
1638-0283  
Firma y Documento de Identidad

---

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

### **iii. DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Rosa Campos y Santiago Jiménez, por ser el ejemplo de esfuerzo y dedicación que me ha guiado en cada paso de mi vida. Su apoyo incondicional y enseñanzas han sido mi mayor fortaleza y motivación.

A mi esposa, Thadea Fuentes, cuya compañía y amor inquebrantable me han inspirado a superar cada desafío. Gracias por ser mi apoyo constante y por creer en mí siempre.

#### **iv. AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto. En primer lugar, a mi esposa, Thadea Fuentes, por su apoyo incondicional y motivación constante. A mis padres, Rosa Campos y Santiago Jiménez, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y formación.

Quiero expresar mi gratitud a Danny Alvarado y Melissa Alvarado, colegas cuya amistad y colaboración fueron de gran ayuda en este proceso. Un agradecimiento especial al Ing. Humberto Sequeira por su orientación técnica y profesionalismo, así como al Ing. Jason Fernández, Gerente del departamento de Ingeniería de Gener8, y a Eddy Fallas, Gerente del departamento de Calidad de la misma empresa, quienes aportaron su valiosa experiencia y recursos para el desarrollo de este proyecto.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por su apoyo, sin el cual no habría alcanzado este logro.

## vi. TABLA DE CONTENIDO

ii.	ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
iii.	DEDICATORIA .....	vii
iv.	AGRADECIMIENTOS .....	viii
vii.	ACRÓNIMOS Y SIGLAS .....	xi
viii.	RESUMEN EJECUTIVO .....	xii
	<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Descripción general del proyecto.....	14
1.2	Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.....	14
1.2.1	Descripción General de la Organización. ....	14
1.2.2	Antecedentes del contexto de la empresa .....	16
1.3	Planteamiento del problema.....	18
1.3.1	Definición y medición del problema.....	18
1.3.2	Justificación del proyecto.....	18
1.4	Objetivos del proyecto .....	19
1.4.1	Objetivo general.....	19
1.4.2	Objetivos específicos.....	19
1.5	Alcances y limitaciones del proyecto .....	20
1.5.1	Alcance.....	20
1.5.2	Limitaciones .....	20
	<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1	Marco conceptual general relativo a la carrera .....	22
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	25
2.2.1	DMAIC.....	25
2.2.1.1	Las 5 fases del DMAIC.....	26
2.2.1.1.1	Definir.....	26
2.2.1.1.2	Medir .....	27
2.2.1.1.3	Analizar.....	29
2.2.1.1.3.1	Pasos principales en esta fase:.....	29
2.2.1.1.4	Implementar.....	31
2.2.1.1.5	Controlar.....	32

2.2.1.1.5.1 Actividades clave en esta fase: .....	32
2.2.1.1.5.2 Beneficios de esta fase:.....	34
<b>2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>36</b>
3.2.1 Diagrama de Ishikawa .....	44
3.2.2 Toma de tiempos .....	45
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 TOMA DE TIEMPO .....</b>	<b>52</b>
<b>4.3 ENCUESTA .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4 DIAGRAMA ISHIKAWA .....</b>	<b>57</b>
<b>4.5 MULTIVOTO.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO .....</b>	<b>66</b>
5.1.1 Propuesta # 1.....	66
5.1.2 Propuesta # 2.....	70
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>6.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>6.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
Referencias .....	93

## **vii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

OTD: "On Time Delivery"

NCR: "Non-Conformance Report"

CAPA: "Corrective Action and Preventive Actions "

DHF: "Dives History File"

DHR: "Dives History Record"

ICR: "Intercompany Return"

ISO: "International Organization of Standarization"

QMS: "Quality Management System"

DMAIC: "Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar"

SIPOC: "Suplidores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes"

DPU: "Defectos Por Unidad"

DPO: "Defectos Por Oportunidad"

p: "Proporción defectuosa"

W.O: "Work Order"

QC: "Quality Control"

## viii. RESUMEN EJECUTIVO

Jiménez Campos, David Alejandro. 2024. Proyecto de mejora en el proceso de corte y pelado en la empresa Gener8 de Costa Rica durante el segundo cuatrimestre 2024. [Proyecto de graduación para optar por el Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. Ing. José Eduardo Vargas Solís.

El proceso de corte y pelado de cables en Gener8 Costa Rica presenta desafíos que impactan la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Entre los problemas identificados se encuentran errores que generan no conformidades (la compañía estima un costo de \$1,000 por cada evento), costos adicionales por retrabajos, desperdicio de materiales y retrasos en los tiempos de entrega (más de un 10%), afectando el rendimiento del OTD (el cual debe ser mayor al 90%) y la reputación de la empresa.

El proyecto tiene como objetivo mejorar este proceso aplicando la metodología DMAIC para aumentar el OTD en un 1%. Las principales causas raíz detectadas fueron la falta de entrenamiento y la ausencia de estandarización en los procesos. Para solucionarlo, se desarrolló un plan de contingencia y se propuso la compra de una máquina que automatiza las operaciones, logrando un retorno de inversión en menos de cinco semanas y una mejora en el proceso de aproximadamente un 70.42%.

Como resultado, se superó la meta de mejora del OTD, se estandarizó el proceso con un sistema poka-yoke, y se creó una base de datos con los tiempos de operación evaluados, ofreciendo a la empresa una herramienta estratégica para futuras decisiones.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

## **1.1 Descripción general del proyecto**

Durante el desarrollo del presente proyecto se realizan una serie de estudios con diferentes metodologías en el área de manufactura, en el cual se evidencia un problema con una incidencia recurrente en el corte y pelado de cables. Con el objetivo de llegar a una posible causa raíz de la problemática para así generar las recomendaciones necesarias.

Esta investigación tiene como finalidad la mejora de las líneas de producción siempre enfocado a los objetivos de la tesina y el mejoramiento de la productividad.

## **1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.**

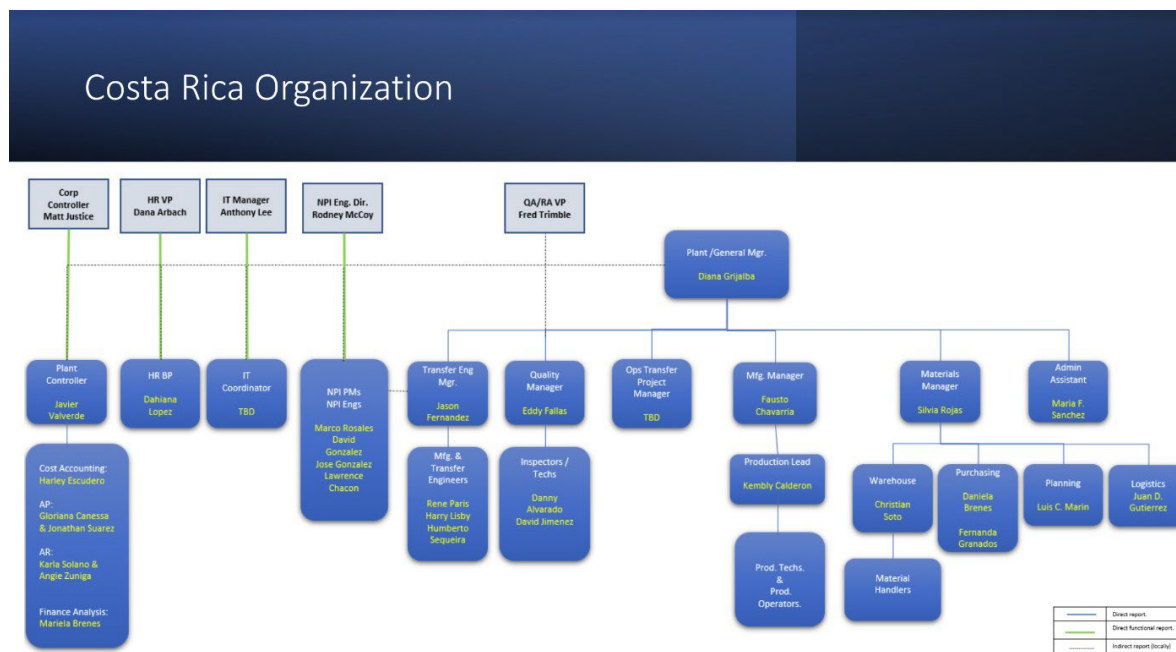
### **1.2.1 Descripción General de la Organización.**

**Misión:** Gener8 tiene como misión capacitar a los innovadores tecnológicos para que naveguen con éxito el camino desde una idea hasta una solución significativa. Es como cumplen su propósito, su compromiso con sus clientes y su comunidad.

**Visión:** Gener8 tiene como visión imaginarse un mundo donde la innovación avanza a la velocidad de la imaginación. Un mundo donde los pioneros de la tecnología cierran la brecha entre la idea y la solución. Un mundo donde las innovaciones de hoy proporcionen la base para la innovación futura, fomentando nuevos avances, ideas más grandes y un futuro mejor para la humanidad.

A continuación, se presenta un organigrama a modo de visualización de la estructura de la empresa:

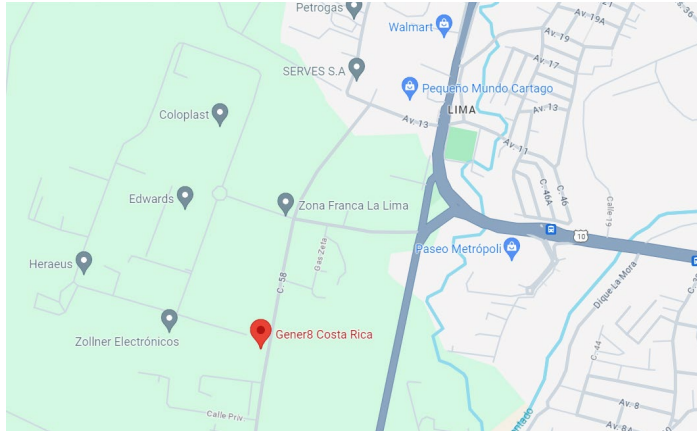
**Figura 1 Organigrama**



El trabajo de investigación se va a realizar en el departamento de producción con ayuda del departamento de ingeniería y todas las partes interesadas.

**UBICACIÓN:** Se encuentra en la provincia de Cartago, al oeste de Plaza Metrópoli, Zona Franca La Lima.

**Figura 2 Ubicación**



Fuente:(Google Maps, 2024)

**SERVICIOS:** Gener8 Costa Rica se encarga de la manufactura de implementos médicos y comerciales.

### 1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

Fundada en 2002, utiliza la tecnología y las herramientas de diseño más avanzadas para ayudar a sus clientes a llevar sus productos innovadores del concepto al consumidor. Entienden que cada cliente es único, por lo que adaptan sus servicios a sus necesidades específicas. Se enorgullecen de ofrecer resultados de alta calidad que se ajustan a sus plazos y a su presupuesto.

Ofrecen una amplia gama de servicios de ingeniería de espectro completo, incluido el diseño y desarrollo de productos, la creación de prototipos, la fabricación y la gestión de la cadena de suministro. El equipo tiene una amplia experiencia trabajando con clientes de diversos sectores, como biotecnología, ciencias de la vida, dispositivos médicos, fabricantes de dispositivos médicos, entre otros.

**Figura 3** Antecedentes de la compañía



Fuente: (Gener8, 2023)

A continuación, se adjunta FODA de la compañía:

**Figura 4** FODA

Fortalezas	Oportunidades
Personal técnico con gran conocimiento de la industria	Crecimiento en la demanda de los clientes
Diversidad de servicios a nivel global	Crecimiento de la demanda de empresas sin capacidad de manufactura
Instalaciones con capacidad amplia	Necesidad de clientes de desarrollos tecnológicos para sus productos
Soporte por parte de SV	
Gerencias con conocimiento en diferentes sectores	
Debilidades	Amenazas
Poca experiencia de la compañía en transferencias fuera de USA	Incremento de empresas en el país
Dependencia de algunos procesos con SV	Alta demanda de profesionales en el país
Dependencia para recibo de órdenes desde SV	Tiempo de entrega de algunos componentes
Suplidores compartidos fuera de CR.	

## **1.3 Planteamiento del problema**

### **1.3.1 Definición y medición del problema**

El problema principal que enfrenta la manufactura se centra en el proceso de corte y pelado de cables durante la ejecución de órdenes de producción, siendo fundamental para la fabricación de productos específicos, pero generando diversas consecuencias negativas para toda la organización. Estas incluyen un aumento en los informes de no conformidad debido a cables mal cortados o pelados, lo cual resulta en costos adicionales por retrabajos y retrasos en la entrega; desperdicios directos de materiales que impactan negativamente en los costos de producción y la eficiencia operativa; la necesidad de tiempo adicional y recursos para corregir errores, afectando la programación de producción y generando retrasos en los tiempos de entrega; y la posible afectación del cumplimiento de plazos de entrega comprometidos para una semana específica, lo cual puede deteriorar la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa, a pesar de que el OTD se evalúe mensualmente.

### **1.3.2 Justificación del proyecto**

El proyecto se presenta como una oportunidad estratégica para la organización al enfocarse en mejorar la eficiencia y calidad del proceso de corte y pelado de cables en la manufactura. La implementación de medidas para reducir los tiempos de corte y pre-corte de cables no solo busca optimizar recursos y minimizar costos asociados a retrabajos y desperdicios de materiales, sino que también apunta a fortalecer la competitividad mediante la mejora del cumplimiento del OTD. Al lograr una mayor precisión y consistencia en la producción, se espera no solo satisfacer, sino superar

las expectativas de los clientes en cuanto a la puntualidad y la calidad de los productos entregados.

Además, la introducción de un sistema Poka-yoke representa una innovación en la prevención de defectos desde la fase inicial del proceso, lo cual no solo reduce significativamente la incidencia de errores, sino que también libera recursos que pueden ser reasignados hacia actividades más productivas. Este enfoque hacia la mejora continua no solo beneficia la operación diaria, sino que también establece un precedente dentro de la organización para adoptar prácticas avanzadas de manufactura que impulsen la eficiencia y la satisfacción del cliente a largo plazo.

## **1.4 Objetivos del proyecto**

### **1.4.1 Objetivo general**

Mejorar el proceso de corte y pelado de las ordenes de producción mediante la aplicación de la metodología DMAIC ayudando al rendimiento del OTD en un 1%.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las posibles causas raíz de los NCR mediante la investigación de los eventos para generar un cambio positivo al proceso de corte y pelado de cables.
2. Evaluar el tiempo que se requiere en el proceso de corte y pelado de cables mediante una toma de tiempos para generar una base de datos de tiempo en proceso.

3. Analizar los defectos encontrados de largos en los cables, así como sus costos mediante la investigación del proceso para impactar el mejoramiento del cumplimiento con las especificaciones de los clientes.
4. Optimizar el proceso de corte y pelado de cables con la estandarización de interpretación de planos para disminuir el desperdicio de tiempo en consulta y de desechos.
5. Controlar el desperdicio y los tiempos del proceso de corte y pelado de cables mediante la implementación de la(s) mejora(s) para garantizar la mejora positiva que impacta la organización.

## **1.5 Alcances y limitaciones del proyecto**

### **1.5.1 Alcance**

La implementación del proyecto de mejora en el proceso de corte y pelado de cables impactara el área de producción, específicamente en las estaciones donde se realizan los procesos ya mencionados, así como los operarios que ejecutan las operaciones en la empresa de Gener8 Costa Rica.

### **1.5.2 Limitaciones**

La mejora se ve limitada por el tiempo de los colaboradores de la empresa Gener8 Costa Rica ya que no siempre cuentan con la disponibilidad laboral; también por la confidencialidad de datos que se requieren consultar para la culminación del presente proyecto.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

Como bien se a bordo de manera general en el capítulo anterior, se requiere mejorar el proceso de corte y pelado de cables en el área de producción; pero antes de abordar la problemática y definir posibles soluciones se debe comprender por qué este proyecto va acorde a la carrera de ingeniería industrial y para ello debemos remontarnos al inicio de la ingeniería, así mismo a sus fundamentos y/o pilares expuestos a lo largo de los años hasta la actualidad.

Como bien es conocido o recordado por diversas investigaciones, la ingeniería industrial empieza desde la aparición de Frederick Winslow Taylor, pero si bien es cierto la ingeniería se remonta de mucho más antes, se puede observar en la siguiente cita:

*“..., el verdadero origen de esta rama de la ingeniería se dio a principios de la Revolución Agrícola. En esta etapa se perfeccionaron diversas técnicas tanto para abonar las tierras como para la organización del trabajo, pues el objetivo principal era mejorar la productividad en las actividades económicas.”*

(Ensalado, 2022)

Como se resalta en la cita anterior, la ingeniería industrial nació para generar productividad, controlar procesos, mejorar costos, entre otros; hoy en día, con las tecnologías disponibles y el conocimiento adquirido se observa como quienes

desarrollan un puesto de ingeniería, buscan la optimización de recursos, generar eficiencia, eficacia, productividad, eliminación de desperdicios, optimización, entre otros.

Remontándose ahora en la década de 1880 es donde nace el padre de la Ingeniería Industrial (a pesar de que esta ya se implementaba desde mucho tiempo atrás) Frederick Taylor se enfocó en una administración la cual solo buscaba que la compañía y el empleado optaran por el mayor beneficio posible, tomando en cuenta todo lo que compone el ambiente para generar los resultados esperados por ambas partes, lo anterior se puede fundamentar en la siguiente cita:

*“Para que empresarios y trabajadores colaboren en el objetivo común de la eficiencia, Taylor sostiene que es necesario que los empleados reciban una retribución en función de su productividad... Respecto a las distintas actividades del trabajo, deben ser sencillas y los tiempos establecidos de ejecución tendrán que estar determinados. En relación con las actividades desempeñadas en las distintas... jugarán un papel clave coordinando los distintos procesos, señalando los fallos y proponiendo mejoras para las mismas...” (López Cobia & Westreicher, 2022)*

Como se menciona anteriormente y se puede determinar que hasta el día de hoy la ingeniería industrial sigue en busca del objetivo planteado por Taylor, la diferencia son los métodos para conseguirlos, ya que a cómo van pasando los años, la Ingeniería ha

tenido que adaptarse a los cambios industriales por temas de ambiente, tecnología, sociedad, entre otros, por ello se emplean diversas herramientas, principios y/o fundamentos; alguno de estos (pero no limitados) son los siguientes:

Selección de procesos de fabricación y métodos de ensamblaje, selección y diseño de herramientas y equipos, técnicas del diseño de instalaciones, desarrollo de sistemas de control de costos, desarrollo del producto, diseño y/o mejora de los sistemas de planeamiento y control, diseño e instalación de sistemas de información y procesamiento de datos, diseño e instalación de sistemas de incentivos salariales, desarrollo de medidas y estándares de trabajo incluyendo la evaluación de los sistemas, la investigación de operaciones, diseño e instalación de sistemas de oficinas, de procesamientos y políticas, planeamiento organizacional, seguridad, higiene y ambiente, administración de Recursos Humanos, mantenimiento Industrial, gestión tecnológica, investigación y desarrollo, mejora y optimización de procesos, entre otros.

Lo anterior se sintetiza en la siguiente cita:

*...Además del análisis y optimización de los procesos y sistemas productivos y logísticos de una organización, otra labor esencial es la de gestionar y supervisar los procesos industriales teniendo en cuenta los factores que intervienen en él... (Ecreea, 2022)*

Hasta este punto se da puede dar una mayor conexión entre la teoría explicada y el enfoque de la problemática del proyecto, ya que no se está cumpliendo varios principios (pero no limitados a estos) la productividad y la administración de recursos.

Durante el proyecto se abordará el proceso de producción, para esto se necesita conocer el diagrama de flujo del proceso, las entradas y salida del proceso de manufactura (metodología SIPOC), procesos de producción, tiempos de ejecución, se realizará un diagrama Ishikawa para entender las posibles causas de la problemática a abordar y dar evidencia objetiva de la toma de decisiones que se van a recomendar, se abordara la ideología de la mejora continua esto para encontrar puntos de mejora. Lo anterior es para dar como resultado una o varias mejoras en el proceso de corte y pelado de cables para lograr la productividad deseada por la alta gerencia.

## **2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto**

### 2.2.1 DMAIC

DMAIC es definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Este proceso de mejora basado en datos está destinado a detectar y eliminar las ineficiencias que resultan en defectos (NCR, desechos). Aunque no es exclusivo de *Six Sigma*, es una de las dos metodologías utilizadas para implementar *Six Sigma*, que está diseñada para mejorar los procesos y proyectos existentes.

DMAIC no puede emplearse en ciertas circunstancias o escenarios, como diseñar o crear nuevos procesos. Su enfoque principal debe estar en mejorar los procesos y proyectos existentes. Hay algunas condiciones específicas para tener en cuenta al decidir si DMAIC es una buena opción incluidas, pero no limitadas a las siguientes:

Hay un problema evidente con un proceso o conjunto de procesos existente, cuando hay una buena oportunidad de reducir cosas como defectos y plazos de ejecución

mientras ahorra costos y mejora la productividad, ante un proceso cuantificable; los datos pueden medirse y la acumulación de datos puede analizarse.

Una vez que haya determinado que DMAIC puede tener un impacto significativo en los procesos actuales, se puede desarrollar los cinco pasos de implementación: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

### 2.2.1.1 Las 5 fases del DMAIC

#### 2.2.1.1.1 Definir

La fase de definición del ciclo DMAIC arranca con la pregunta clave: "**¿Qué problema queremos solucionar?**". Para responderla, es necesario armar un documento dinámico y completo, que detalle el problema, los objetivos del proyecto y un cronograma inicial, como un diagrama de Gantt. Este documento, conocido como **estatuto del proyecto**, ayuda a dejar claro qué problemas se investigarán, la razón de su análisis y qué se considera un resultado exitoso.

El **enunciado del problema** debe incluir indicadores medibles, como el tiempo de entrega o la calidad del producto. Por ejemplo:

- **Tiempo de entrega:** mide desde que el cliente hace una solicitud hasta que recibe el producto.
- **Calidad:** puede referirse a defectos en el producto que el cliente no aceptaría.

Este enunciado no busca dar una solución de inmediato; más bien se enfoca en cuestiones fundamentales como:

- ¿Qué está fallando?
- ¿Dónde está ocurriendo el problema?
- ¿Desde cuándo pasa esto?
- ¿Qué tan amplio es el impacto?

Además, los **objetivos del proyecto** deben estar alineados con el problema y ser específicos sobre el punto exacto en que se considera un éxito. Una vez identificadas las posibles causas raíz, se pasa a las siguientes fases.

Para analizar y entender mejor el proceso, se utilizan herramientas prácticas como:

- **SIPOC**: Este diagrama identifica a los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes del sistema, mostrando cómo los aportes iniciales se transforman en productos entregados.
- **Mapa de flujo de valor**: Representa gráficamente los pasos del proceso y ayuda a identificar desperdicios o cuellos de botella.
- **CTQ (*Critical to Quality*)**: Este árbol desglosa las características más críticas de un proceso, permitiendo priorizar lo que realmente agrega valor, como en un proceso de corte y pelado de cables.

#### 2.2.1.1.2 Medir

La fase de medición en el ciclo DMAIC se enfoca en evaluar cómo funciona el proceso actual y en destacar la magnitud de los problemas. Básicamente, aquí se recopilan datos clave para entender el estado del sistema. Antes de profundizar, es importante aclarar algunos términos fundamentales:

- **Unidad:** Es un producto o artículo específico dentro del proceso.
- **Defecto:** Un error en el producto ocasionado por problemas en el proceso.
- **Oportunidad:** Las partes del proceso donde existe el riesgo de que ocurra un defecto.

Para que los datos recopilados sean útiles, es esencial que el proceso de medición sea estandarizado y consistente. Esto incluye establecer un plan de recolección de datos que tenga cinco pasos básicos:

1. Definir claramente los objetivos de la recolección de datos.
2. Asegurarse de que todos entiendan las definiciones y métodos utilizados.
3. Validar que la medición sea repetible, precisa, estable y reproducible.
4. Completar el proceso de recolección.
5. Analizar y documentar los resultados obtenidos.

Un ejemplo práctico sería realizar un **estudio de tiempos** en el proceso de manufactura de cables. Si la empresa no cuenta con datos previos, se genera una base de datos inicial que sirva como referencia para la toma de decisiones. Esta información ayuda a medir el desempeño y detectar áreas de mejora.

El tercer paso del plan de recolección, validar el sistema de medición, es crucial. Esto implica evaluar cuatro aspectos:

- **Repetibilidad:** Si el mismo equipo da resultados consistentes en múltiples mediciones.

- **Reproducibilidad:** Si distintos operadores obtienen resultados similares usando el mismo equipo.
- **Precisión:** Determinada por la diferencia entre el promedio medido y el valor estándar.
- **Estabilidad:** Consistencia de un operador usando el mismo equipo durante un periodo prolongado.

#### 2.2.1.1.3 Analizar

En la fase de análisis del ciclo DMAIC, el objetivo principal es responder a la pregunta: "**¿Qué está causando el problema?**". Aquí se identifican y validan las causas raíz a través de un enfoque estructurado y herramientas específicas. En este punto, la clave no es implementar soluciones, sino comprender completamente el origen del problema para resolverlo de manera efectiva.

##### 2.2.1.1.3.1 Pasos principales en esta fase:

- **Lluvia de ideas sobre posibles causas raíz:**
  - Se exploran todas las razones posibles detrás del problema, y se desarrollan hipótesis para explicarlo. Estas hipótesis luego se verifican con datos y análisis.
- **Herramientas para el análisis del proceso:**
  - **Análisis de tiempos:** Compara el tiempo efectivo de trabajo con los tiempos muertos o de espera en el proceso.
  - **Análisis de valor agregado:** Evalúa cada paso desde el punto de vista del cliente, identificando qué agrega valor real y qué no. Esto suele

complementarse con herramientas como el diagrama **CTQ (Critical to Quality)**.

- **Mapeo de flujo de valor:** Combina los datos del proceso con un análisis de los pasos que agregan valor, destacando desperdicios y áreas de mejora.
- **Visualización de datos:** Los números se transforman en gráficos claros para comunicar hallazgos. Ejemplos comunes son diagramas de Pareto, histogramas y gráficos de cajas.
- **Diagrama de espina de pescado (Ishikawa):**
  - Esta herramienta organiza las causas del problema en seis categorías: persona, método, máquina, ambiente y material. Funciona bien junto con la técnica de los “**Cinco por qué**”, donde se pregunta reiteradamente "¿por qué?" hasta llegar a la causa raíz.
- **Otras técnicas de análisis:**
  - **Benchmarking:** Se comparan métodos y prácticas con los líderes del sector para identificar mejoras.
  - **Eliminación de suposiciones:** Cuestiona ideas preconcebidas sobre el problema, generando nuevas perspectivas.
  - **Lluvia de ideas creativa y modificada:** Herramientas como la técnica de grupo nominal (útil en temas polémicos) o enfoques alternativos como la canalización o la anti-solución ayudan a generar y priorizar ideas.

En esta fase, las herramientas y técnicas no solo identifican problemas ocultos en el sistema, sino que también permiten generar claridad y consenso dentro del equipo.

Todo esto prepara el terreno para la fase de mejora, asegurando que las soluciones futuras ataquen directamente las causas reales y no solo los síntomas.

#### 2.2.1.1.4 Implementar

La fase de Implementación en el DMAIC (también conocida como la etapa de "Mejorar"), se centra en diseñar e implementar soluciones basadas en las causas raíz identificadas previamente en el análisis. Aquí es donde realmente se pone en marcha el plan para optimizar procesos y resolver problemas. Te explico cómo llevarla a cabo con un enfoque práctico y directo, ideal para estudiantes de ingeniería industrial:

- Desarrolla un plan de acción:

Crea un plan que detalle las soluciones a implementar, asignando responsables, recursos y cronogramas claros. Usa herramientas como diagramas Gantt o *software* de gestión de proyectos.

Ejemplo: Si estás automatizando un proceso de corte de cables, define qué máquinas se adquirirán, las configuraciones requeridas y los ajustes al diseño de producción.

- Realiza pruebas piloto:

Antes de extender los cambios a todo el sistema, realiza una implementación a pequeña escala para validar la efectividad de las mejoras. Esto permite detectar problemas inesperados sin afectar toda la operación.

Ejemplo: Testea una máquina automatizada en una línea específica antes de integrarla al proceso completo.

- Capacita al personal:

Involucra a los operarios y supervisores en el cambio mediante capacitaciones específicas. Esto reduce la resistencia y asegura un uso adecuado de las nuevas herramientas.

Ejemplo: Entrena a los operadores en el mantenimiento básico de las nuevas máquinas de corte.

- Monitorea y ajusta:

Establece indicadores clave (KPI) para medir el impacto de los cambios. Evalúa si las soluciones están cumpliendo los objetivos establecidos.

Herramientas útiles: Diagramas de Pareto y análisis de tiempo-costo para validar mejoras.

#### 2.2.1.1.5 Controlar

La fase de control en el ciclo DMAIC es crucial para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo. Aquí, el problema ya está resuelto y se están monitoreando las soluciones para verificar su efectividad. Además, se establece un plan de respuesta por si las cosas no salen como se esperaba.

##### 2.2.1.1.5.1 Actividades clave en esta fase:

#### 1. **Monitoreo y seguimiento:**

- a. Se crean indicadores o métricas clave para medir si los nuevos procesos están funcionando según lo planificado. Esto puede incluir reportes

regulares, gráficos de control o auditorías internas para evaluar el desempeño.

## 2. Documentación del proceso mejorado:

- a. Todo lo que se ha cambiado o añadido al proceso debe estar bien documentado. Esto incluye actualizar los mapas de procesos, crear listas de verificación con pasos claros y estandarizar nuevos procedimientos. La documentación debe ser simple, clara y accesible para todos los involucrados, lo que facilita su adopción.

## 3. Visibilización del lugar de trabajo:

- a. Una herramienta poderosa en esta fase es el sistema **5'S**, que asegura que los espacios de trabajo estén organizados, limpios y funcionales. Esto incluye:
  - i. **Clasificar**: Eliminar lo innecesario.
  - ii. **Ordenar**: Acomodar lo esencial de manera eficiente.
  - iii. **Limpiar**: Mantener un ambiente impecable.
  - iv. **Estandarizar**: Asegurar que todos sigan el mismo orden y prácticas.
  - v. **Sostener**: Garantizar que las mejoras se mantengan con el tiempo.
- b. También se puede usar etiquetado visual y señalización en el área de trabajo para reforzar las nuevas prácticas, lo que reduce errores y mejora la eficiencia.

#### 2.2.1.1.5.2 Beneficios de esta fase:

El objetivo principal de la fase de control es prevenir la regresión del proceso a su estado anterior. Una documentación adecuada, combinada con herramientas de monitoreo y organización, garantiza que las mejoras se integren completamente en la cultura del equipo o empresa, dejando las bases sólidas para el crecimiento continuo.

### **2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto**

Con este proyecto se busca realizar cambios positivos en las estaciones de manufactura que desarrollan los procesos de corte y pelado de cable, de forma que se pueda lograr la productividad esperada en base al cumplimiento del "OTD". Los múltiples factores serán analizados cuidadosamente, empezando por la capacidad de los procesos establecidos, posteriormente la calidad del personal, recorridos, demanda, distribución de planta y tiempos. El estudio de cada uno de estos factores es para llegar a obtener las herramientas necesarias y lograr una solución al problema.

Los logros que se buscan realizar con este proyecto a corto plazo y mediano plazo es combatir y darle solución a las limitantes que se presentan en la producción, tales como desperdicios, NCR's. A largo plazo se prevé mejorar y expandir la capacidad de los procesos a realizar en la producción.

### **2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes**

El proyecto realizado por Rodríguez Padilla, (2022), en la empresa AB Tecnología, más específicamente, en el departamento de operaciones. Dicha empresa se encarga de la instalación de fibra óptica para los importantes proveedores de servicio en el

país. La problemática surge a raíz del incumplimiento de los contratos en el tiempo establecido.

El proyecto tiene como objetivo el análisis y mejoramiento de la productividad por medio de un plan SMART (*specific, measurable, attainible, relevant, timely*), como herramienta para garantizar el cumplimiento y la trazabilidad de las mejoras al proceso.

El proyecto realizado por Haida Badilla, (2022), en la empresa *Boston Sientific*, más específicamente, en el departamento de operaciones. Dicha empresa en la línea “B” donde se manufactura el catéter *Intellamap Orion* presenta problemas en el proceso “P”. La problemática surge a raíz de la meta establecida al departamento de producción.

El proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad del proceso en un 7%, mediante la utilización de la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, implementar y controlar), para el proceso P de la línea de producción B de subensamble.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Desde el comienzo de la producción de la empresa Gener8 Costa Rica trabaja bajo el requerimiento del departamento de planeación, este planeamiento presenta una sección llamada “OTD”, pero las entregas de los productos finales mes a mes no llegan a un 100% de cumplimiento por lo que siempre se envía los productos a destiempo, esto genera descontento por parte de la alta gerencia ya que no se está logrando la meta establecida de un 95% de entregas a tiempo.

Las condiciones actuales no se han mejorado por lo que sigue siendo igual que desde que abrió operaciones, pero es evidente que existen limitaciones las cuales reducen la capacidad del sistema a valores de producción inferiores a los esperados.

A continuación, se adjunta el diagrama de proyecto:

***Figura 5*** Diagrama de proyecto

Proyecto:	Dueño:
<p data-bbox="240 268 386 304"><b>Antecedentes</b></p> <p data-bbox="240 325 532 346">Este problema ha generado No Conformidades.</p> <p data-bbox="240 367 755 399">El departamento de Ingeniería junto con el de producción están en busca de generar mayor eficiencia en los procesos de manufactura</p> <p data-bbox="240 426 454 457"><b>Planteamiento del problema</b></p> <p data-bbox="240 468 803 573">El mayor problema en la manufactura es el proceso de corte y pelado de cables durante la producción. Afecta la calidad y genera costos adicionales por retrabajos y retrasos en la entrega. También causa desperdicio de materiales, impactando en los costos y la eficiencia. Corregir errores requiere tiempo extra, afectando la programación y causando potenciales retrasos en las entregas acordadas, lo que afecta la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa</p>	<p data-bbox="820 275 966 306"><b>Condición Objetivo</b></p> <p data-bbox="820 325 1372 378">Mejorar el proceso de corte y pelado de las ordenes de producción mediante la aplicación de la metodología DMAIC con el fin de mejorar el rendimiento del OTD y productividad en un 3%.</p> <p data-bbox="820 426 966 457"><b>Estado Ideal</b></p> <p data-bbox="820 493 1372 535">Optimización de tiempos y recursos en el proceso de pelado y corte de cable, en el cual no se generen desperdicios, retrabajos ni No Cumplimientos de los requerimientos.</p>
<p data-bbox="248 611 516 642"><b>Condición Actual: ¿Qué? y ¿Por qué?</b></p> <p data-bbox="240 663 803 945">           ¿Por qué no se tiene un proceso de corte y pelado de cables en estado ideal?            R/ Porque el proceso no cuenta con una base para definir el punto de partida a nivel de métricas.            ¿Por qué el proceso no cuenta con una base para definir el punto de partida a nivel de métricas?            R/ Por todavía no se ha planteado el problema a nivel de alta gerencia.            ¿Por qué no se ha planteado el problema a nivel de alta gerencia?            R/ Porque el proceso es muy manual y depende de las habilidades motoras de los colaboradores.            ¿Por qué el proceso es muy manual y depende de las habilidades motoras de los colaboradores?            R/ Porque no se ha considerado la automatización del proceso de corte y pelado de cables.            ¿Por qué no se ha considerado la automatización del proceso de corte y pelado de cables?            R/ Porque la transferencia de los procesos se contemplaron a como operan hasta el día de hoy.         </p>	<p data-bbox="820 611 1047 642"><b>Plan de Implementación</b></p> <p data-bbox="820 663 1372 861">           Por medio de la metodología DIMAC se va a abordar el problema para así llegar a una posible solución, alcanzar el estado objetivo.             Se va a realizar toma de tiempos del proceso de corte y pelado de cables para generar una base de una posible métrica.             Se va a realizar un diagrama SIPOC, flujo de procesos y CTQ para determinar los puntos claves del tema en cuestión.             Se va a realizar un análisis de los costos de los cables que se producen junto con su demanda.         </p>

Fuente: Elaboración Propia

En la imagen anterior se presentan los pasos a seguir en el presente proyecto, así como una posible causa raíz del porque se tiene la condición actual en el proceso de corte y pelado de cables.

Seguidamente se va a adjuntar un diagrama SIPOC:

**Figura 6 SIPOC**

Proveedor	Entradas	Procesos		Salidas	Clientes	
Bodega	Cables	Requerimientos	<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Corte[Corte y palado de cables]     Corte --&gt; Fin([Fin])           </pre>	Cables cortados y precortados.	Requerimientos	La siguiente operación de manufactura
Departamento de manufactura	Cortadoras de cables eléctricos. Reglas.	Herramientas en buen estado y funcionamiento			Que el largo y el precorte del cable cumplan con lo especificado en el plano.	
Planning	Documentación de la orden	Toda la documentación necesaria para la manufactura del lote				

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se van a detallar los datos colocados anteriormente:

Proveedores: Los proveedores encargados de abastecer el proceso de corte y pre-corte de cables son el departamento de bodega, el mismo departamento de manufactura y el departamento de planeación.

Entradas: Las entradas del proceso de corte y pre-corte de cables son los materiales en este caso los cables que se necesitan transformar para su siguiente proceso, las cortadoras de cables eléctricos y reglas, estas proporcionadas por el mismo departamento de manufactura, ya que son requeridas para que el colaborador pueda realizar su proceso; y por último la documentación requerida para realizar el proceso de manufactura, el paquete de documentos está compuesto por el DHF, Limpieza de línea y cualquier nota o desviación que le aplique al producto que se va a manufacturar.

Proceso: En esta etapa se necesitan que los materiales sean los requeridos por los planos (dibujos del producto final donde indica lo que se debe hacer, los materiales que se necesitan, entre otros), que las herramientas a utilizar estén en buen estado ya

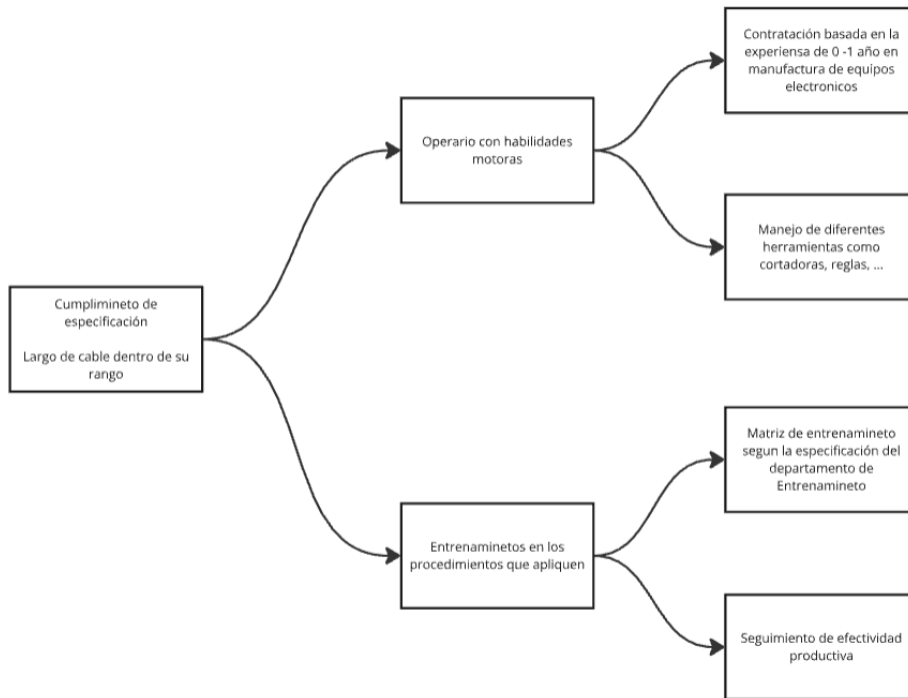
que pueden afectar los puntos críticos del producto final, y la documentación que da un paso a paso de lo que debe tomar en cuenta el colaborador que va a realizar la actividad del corte y pre-corte del cable; en este punto se importante aclarar que el proceso de corte y pre-corte del cable es el primer paso del proceso por lo que en la imagen anterior se presenta un diagrama de flujo que contempla el proceso que se va a abordar en el presente trabajo.

Salida: Esta sección es donde ya se tienen los cables cortados y pre-cortados, en cumplimiento con los requerimientos del cliente.

Clientes: Esta es la última parte del SIPOC donde nos presenta que el cliente de este proceso es la siguiente operación de manufactura, la cual va a revisar el cumplimiento de los requerimientos del material para seguir con sus actividades.

También se realizó un diagrama CTQ para comprender los puntos críticos del proceso de corte y pre-corte de cables:

***Figura 7 CTQ***



Fuente: Elaboración Propia

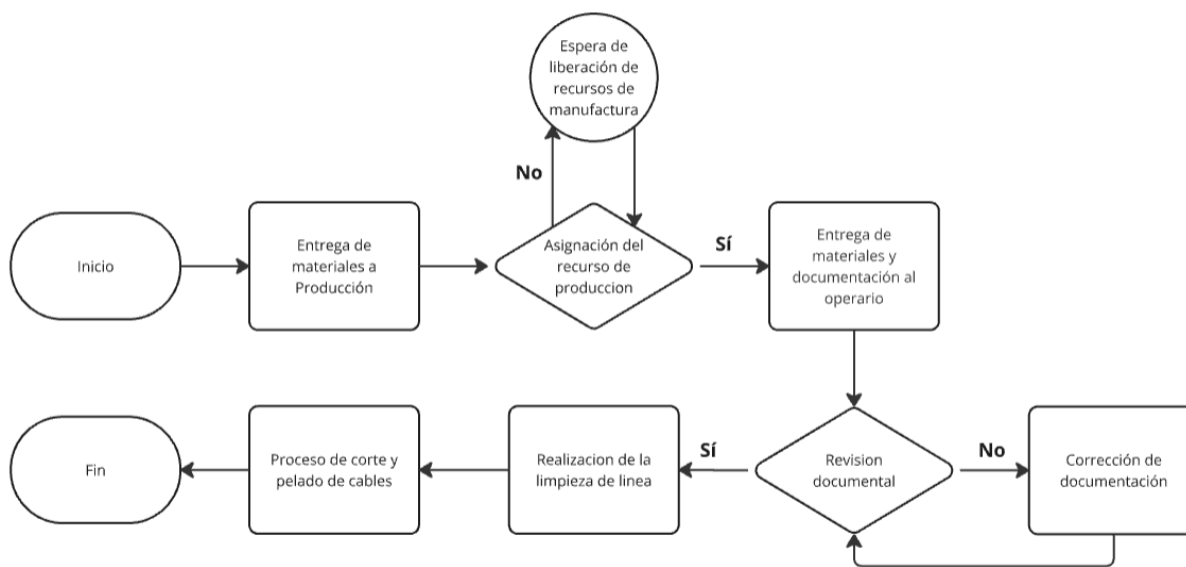
Se puede observar en base a la información recopilada que los puntos críticos en el proceso de corte y pre-corte de cables son:

- Contratación basada en la experiencia de 0 - 1 año en manufactura de equipos electrónicos; esto se debe a que la principal producción de la compañía es de dispositivos electrónicos, por lo que se solicita que tengan conocimientos previos para disminuir la curva de aprendizaje.
- Manejo de diferentes herramientas como cortadoras, reglas, entre otros; esto es indispensable ya que son las herramientas que los operarios van a utilizar en sus actividades diarias.
- Matriz de entrenamiento según la especificación del departamento de Entrenamiento; esto porque cada familia de dispositivos que se

manufacturan tiene diferentes grados de complejidad al momento de realizar el ensamble.

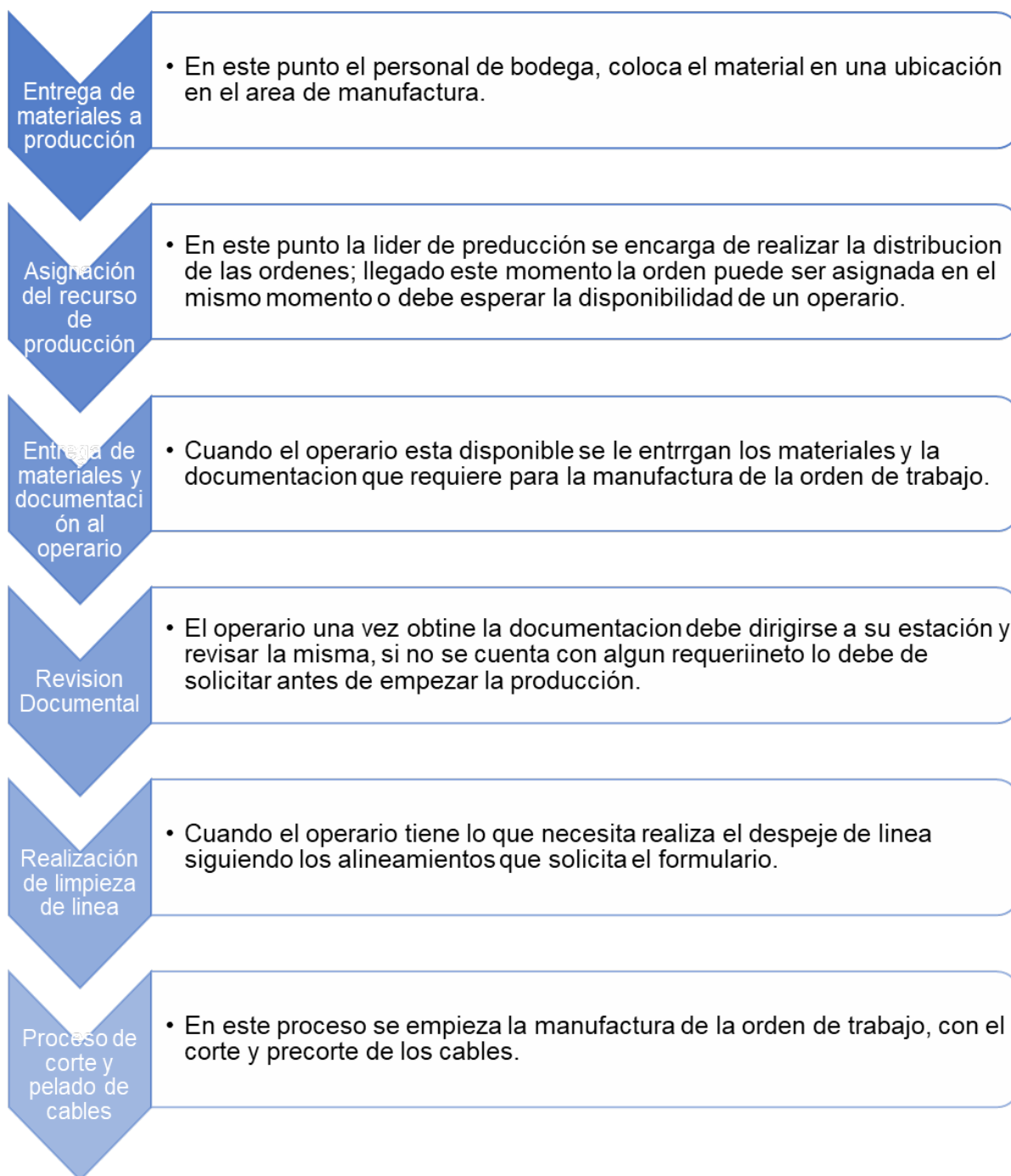
- Seguimiento de efectividad productiva; esto es fundamental para poder controlar el proceso y tomar decisiones que impacten de forma positiva el flujo de trabajo.

**Figura 8** Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se va a detallar en proceso hasta que llega a la operación de corte y pre-corte:

**Figura 9** Flujo del proceso

Fuente: Elaboración Propia

## 3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO

En la siguiente etapa se obtuvo la información por medio de algunas sesiones con el personal del área, esto con el fin de poder medir el problema, detallarlo, mediante las herramientas escogidas, a continuación, les mostraremos las siguientes herramientas que serán utilizadas.

**Tabla 1** Actividades y herramientas para la Etapa de Medición

Actividad	Herramienta	
Medición	Ishikawa	Se realiza una lluvia de ideas, para llenar cada punto del Ishikawa.
Medición	Medición de tiempos	Ayudará a tener una base y así presentar un punto de partida en la toma de decisiones.

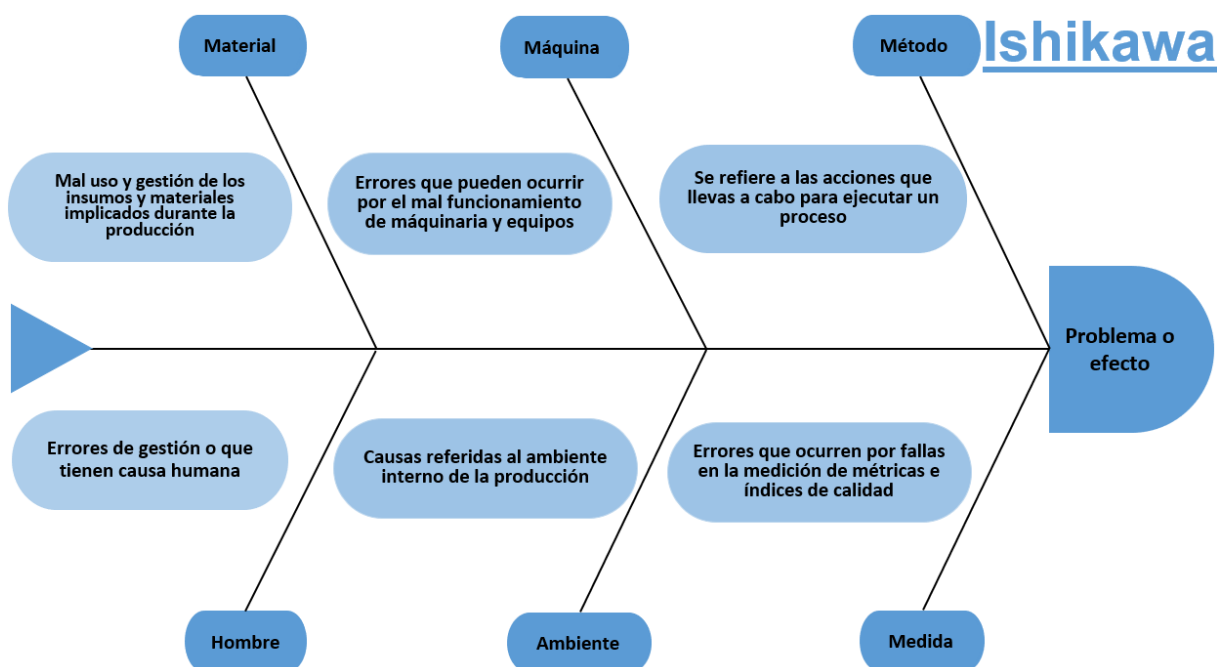
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.1 Diagrama de Ishikawa

El Ishikawa se realizó mediante una lluvia de ideas con el equipo de trabajo involucrado, encargado de ejecutar las tareas y funciones del área estudiada, en donde tomamos en cuenta la maquinaria, método, medio ambiente, materiales, mano de obra y medición, también con la información extraída de los NCR que se han generado por problemas de largos de los cables. Esta herramienta nos va a ayudar a

identificar una posible causa raíz del problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución del proceso, además ayuda a organizar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno, pero no las identifica y no proporciona respuestas a preguntas.

**Figura 10** Ejemplo de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2 Toma de tiempos

En base a la planificación de la compañía, se tomó tiempos a los diferentes números de parte que se manufacturaron en el periodo de ejecución del presente proyecto. Esta base de datos nos va a ayudar a generar un punto de partida para conocer el proceso actual y poder generar ideas que nos ayuden a optimizar tiempo, personal y recursos.

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCION O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

La siguiente etapa es la tercera del proceso de DMAIC donde se analizarán los datos obtenidos, para determinar las causas que afectan el proceso y conocer las oportunidades de mejora que se originan para para obtener el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

*Tabla 2 Actividades y herramientas para la Etapa Analizar*

Actividad	Herramienta
Análisis de datos	Ishikawa, 5 "por qué"

Fuente: Elaboración Propia

La metodología por utilizar para el desarrollo de la propuesta de mejora va a ser el Ishikawa y análisis 5 “por qué”. Esto porque al utilizar el Ishikawa se van a obtener datos los cuales van a guiar a encontrar la posible causa al porque no se logra la meta de producción. También se va a desarrollar el análisis de 5 “por qué” a los datos recopilados en el Ishikawa, esto para dar una verificación y determinación de la causa raíz.

Durante el desarrollo del análisis, hay que tener en cuenta las normas ISO 9001 y 13485 esto sin dejar de lado los requerimientos solicitados por el cliente. Al ser una manufactura por contrato no se pueden realizar cambios al producto o el proceso de ensamble ya que se requiere la aprobación del cliente para ejecutar las mejoras.

Lo anterior porque lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se controla. Lo que no se controla no se puede mejorar.

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

Aunque esta fase Mejora puede ser la más difícil, es también uno de las más agradables. La fase Analizar proporciona las posibles causas de los problemas. Ahora, en la fase de Mejorar se puede determinar nuevas soluciones innovadoras de mejora. La mayoría de los casos de pruebas de procesos básicos y la simulación proporcionan grandes logros en esta etapa. Posteriormente, luego de revisar detenidamente los resultados obtenidos hasta ahora en el proyecto, se ha identificado la actividad crítica que necesita mejorar la productividad en el proceso de corte y pre-corte de cables.

La mejora verifica el trabajo realizado en la fase de análisis a través de las propuestas de acción y la realización de estas propuestas. Se diseña, se prueba y se implementa la solución propuesta.

En esta fase de Mejora, en el equipo de ingeniería estamos planeando soluciones específicas que erradiquen todas aquellas causas raíz del problema que impidan que el equipo de producción no este logrando llegar a la meta propuesta por la gerencia. Estas soluciones están pensadas para ir de la mano con los objetivos generales del proyecto.

El equipo de ingeniería trabajará pensando en cosas concretas, como la compra de un equipo para automatización del proceso, seguimiento a las mejoras y poner en

orden los procesos para que todos sigamos las mismas reglas. Con estas acciones, queremos lograr que el OTD pueda aumentar un 1% y no se genere desperdicios de tiempos ni materiales.

Estos pasos se integran de manera sinérgica para garantizar que las mejoras implementadas sean duraderas y contribuyan significativamente a la optimización de la productividad de corte y pre-corte de cables.

Para poder realizar con éxito la implementación del proyecto se debe tener control y claridad de los siguientes puntos:

Conocimiento previo del problema:

- Visitar la empresa para conocer el proceso de corte y pre-corte en el departamento de manufactura.
- Entrevistas: conversar con los colaboradores, para conocer más sobre los procesos actuales y las oportunidades de mejora que hay.
- Herramienta fácil de uso: Proponer una herramienta de mejora de uso fácil, donde fortalezca el proceso de corte y pre-corte de cables. Dentro de la metodología de DMAIC podemos encontrar en la fase de mejora, múltiples herramientas en el cual podríamos mencionar las siguientes:
  - *Kaizen*
  - *Kanban*
  - Diseño de experimentos
  - *VSM to-be*

- *Poka-yoke*
- Lluvia de ideas

Comunicación efectiva:

- Presentar las mejoras y explicar cómo beneficiarán a la organización.

Asesoramiento del personal:

- Diseñar un video tutorial o guía paso a paso del uso de la herramienta, garantizando el correcto uso de esta.

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

Esta etapa de control se aplica la utilización de DMAIC, esto para obtener el control en el área de fabricación del casis IRX, utilizando las herramientas necesarias de forma que se pueda lograr la cuota semanal establecida.

***Tabla 3*** Actividades y herramientas para la Etapa Analizar

Actividad	Herramienta
Controlar y mejorar las causas que están afectando el proceso	DMAIC Lluvia de ideas de todo el personal involucrados para localizar las causas que afectan el proceso

Fuente: Elaboración propia

En esta fase con ayuda de la herramienta de control de DMAIC nos ayudara a encontrar una posible solución, donde se pueda analizar el proceso y se pueda mejorar los procesos de producción.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ**

## **4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

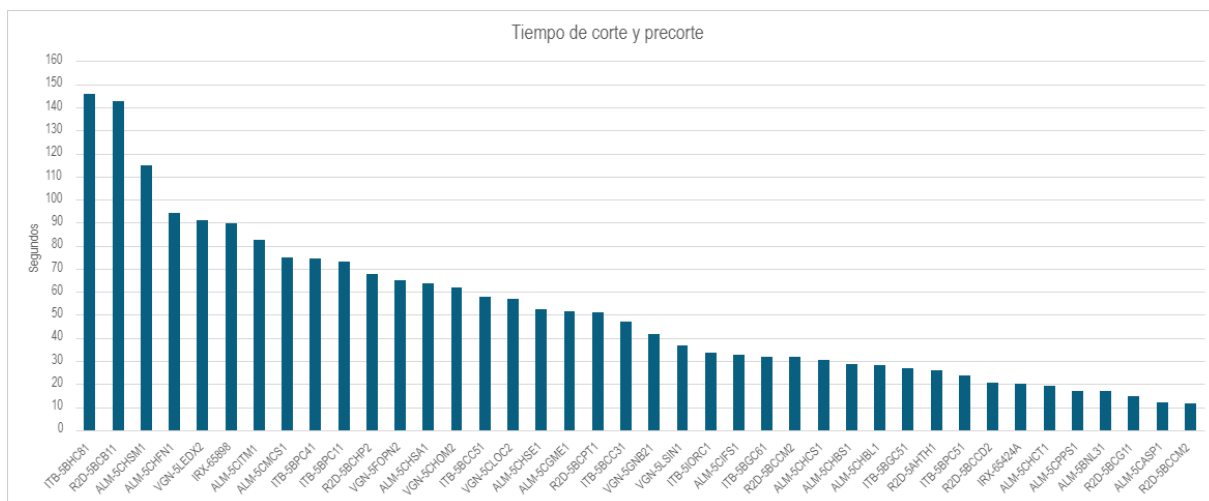
En esta sección del proyecto se desarrollarán las etapas de DMAIC, medir y analizar. Con el fin de dar respaldo de que efectivamente hay un problema el cual solucionar. Este problema se evidenciará y describirá con la ayuda de datos cuantitativos los cuales serán estudiados con el uso de herramientas ingenieriles que ayudarán a dar peso al problema por solucionar.

El problema actual se presenta en el proceso de corte y pelado de cables durante la ejecución de órdenes de producción, donde se generan informes de no conformidad, desperdicios directos de materiales que impactan negativamente en los costos de producción y la eficiencia operativa; la necesidad de tiempo adicional y recursos para corregir errores, afectando la programación de producción y generando retrasos en los tiempos de entrega. Actualmente, se desconoce la posible causa raíz que está ocasionando lo comentado anteriormente.

## **4.2 TOMA DE TIEMPO**

Se realizó una toma de tiempo de diversos cables para tener una base de datos, la cual va a ayudar a poder empezar a medir y controlar el proceso de corte y pre-corte de cables también, va a ayudar a determinar indicadores de productividad y eficiencia.

**Figura 11** Toma de tiempos



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar anteriormente en la gráfica de toma de tiempos, hay cables con una duración de 11.52 segundos y 145.62 segundos, dando un promedio de duración de 52.57 segundos con una desviación de 33.34 segundos, para la ejecución del corte y pre-corte de los cables, la cantidad de cables muestreados fue de 40 números de parte, no se logró muestrear más números de parte por la demanda actual que tiene la compañía.

Complementando la toma de tiempos, se realiza una investigación de los calibres de cables que se utilizan como materia prima, la muestra que se recolecto fue de 276 números de parte, a continuación, se adjunta tabla con la información y Pareto.

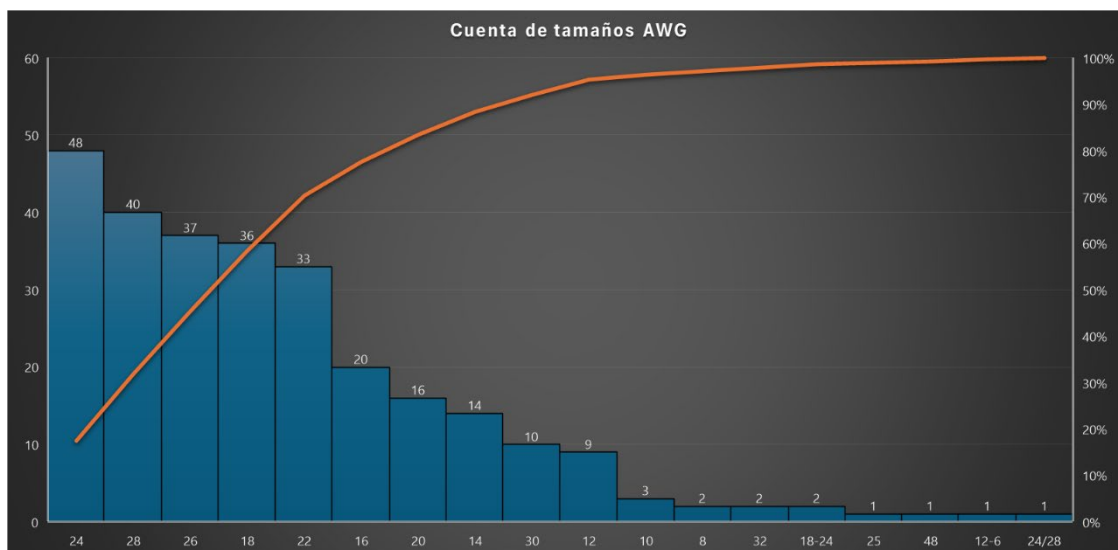
**Tabla 4** Grosos de cables

AWG	Cuenta	Porcentaje	Acumulado
24	48	17.391%	17.391%
28	40	14.493%	31.884%
26	37	13.406%	45.290%
18	36	13.043%	58.333%
22	33	11.957%	70.290%
16	20	7.246%	77.536%
20	16	5.797%	83.333%
14	14	5.072%	88.406%
30	10	3.623%	92.029%
12	9	3.261%	95.290%
10	3	1.087%	96.377%
8	2	0.725%	97.101%
32	2	0.725%	97.826%
18-24	2	0.725%	98.551%
25	1	0.362%	98.913%
48	1	0.362%	99.275%
12-6	1	0.362%	99.638%
24/28	1	0.362%	100.000%

Totales 276 100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Pareto



**Fuente:** Elaboración propia

Con el Pareto anterior se puede demostrar que con los primeros 7 tipos de calibres de cables (24, 28 y 26) ya obtenemos un 45.29% de la materia prima utilizada en la muestra de 276 números de partes que procesa la compañía.

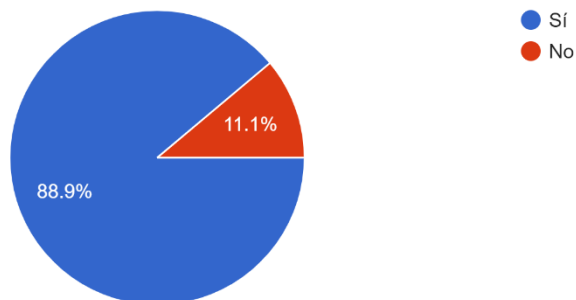
### 4.3 ENCUESTA

A continuación, se adjunta los resultados de la encuesta que se realizó al departamento de manufactura, esto para entender mejor las oportunidades de mejora que presenta el proceso de corte y pre-corte de cables.

**Figura 13** Pregunta 1

¿Usted presenta conocimiento en la interpretación de planos?

9 responses

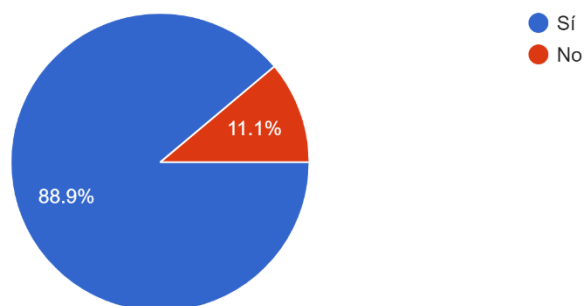


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 14** Pregunta 2

¿Cuenta con el entrenamiento requerido para la interpretación de planos?

9 responses

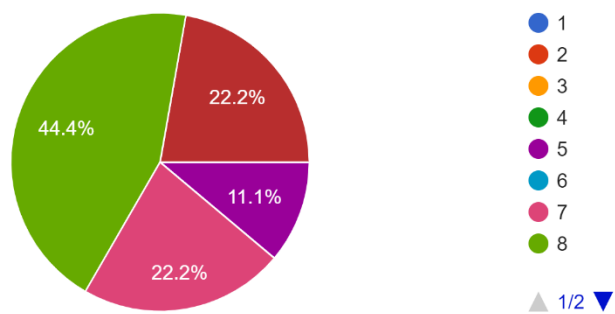


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15** Pregunta 3

Con los planos existentes ¿Qué tan comprensibles son para su interpretación? Donde 1 es el mas bajo 10 el mas alto

9 responses

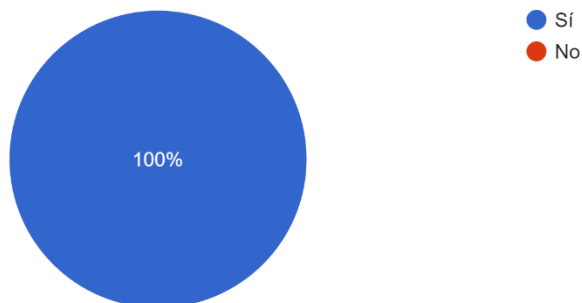


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 16** Pregunta 4

¿Cuenta usted con experiencia en el uso de las herramientas para hacer el proceso de corte y pelado de cables?

9 responses

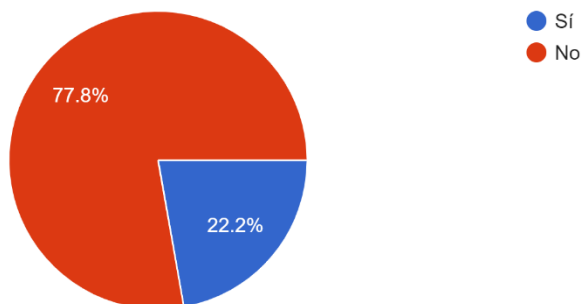


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 17** Pregunta 5

¿Necesita entrenamiento en el uso de las herramientas?

9 responses

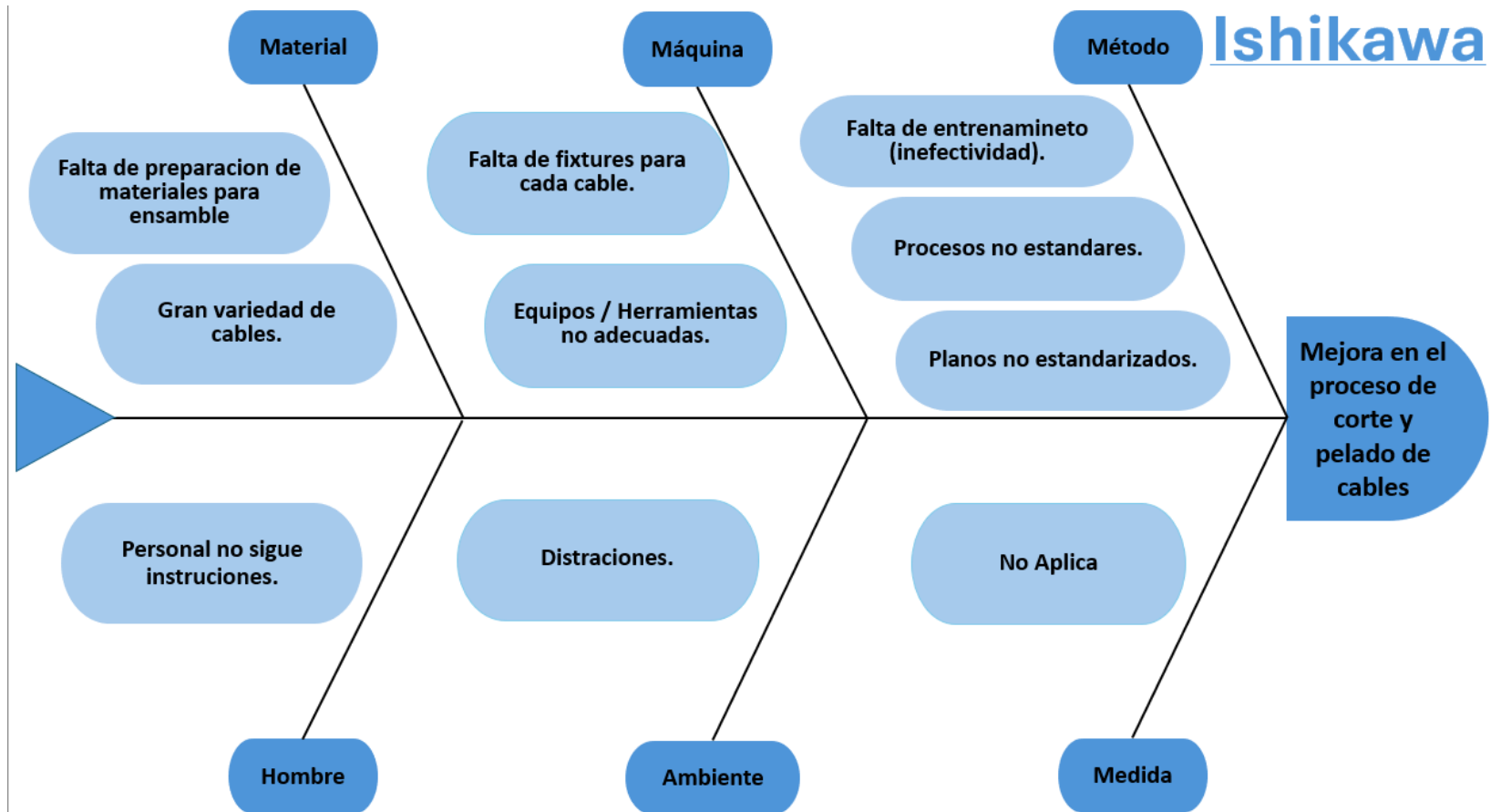


**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4 DIAGRAMA ISHIKAWA

Mediante el Diagrama de Ishikawa se gráfica los principales factores que influyen en la baja productividad de los funcionarios en el alisto de los pedidos, identificando las causas presentes y siendo agrupadas en categorías.

Figura 18 Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Como consecuencia del diagrama realizado se ejecutó un análisis de las 6 M para descartar causas y encontrar posibles causas raíz:

**Tabla 5** Desarrollo de Ishikawa

6M	Causa	Detalle	Conclusión
Hombre	Personal no sigue las instrucciones.	El personal de manufactura no sigue las instrucciones de los planos ni de las instrucciones de trabajo, lo cual conlleva al error de las unidades.	Factor contribuyente
Material	Falta de preparación de materiales para ensamble	Este punto se abordó con el fin de exponer que el material (cables) llegan en rollos y el personal de manufactura debe cortar lo que necesita, sin embargo, el departamento de bodega puede brindar el material ya cortado dependiendo del número de parte que se va a manufacturar.	Descartar
	Gran variedad de cables.	Esta variable queda descartada ya que a pesar de que se manufacturan diferentes números de parte, estos tienen sus propias instrucciones de ensamble.	Descartar

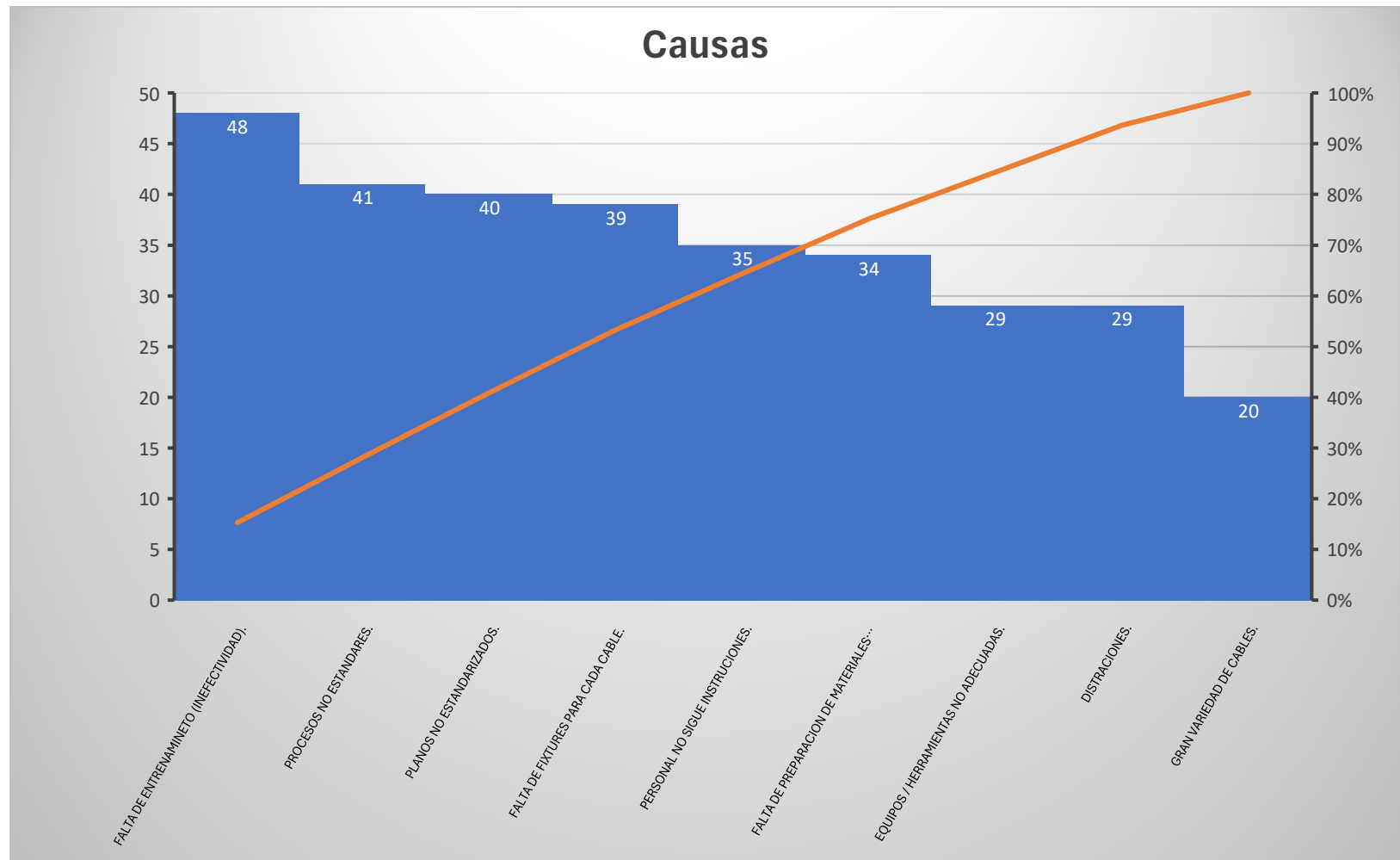
Método	Falta de entrenamiento (inefectividad).	Los operarios comentaron que, para las personas sin experiencia en la construcción de unidades, se les dificulta la lectura de los planos de desensamble, lo cual interrumpe el flujo del proceso. Además, se comenta que las instrucciones no son claras. También se observó por medio de las entrevistas que no todos los operarios se les facilita la interpretación de los planos con los que trabajan.	Posible causa raíz
	Procesos estándares.	Durante las caminatas y entrevistas se observa que no todos los operarios trabajan de la misma forma, esto no porque no hay un paso a paso detallado de cómo se debe construir un cable, por lo que se deja a la libre el cómo el operario quiere manufacturar el producto final.	Posible causa raíz

	Planos estandarizados.	Se denota una gran variedad en los diseños de los planos, donde se tienen planos simples de interpretar y otros no con un grado mayor de complejidad. Actualmente los encargados de realizar los planos cuentan con al menos 4 programas diferentes para realizar los mismos.	Posible causa raíz
Medida	No aplica	No se detectaron condiciones de medición, por lo cual queda descartado.	Descartar
Ambiente	Distracciones	En las caminatas se observó que los operarios son distraídos por diferente tipo de requerimientos, ya sea por otro personal de producción, del departamento de calidad o del departamento de ingeniería, estas distracciones logran que los operarios dejen de hacer sus actividades para enfocarse en otras.	Factor contribuyente

	Falta de fixtures para cada cable.	En este momento no se cuenta con fixturas o plantillas que ayuden de manera visual o con un método pasa/falla en el producto final.	Factor contribuyente
Máquina	Equipos / Herramientas no adecuadas.	Durante las caminatas y entrevistas con los colaboradores, se observa que las herramientas utilizadas son las adecuadas y requeridas por el proceso; por lo tanto, esta causa queda descartada.	Descartar

#### 4.5 MULTIVOTO

En relación con los puntos anteriores se realizó un multivoto para entender mejor en donde se encuentra la prioridad desde el punto de vista del departamento de manufactura e ingeniería.

**Figura 19 Pareto de causas**

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica anterior las principales causas expuestas en el 20% son la falta de entrenamiento (inefectividad) y procesos no estándares, lo que va de la mano con los planos no estandarizados.

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## 5.1 ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO

Este capítulo tuvo desarrollo referente al proceso de DMAIC, en los capítulos de implementar y controlar y como base se toma el capítulo anterior.

Este proyecto el cual está en estudio se logró identificar causas tomadas como prioritarias y las cuales son referentes al capítulo anterior.

A continuación, se recomendarán 2 propuestas enfocadas en las siguientes causas:

**Tabla 6** Propuestas

Propuestas	Causa
Propuesta #1	Plan de contingencia
Propuesta #2	Procesos no estándares y Falta de preparación de materiales para ensamble.

### 5.1.1 Propuesta # 1

En esta sección se abordará el plan de contingencia que fue implementado debido a un aumento en las No Conformidades relacionadas con errores en la interpretación de planos en el departamento de manufactura. Estos errores generaron desperdicios y reprocesos, afectando tanto la productividad como la calidad del producto final. Además, se identificó una falta de entrenamiento efectivo como posible causa raíz de estos problemas.

El objetivo principal del plan de contingencia fue mejorar la precisión en la interpretación de planos técnicos y reducir significativamente los errores y desperdicios que provocan No Conformidades. Para ello, se implementó un programa de entrenamiento estructurado dirigido a operarios y técnicos del departamento de manufactura, garantizando que pudieran leer, interpretar y ejecutar correctamente las tareas según los planos proporcionados. En el caso de que se presenten nuevas contrataciones, el departamento de ingeniería junto con el de manufactura deben dar dicho entrenamiento; estos documentos se encuentran en un disco compartido que funciona como base de datos de la compañía.

### Evidencia de Ejecución del Plan:

**Figura 20** Formulario de entrenamiento

GENER8		Training Forms					
Doc No.	CR-TMP-00001	Rev	1	Date	03-Oct-2022	Page 1 of 1	
Group Training Record Form							
Date:	Training Topic: Entrenamiento sobre lectura de planos				Trainer Name: David González		
21 May 2024	Procedure Title, Number and Revision: N/A DG 21 May 2024				Trainer Signature: David González		
Training Participant Information							
Print Name	Signature	Department	Supervisor/Manager				
Sharon Aguilar		Producción	Fausto Chau.				
Jorge Ortega Torres		Producción	Fausto Chavarria.				
Gratell Annetta h		Producción	Fausto Chavarria.				
Erick Rivas		Producción	Fausto Chavarria.				
Angie Novaro		Producción	Fausto Chavarria				
Sebastian Fernandez Ortiz		Producción	Fausto Chavarria				
A DG 21 May 2024							

**Figura 21** Formulario de entrenamiento

<b>gener8</b>	<b>Training Forms</b>					
	Doc No.	QF-00003	Rev	6	ECO	019741

**Group Training Record Form**

<b>Date:</b> 24/Jun/24	<b>Training Topic:</b> Refreshment of drawing reading	<b>Trainer Name:</b> Humberto Sequeira Jiménez
	<b>Procedure Title, Number and Revision:</b> Refreshment of drawing reading / N/A	<b>Trainer Signature:</b> HSequeira.008 24/Jun/2024

Training Participant Information			
Print Name	Signature	Department	Supervisor/Manager
Sharon Aguilar	S.Aguilar.002/25 Jun 2024	Producción	Fausto Ch
Jose Daniel Aguilar Padilla	J.Aguilar.006 25-Jun-2024	Producción	Fausto Chavarria
M <sup>rs</sup> Fernando Quezada	M. Quezada.024 25 Jun. 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Sebastián Fernández Ortiz	S.Fernandez.014 25 Jun 2024	Producción	Fausto Chavarria
Geettel Anabela Leiva	G Anabela.056 - 25 Jun 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Ange Navarro Quiros	A.Navarro.060 - 25 Jun - 2024	Producción	Fausto Ch.
Jorge Ortega Torres	J.Ortega.058 - 25 Jun 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Erick Rivas Q.	ERivas.043 25-Jun-2024	Producción	Fausto Chavarria.
Kembly Calderón C	KCalderon.004 25 Jun 2024	Producción	Fausto Chavarria
HSequeira.008 25/Jun/2024	N/A		

**Figura 22** Formulario de entrenamiento

<b>GENER8</b>	<b>Training Forms</b>					
	Doc No.	CR-TMP-00001	Rev	1	Date	03-Oct-2022

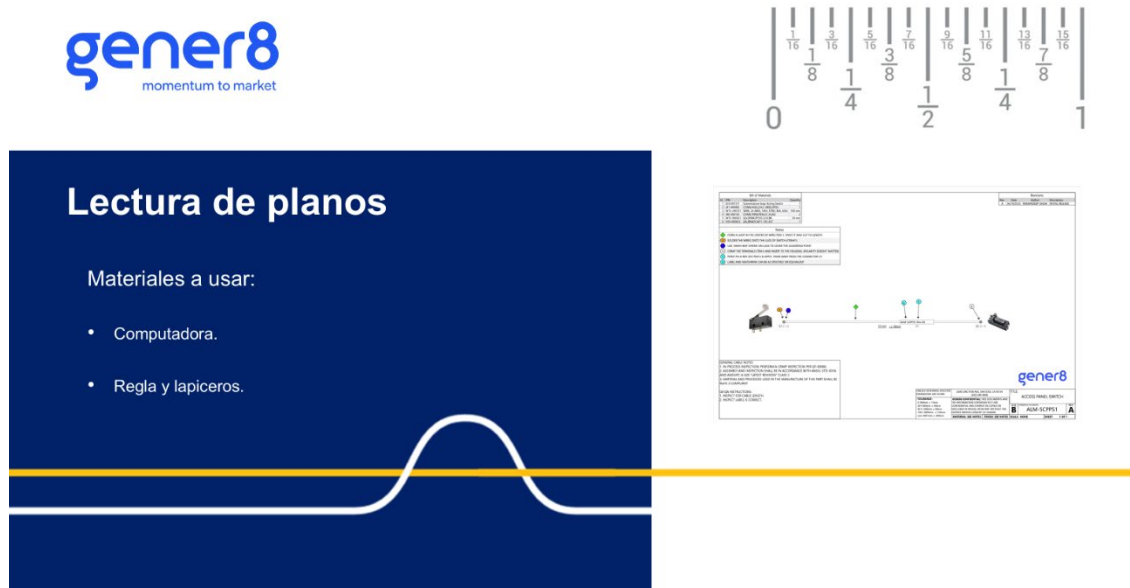
**Group Training Record Form**

<b>Date:</b> 26/Sep/2024	<b>Training Topic:</b> Training for reading drawings	<b>Trainer Name:</b> Humberto Sequeira
	<b>Procedure Title, Number and Revision:</b> Training for reading drawings/ N/A	<b>Trainer Signature:</b> HSequeira.008 27/Sep/2024

Training Participant Information			
Print Name	Signature	Department	Supervisor/Manager
Deidamia Vayas Vayas	D.Vayas.068 24 set 2024	Producción	Fausto Chavarria
Danny Alvarado E	DAlvarado.033 27 Sep 2024	Quality	Eddy Fallos.
Erick Rivas Q.	ERivas.043 27-sep-2024	Producción	Fausto Chavarria.
Sebastián Fernández Ortiz	S.Fernandez.014 27/Sep/2024	Producción	Fausto Chavarria.
Dinia Badillo Badillo	D.Badillo.066 - 27 sep 2024	Producción	Fausto Chavarria
David Jiménez C.	DJimenez.014 - 27 sep 2024	Quality	Eddy Fallos
Azlene Gómez Gombora	A.Gombora.8 - 27 Sep 2024	Producción	Fausto Chavarria
Kembly Calderón C	KCalderon.004 27 set 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Geettel Anabela Leiva	G Anabela.056 - 27 Sep 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Jorge Ortega Torres	J.Ortega.058 - 27 Sep 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Ana Ramirez Cortés	A.Ramirez.061 27 sep 2024	Producción	Fausto Chavarria.
Ange Navarro Quiros	A.Navarro.060 27 Sep 2024	Producción	Fausto Chavarria

1. En la primera imagen, se muestra al Ingeniero David González realizando una sesión de refrescamiento el 21 de mayo del presente año con los colaboradores del departamento de manufactura.
2. La segunda imagen evidencia una segunda sesión de entrenamiento, llevada a cabo el 24 de junio 2024 por el Ingeniero Humberto Sequeira. En este punto, el departamento de manufactura ya contaba con más colaboradores.
3. La tercera imagen muestra el último entrenamiento del año, impartido por el Ingeniero Humberto Sequeira el 26 de septiembre 2024. Este entrenamiento se enfocó en profundizar en los diferentes tipos de planos que maneja la compañía. A continuación, se adjuntan algunas imágenes de la presentación impartida, limitadas debido a la confidencialidad de la información.

**Figura 23** Filmina de presentación de entrenamiento



**Figura 24** Filmina de presentación de entrenamiento

## Práctica

- Cable de largo 8"  $\pm 0.7$ " ¿Cuántas líneas representan ese  $\pm 0.7$ "?
- Cable de largo 10"  $\pm 0.3$ " ¿Cuántas líneas representan ese  $\pm 0.3$ "?
- Cable de largo 4"  $\pm 0.4$ " ¿Cuántas líneas representan ese  $\pm 0.4$ "?
- Cable de largo 9"  $+0.15/-0.6$ " ¿Cuántas líneas representan ese  $+0.15/-0.6$ "?

gener8

### *Figura 25 Filmina de presentación de entrenamiento*

#### Notas generales

- En caso de que la primera pieza no cumpla con las especificaciones finales se debe notificar al departamento de ingeniería y calidad para que se tomen acciones.
- Todos los cables producidos deben cumplir los criterios de IPC-A-620, a no ser que existan notas especiales que indiquen lo contrario en la WI general o el plano.
- En caso de dudas acerca de como interpretar las medidas de un drawing llamar a Calidad e Ingeniería para tomar un decisión en conjunto.

gener8

#### 5.1.2 Propuesta # 2

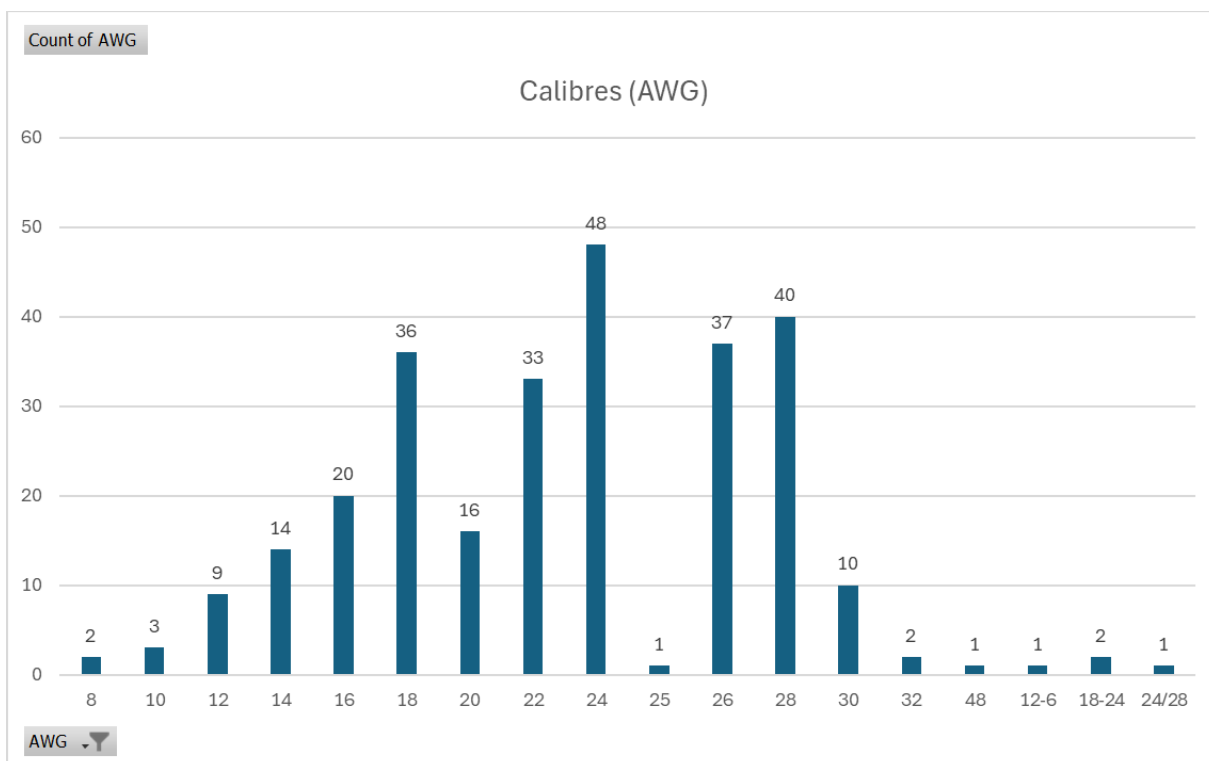
Lo que se pretende obtener con esta propuesta es una automatización, si bien el hecho que Bodega en lugar de pasar los rollos de cables para que Manufactura procese lo que necesita y el resto lo devuelva, va en dirección de que bodega ya entregue el material cortado con las cantidades que la orden de trabajo necesita para realizarse.

Lo que no se desea es pasar el proceso de corte y pre-corte a bodega, ya que, este departamento solo se encarga de abastecer las estaciones de trabajo con el material que requiera, sin embargo, se puede tener una máquina la cual este programada en relación a los números de parte con su revisión, esto para que solo se cargue el material a la máquina, se seleccione el número de material, en este punto una máquina realizaría el proceso de corte y pre-corte de las unidades y, por último el personal de bodega entregaría el material a manufactura para que empiecen su proceso.

Con esta propuesta se espera la eliminación del proceso de corte y pre-corte en el departamento de manufactura lo cual conlleva a una eliminación de los tiempos, mano de obra y desperdicios de materiales. También, nos ayuda a la estandarización del proceso y la implementación de un método "Poka-yoke".

Los diámetros de cables que procesa la empresa van de los 8 – 48 AWG con una moda de 24 AWG. En este punto hay que retomar la información recolectada en el capítulo anterior del estudio de los calibres de cables.

***Figura 26 Calibres de cables***



**Fuente:** Elaboración propia

La máquina que se recomienda para automatizar el proceso de corte y pre-corte de cables es la siguiente:

- *Cut & Strip Family E300 de Schleuniger*

Esta máquina tiene una amplia aplicación a nivel de cables a procesar, los cables que la misma permiten van de los 36 – 8 AWG.

Los materiales que procesa son: Cable plano multi-conductor, alambre, alambre sólido, cable sencillo, cable plano, hule, cable, cable discreto, cable con filamentos, cables con aislante especial, tubos + canaletas y cable plano con aislante.

**Figura 27** *Cut & Strip Family E300 de Schleuniger*



Fuente: (Schleuniger, 2024)

Entre las ventajas de implementar esta máquina tenemos:

- Alta precisión: Garantiza cortes y desforres exactos, minimizando errores y desperdicio de material.
- Automatización del proceso: Ahorra tiempo al reducir la necesidad de intervención manual, mejorando la productividad.
- Versatilidad: Compatible con varios tipos y tamaños de cables, lo que es útil si manejan diferentes tipos de productos.
- Fácil programación: Permite ajustar configuraciones para cortes repetitivos, con memoria para distintos parámetros de trabajo.
- Seguridad: Al ser un proceso automatizado, reduce los riesgos de accidentes laborales.

El tiempo de "set up" varía dependiendo de la complejidad del cable y los ajustes necesarios, pero toma aproximadamente entre 5 y 15 minutos. Esto incluye la

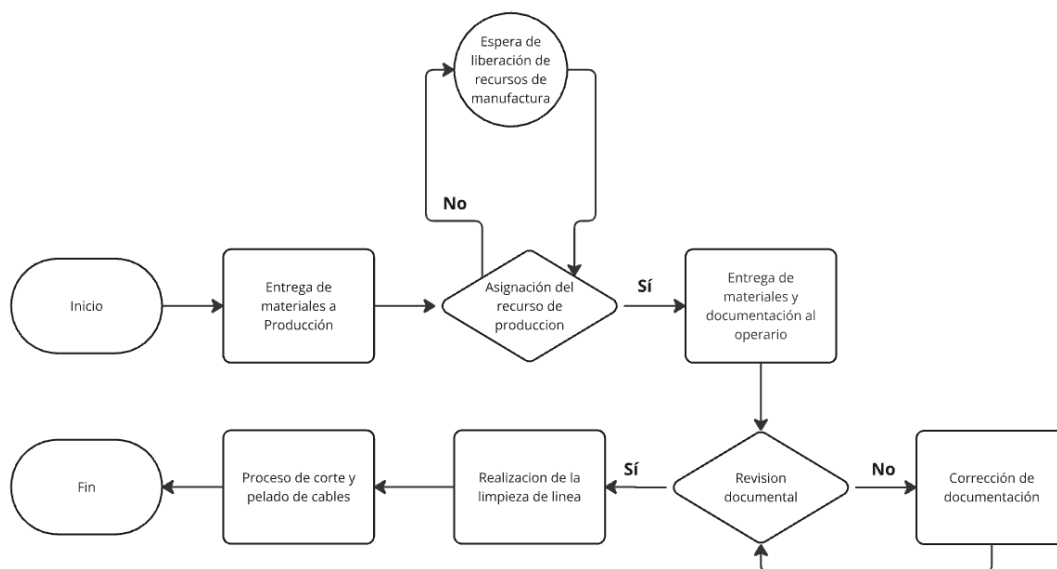
configuración de los parámetros de corte y desforre, como el largo del cable, la profundidad del corte, el tipo de desforre y cualquier otra configuración específica.

En cuanto a la velocidad de corte, esta máquina es muy eficiente y puede realizar entre 4,000 y 6,000 cortes por hora, dependiendo del tipo y tamaño del cable, así como de las configuraciones específicas de corte y desforre. Este rango puede variar si se están realizando operaciones más complejas, como el desforre en varios pasos o con cables más gruesos.

El valor de adquisición de este equipo es de \$12.995 (ver cotización en anexos, Figura 39 Cotización de máquina *Schleuniger*) y viene con una inducción para el personal que va a manipular el equipo por parte del fabricante, lo que va a proporcionar un entrenamiento especializado, esto para lograr una eficiencia y eficacia en el uso del tiempo y los recursos.

A continuación, se adjunta un diagrama del proceso actual:

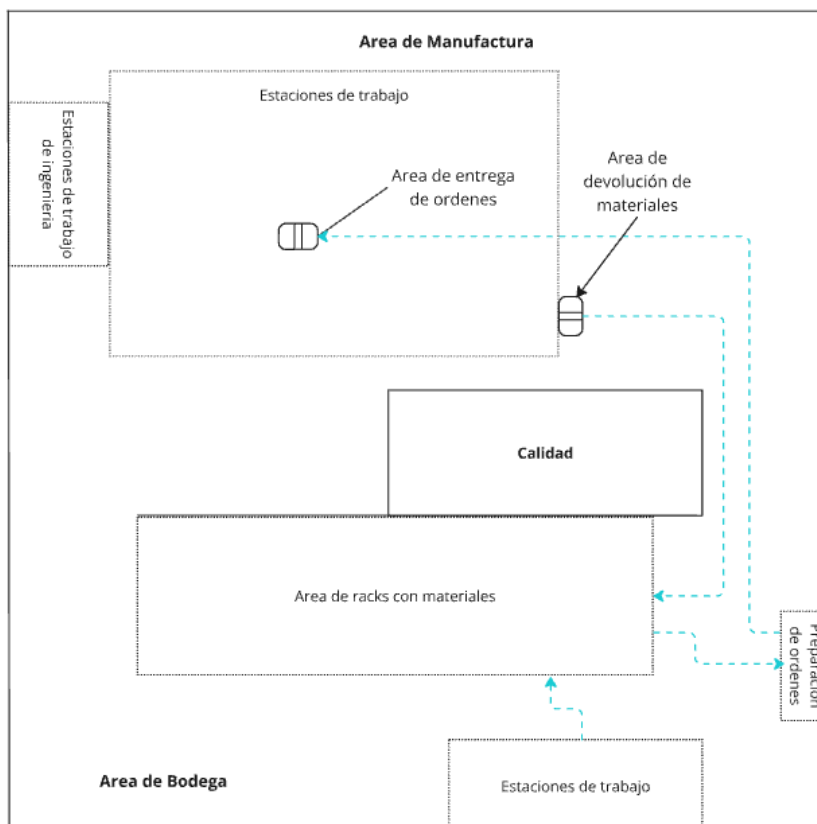
**Figura 28** Diagrama de flujo



**Fuente:** Elaboración propia

Este proceso fue explicado en el capítulo III, sección 3.1; también se adjunta in diagrama de movimiento actual:

**Figura 29** Diagrama de movimientos

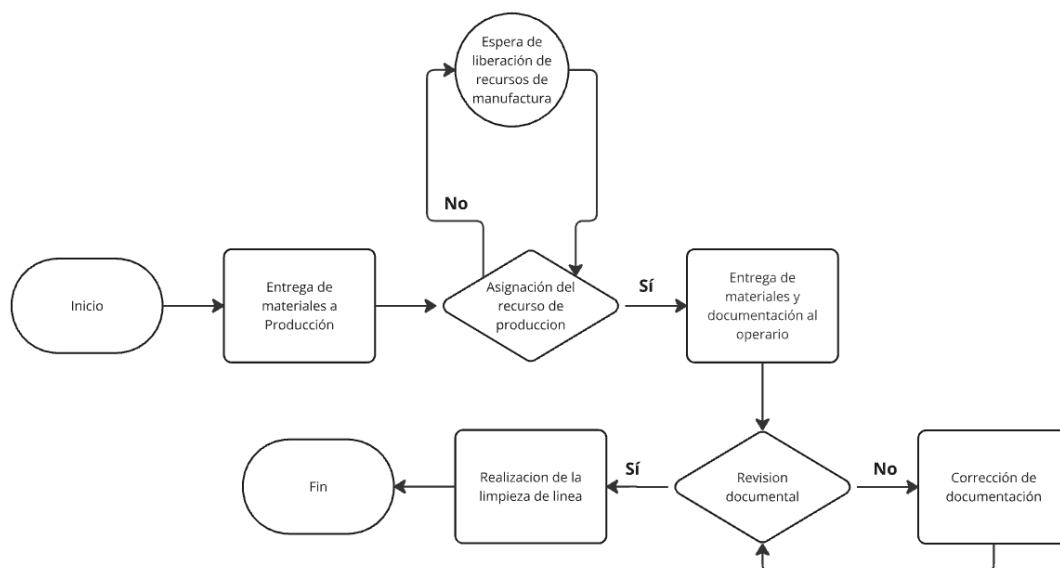


**Fuente:** Elaboración propia

En el diagrama anterior se muestra como el proceso del personal de bodega donde tienen que ir a entregar al área de manufactura los materiales y luego ir a recoger los sobrantes de material (cables) para volver a almacenar en los *racks*.

Con la implementación de la máquina el diagrama de flujo quedaría como se muestra a continuación:

**Figura 30** Diagrama de flujo propuesto

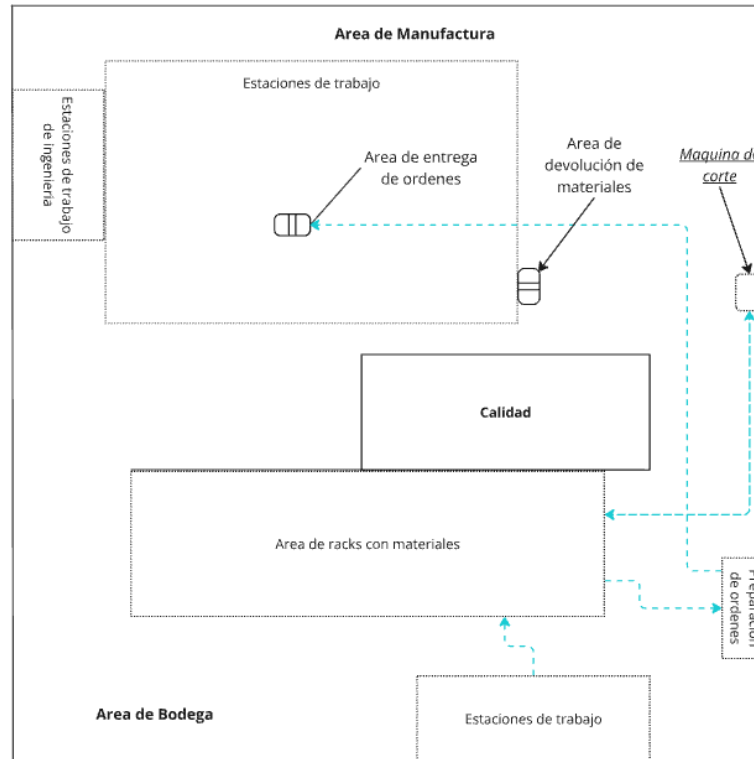


**Fuente:** Elaboración propia

En el diagrama anterior se observa la eliminación del proceso de corte y pre-corte, ya que el material de esta actividad viene preparado al proceso de producción el cual, empezaría por las siguientes actividades a la de corte y pre-corte.

También se adjunta como quedaría el nuevo diagrama de movimientos con la mejora implementada:

**Figura 31** Diagrama de movimientos propuesto



**Fuente:** Elaboración propia

Como se muestra el transporte por devolución de materiales (cables) quedaría eliminado, se agrega el transporte de la bodega a la máquina y viceversa esto, ya que la máquina alimenta el inventario de bodega para que entreguen a producción los materiales completos y eliminando los desperdicios por el proceso de corte y pre-corte.

A continuación, se adjunta el cambio que se genera comparando el proceso manual (actual) y el proceso automatizado (máquina), para esta comparación se seleccionaron 15 números de parte y se colocó el escenario en el cual se dura más tiempo en la máquina (esto basados en las especificaciones dadas por el fabricante del equipo).

**Figura 32** Comparación de tiempos

Numero de PN	Proceso manual (actua)				Proceso automatizado			Reducción	
	Tiempo en segundos	Tiempo en minutos	Cantidad de cables por orden	Tiempo total de la operacion en min	Tiempo set up	Tiempo de procesamiento en min	Tiempo total de orden en min	Tiempo en min	Porcentaje
ITB-5BHC81	145,62	2,43	40	97,08	15	0,02	15,80	81,28	83,72%
R2D-5BCB11	142,62	2,38	40	95,08	15	0,02	15,80	79,28	83,38%
ALM-5CHSM1	114,63	1,91	40	76,42	15	0,02	15,80	60,62	79,33%
ALM-5CHF1	94,32	1,57	40	62,88	15	0,02	15,80	47,08	74,87%
VGN-5LEDX2	91,13	1,52	40	60,75	15	0,02	15,80	44,95	73,99%
IRX-65898	89,75	1,50	40	59,83	15	0,02	15,80	44,03	73,59%
ALM-5CITM1	82,59	1,38	40	55,06	15	0,02	15,80	39,26	71,30%
ALM-5CMCS1	74,72	1,25	40	49,81	15	0,02	15,80	34,01	68,28%
ITB-5BPC41	74,41	1,24	40	49,61	15	0,02	15,80	33,81	68,15%
ITB-5BPC11	72,98	1,22	40	48,66	15	0,02	15,80	32,86	67,53%
R2D-5BCHP2	67,82	1,13	40	45,21	15	0,02	15,80	29,41	65,05%
VGN-5FOPN2	65,23	1,09	40	43,48	15	0,02	15,80	27,68	63,66%
ALM-5CHSA1	63,56	1,06	40	42,37	15	0,02	15,80	26,57	62,71%
VGN-5CHOM2	61,80	1,03	40	41,20	15	0,02	15,80	25,40	61,65%
ITB-5BCC51	58,00	0,97	40	38,66	15	0,02	15,80	22,86	59,14%

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior las reducciones de tiempo son mayores al 50% dando un ahorro en tiempo y recursos lo cual impacta de manera positiva la eficiencia, por consiguiente, se logra el objetivo principal del proyecto de investigación.

Realizando un análisis para saber el tiempo de retorno de inversión se tienen los siguientes datos:

- Costo de la máquina: \$ 13.000
- Lotes producidos por semana 31
- Costo promedio de la operación actual: \$ 700
- Costo proyectado de la operación automatizada: \$ 600
- Costo proyectado de mantenimiento mensual: \$ 200

Con los datos anteriores podemos proyectar un tiempo de retorno a continuación, se muestran los cálculos:

- Ahorro por lote con la automatización: \$ 700 - \$ 600 = \$ 100
- Ahorro semanal: 31 lotes x \$ 100 = \$ 3,100

- Ahorro proyectado anualmente:  $\$ 3,100 \times 52 \text{ semanas} = \$ 161,200$
- Costo de mantenimiento semanal:  $\$ 200 / 4 = \$ 50$
- Ahorro semanal ajustado:  $\$ 3,100 - \$ 50 = \$ 3,050$
- Tiempo de retorno =  $\$13,000 / \$ 3,050 = 4.26 \text{ semanas}$

La implementación de la máquina demuestra ser una buena inversión debido al corto tiempo requerido para recuperar su costo. Con un ahorro semanal de \$3,050, considerando incluso el mantenimiento mensual de \$200, el retorno de inversión se estima en poco más de 4 semanas. Esto significa que, en menos de un mes y medio, la máquina ya estaría generando beneficios para la empresa.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

- La recolección y análisis de información permitió identificar varias causas raíz de los NCR, tales como procesos no estándares, falta de entrenamiento, carencia de fixturas para cables, entre otros. Estas causas fueron abordadas en la implementación de la máquina *Cut & Strip Family E300*, acompañada de mejoras en los procesos.
- Se realizó una toma de tiempos detallada en diferentes números de parte, lo que permitió generar una base de datos sólida sobre tiempos en proceso. Esta información fue entregada a la empresa para facilitar el análisis y la implementación de nuevas métricas de eficiencia.
- La automatización del proceso con la máquina *Cut & Strip Family E300* logró reducir los defectos relacionados con largos de los cables, minimizando costos asociados y garantizando un mejor cumplimiento de las especificaciones de los clientes.
- La implementación de la máquina incluyó la estandarización de la interpretación de planos y la capacitación de los colaboradores por parte del fabricante. Esto permitió disminuir significativamente el desperdicio de tiempo en consultas y de material en el proceso de corte y pelado de cables.
- La automatización del proceso, combinada con la integración de una metodología Poka-Yoke, logró un control eficiente sobre los desperdicios y los tiempos del proceso, minimizándolos al máximo. Además, la creación de un plan de contingencia mitigó la propagación de errores, asegurando la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

- La implementación de la máquina *Cut & Strip Family* E300 resultó en una mejora significativa en el rendimiento del OTD, superando el objetivo inicial del 1% y alcanzando un promedio de 70.42%. Este impacto positivo refuerza la importancia de la automatización en el cumplimiento de los plazos de entrega.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar fixtura o plantillas del cómo debe quedar el ensamble final, esto para dar una mayor guía a los colaboradores del cómo debe terminar el producto final.
- También se recomienda realizar una estandarización de los planos, para que los mismos sean mas comprensibles para los operarios que los utilizan.

## **ANEXOS**

**Figura 33 Perfil profesional**



(López Caba & Westreicher, 2022)

**Figura 34 Funciones de la Ingeniería Industrial**



(López Caba & Westreicher, 2022)

**Figura 35** Estaciones de trabajo



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 36** Estaciones de trabajo



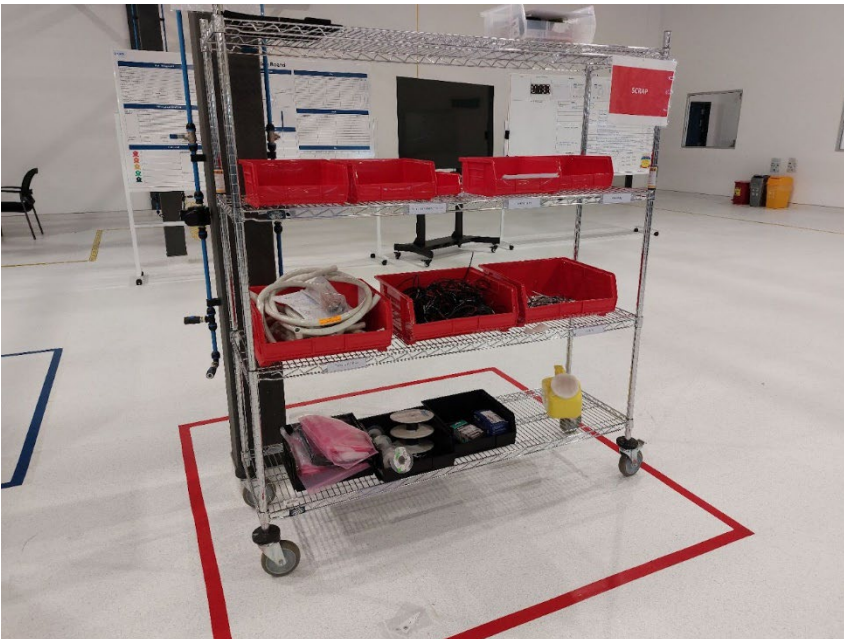
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 37** Imagen del piso de producción



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 38** Lugar de desecho de materiales



**Fuente:** Elaboración propia

Figura 39 Cotización de máquina Schleuniger



A KOMAX COMPANY

Schleuniger, Inc.  
North American Headquarters  
87 Colin Drive  
Manchester, NH 03103  
USA  
P: 1 (603) 668 8117  
F: 1 (603) 668 8119

To **Gener8 (Costa Rica)**  
**David Jimenez**  
**Free Zone La Lima**  
**Guadalupe, Cartago 30106**  
**Costa Rica**

QUOTE #	SCHQ42244	DATE:	10/21/24
	<b>FOB</b>	<b>PAYMENT TERMS</b>	<b>LEAD TIME</b>
	FCA ORIGIN	See Payment Terms Section @ Bottom of Quote	5-7 WEEKS ARO - SUBJECT TO CHANGE
QTY	DESCRIPTION	UNIT PRICE	TOTAL PRICE
1	CXM-E300 Cut and Strip Family E300	\$12,995.00	\$12,995.00
	 <p>Machine Includes: (1) Power Cord (1) USB Stick w/Manuals (1) 10.1-inch Monitor, w/USB-C cable connection (1) V-blade set (HSS), Installed (1) Set of Standard Transport Belts, Installed (1) Air Jet Ejector Kit, Installed (1) USB-B Interface (2) SMI Interface (1) SMI Converter for Peripherals (1 HS/PF and 1 PPI Interface) (1) Accessory Box (5) Swivel Guides (2,4,6,8,&amp; 10 mm) (1) Hex Wrench Set (1.5-5 mm) (1) 2.5 mm Allen Key with handle (1) Brush (1) Filter Pad 115 x 115 (1) Tool for belt replacement (1) Short-piece kit deflector plate (1) Short-piece kit steel rollers</p> <p>Basic setup and training included at no charge from local salesperson.</p>		
	MACHINE OPTIONS:		
0	CS0-4000U-R2	STRAIGHTENER, DUAL PLANE WIRE	\$547.00 \$0.00
0	CS5-400	STRGHTNER, SNGL PLN WIRE Q-LOK	\$722.00 \$0.00
0	CS5-410	WIRE STRAIGHTENER, Q-LOCK DUAL	\$1,337.00 \$0.00
0	CSA-463958	WIRE STRAIGHTENER VERT/HOR	\$1,267.00 \$0.00
0	ESP-401.7536	BLADE SET V CARBIDE	\$427.00 \$0.00
0	ESP-401.75XX	Radius V Blade Set - 0.4-5.0mm Radius - PROVIDE WIRE SAMPLES	\$377.00 \$0.00
0	CSR-665898	GUIDE HOLDER, EXIT	\$450.00 \$0.00
0	ESP-301.707X	GUIDE, INLET/EXIT (2mm-7mm In 1MM INCREMENTS, SIZE TO BE SPECIFIED)	\$100.00 \$0.00
0	EQR-9000	EQUIPMENT RACK (R)	\$1,700.00 \$0.00
0	EQR-9002	CASTER KIT (KIT 4)	\$99.00 \$0.00
0	CS1-305	*DRAWER,(2) FOR EQUIPMENT RACK	\$627.00 \$0.00
	MACHINE OPTIONS FOR NEW MACHINES, ONLY	FACTORY INSTALL ITEMS FOR NEW MACHINE PURCHASES, ONLY	
0	CSR-5001	JAM DETECTOR, FACTORY IINSTALL	\$2,680.00 \$0.00
	SPARE PARTS:		

The pricing on this quote is valid for 30 days. Prices shown are in USD.

Schleuniger processes personal data in accordance with the Schleuniger privacy statement available under: <https://www.schleuniger.com/na/en-us/legal-information-and-privacy-statement>. 1 of 3

QTY	DESCRIPTION	UNIT PRICE	TOTAL PRICE
0	CSR-5002	CONSUMABLE KIT, E300	\$830.00 \$0.00
0	CSR-5002 CONTENTS	CSR-5002 contains: (1) CSR-669980 - transport belt set (1) ESP-401.7535 - HSS v-blade set (1) PSP-639.0011 - Large Air Filter	\$0.00 \$0.00
0	CSR-669980	TRANSPORT BELT, NEOPRENE (SET)	\$684.00 \$0.00
0	ESP-401.7535	BLADE SET V HSS STD.	\$177.00 \$0.00
0	PSP-639.0011	FILTER, AIR (LRG) 115 X 115 MM	\$14.00 \$0.00
0	E300: 1-YR EXTENDED WARRANTY	One year extended warranty. Will begin after standard warranty expires.	\$1,300.00 \$0.00
0	E300: 2-YR EXTENDED WARRANTY	Two year extended warranty. Will begin after standard warranty expires. A 10% discount will apply to Extended Warranty purchased with a new machine. (Discounted Price: \$2,340)	\$2,600.00 \$0.00
0	E300: 3-YR EXTENDED WARRANTY W/BONUS YR	Three year extended warranty with 4th year FREE. Will begin after standard warranty expires, providing PEACE OF MIND for a FULL 5 YEARS. A 10% Discount will apply to Extended Warranty if purchased with a new machine. (Discounted Price: \$3,510)	\$3,900.00 \$0.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$12,995.00</b>

**Payment Terms**

All quoted pricing and deposit amounts are based on Schleuniger's terms & conditions.

Payment terms will be as follows (these terms are subject to credit approval):  
 Orders totaling less than \$50,000 USD = Net 30 days  
 Orders totaling more than \$50,000 USD = 20% deposit required with purchase order & balance due Net 30.

- Custom items, engineering charges, or modifications, will be noncancellable and nonreturnable.
- Deposit must be submitted when the PO is placed. Deposit is payable via check, ACH, or EFT (credit cards may be accepted if the deposit is less than or equal to \$25,000).

### Leasing Options

Schleuniger strives to find the best possible financing solution for your machine purchase. For US equipment leases, we partner with Apex Commercial Capital based in Fort Washington, PA. The following links will take you to their real time payment calculator and on-line application:

Payment Calculator: <https://www.elbtools.com/secure/calc.php?elbt=1331064021159>

On Line Application: <https://www.elbtools.com/secure/apply.php?elbt=1331064021159>

### Terms and Conditions

Please note that all purchases from Schleuniger, Inc. are subject to the Company's terms & conditions of sale, which describe important legal rights and obligations. Full details can be found here: <https://www.schleuniger.com/en-us/terms-and-conditions>  
 Spanish version here: <https://www.schleuniger.com/es/terminos-y-condiciones> You may request a copy of our Standard Terms & Conditions of Sales via fax, e-mail or mail by calling (603) 668-8117. Prices quoted do not include any applicable state and local taxes.

### Warranty Information

**Standard Warranty:** 12 Months (includes parts and labor) Excludes consumables (blades, belts, filters, etc.).

Please note: Any 3rd party products (i.e.: Inkjets, Wraptors, M100 Laser Markers, and Mercury 2 & 6, Gemini, Odyssey units, etc.) are not covered by or eligible for Schleuniger Extended Warranties. Schleuniger is currently offering a 10% discount off any extended warranty purchased for new or existing machines (some restrictions may apply). Additionally, please note extended warranty eligibility expires 5 years after the machine's date of manufacture, therefore, demo or used equipment may not be eligible for coverage. Please contact your inside salesperson for more information.

Schleuniger also offers other after-sale services such as Preventative Maintenance Contracts and In-house and on-site training seminars.

For additional information on these programs, please contact us or your local representative.

Thank you for your interest in Schleuniger's wire processing solutions. For additional information, please contact us or your local representative listed below.

Sincerely,

*Maria Estrada*

**P:**  
**E:** Maria.Estrada@schleuniger.com

### Salesperson / Representative:

Adrian Mendoza  
 ICMA  
 Owner

**C:** +524492383453  
**E:** adrian@icma-ingenieria.com

The pricing on this quote is valid for 30 days. Prices shown are in USD.

Schleuniger processes personal data in accordance with the Schleuniger privacy statement available under: <https://www.schleuniger.com/en-us/legal-information-and-privacy-statement> 3 of 3

**Fuente:** Departamento de ventas

## **CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA**

## Referencias

- Badilla, H. B. (16 de Noviembre de 2022). *Propuesta de mejora para aumentar la productividad en el proceso “p” de la línea de producción “b” de boston scientific para el tercer cuatrimestre del 2022.* Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/handle/123456789/7896>
- Ecreea. (5 de Octubre de 2022). *Ingeniería Industrial ¿Qué es y cuál es su campo laboral?* Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/ingenier%C3%ADa-industrial-qu%C3%A9-es-y-cu%C3%A1l-su-campo-laboral-ecreea-company/>
- Ensalado, V. (20 de Julio de 2022). *5 Cosas que no sabías del origen y la historia de la Ingeniería Industrial.* Obtenido de Unitec: <https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/cosas-que-no-sabias-del-origen-y-la-historia-de-la-ingeniera-industrial/>
- Gener8. (2023). *About.* Obtenido de <https://www.gener8.net/about/>
- Gestion de negocios. (s.f.). *Metodología DMAIC: ejemplo real, implementación y resultados.* Obtenido de Metodología DMAIC: ejemplo real, implementación y resultados: <https://negocioos.es/blog/metodologia-dmaic/>
- Google Maps. (18 de June de 2024). Obtenido de Google Maps: [https://www.google.com/maps/place/Gener8+Costa+Rica/@9.8676454,-83.9513813,15.91z/data=!4m6!3m5!1s0x8fa0e1ed8a0995d3:0xccf2194d3f316bf4!8m2!3d9.8647575!4d-83.9496819!16s%2Fg%2F11tkb8n5\\_0?authuser=0&entry=ttu](https://www.google.com/maps/place/Gener8+Costa+Rica/@9.8676454,-83.9513813,15.91z/data=!4m6!3m5!1s0x8fa0e1ed8a0995d3:0xccf2194d3f316bf4!8m2!3d9.8647575!4d-83.9496819!16s%2Fg%2F11tkb8n5_0?authuser=0&entry=ttu)

Gutarra Meza, F. (2015). *InTRoDucclón A LA InGENIERÍA InDuSTRIAL*. En F. Gutarra Meza, *InTRoDucclón A LA InGENIERÍA InDuSTRIAL* (1 ed., pág. 174). Universidad Continental.

International Lean Six Sigma. (9 de Agosto de 2024). *Optimización de Procesos con el Ciclo DMAIC*. Obtenido de Optimización de Procesos con el Ciclo DMAIC: <https://internationalleansixsigma.org/optimizacion-de-procesos-con-el-ciclo-dmaic/>

López Caba, D., & Westreicher, G. (01 de Junio de 2022). *Frederick Winslow Taylor*. Obtenido de economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/historia/frederick-winslow-taylor.html>

Rodríguez Padilla, G. (2023). *Propuesta de mejoramiento de la productividad para el proceso de instalación enlaces de última milla inalámbrica empresarial en el departamento de operaciones de AB Tecnología en Goicoechea, San José, en el periodo de enero a mayo del año 2022*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/handle/123456789/7717>

Schleuniger. (2024). *Cut & Strip Family E300*. Obtenido de Schleuniger: <https://www.schleuniger.com/en/products/cut-strip/cut-and-strip-family-e300/>

Vicerrectoría Educación Continua y Posgrados. (6 de 11 de 2024). *Cómo Implementar la Metodología DMAIC en tus Proyectos*. Obtenido de Cómo Implementar la Metodología DMAIC en tus Proyectos: <https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/c%C3%B3mo-implementar-la-metodolog%C3%ADa-dmaic-en-tus-proyectos>