

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INSPECCIÓN DE  
CALIDAD PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA  
EMPRESA ESTRUCTURAS CEM**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN EN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO  
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: JOHNNY RAMÍREZ CANTILLANO**

**TUTOR: ING. DENNIS ACÓN SIBAJA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
MARZO, 2025**

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	II
SOLICITUD DE DEFENSA .....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR .....	V
CARTA DE ENTENDIMIENTO .....	VII
CONTENIDO .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
DEDICATORIA.....	XV
AGRADECIMIENTOS .....	XVI
EPÍGRAFE .....	XVII
RESUMEN .....	XVIII
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 ANTECEDENTES .....	4
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	5
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	7
1.5 PROYECCIONES .....	10
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	10
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	10
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	12
2.1.1 <i>Organigrama</i> .....	12
2.1.2 <i>DMAIC</i> .....	12

2.1.3 Diagrama de flujo .....	13
2.1.4 Project Charter .....	14
2.1.5 FODA .....	15
2.1.6 Stakeholders .....	16
2.1.7 Datos históricos empresariales .....	17
2.1.8 Gráfico circular .....	18
2.1.9 Árbol CTQ .....	19
2.1.10 Sipoc .....	20
2.1.11 Lluvia de ideas .....	20
2.1.12 Diagrama de Ishikawa .....	21
2.1.13 Multivoto .....	22
2.1.14 Diagrama de Pareto .....	23
2.1.15 Inspección al 100 % .....	24
2.1.16 Análisis estadístico .....	24
2.1.17 Manual de inspección .....	25
2.1.18 Plan de capacitación .....	26
2.1.19 Poka-Yoke .....	27
2.1.20 Diagrama de Gantt .....	28
2.1.21 Presupuesto .....	29
<b>2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Visión/misión .....	30
2.2.2 Antecedentes históricos .....	31
2.2.3 Ubicación geográfica .....	32
2.2.4 Estructura organizacional .....	32
2.2.5 Cantidad de empleados .....	34
2.2.6 Tipos de productos .....	35
2.2.7 Mercado de exportación .....	35
2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....	35
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>38</b>
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	42
3.3.1 Sujetos de información .....	43
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	44
3.5 INSTRUMENTOS .....	47
3.5.1 Bitácora .....	47
3.5.2 Observación .....	47

3.5.3 Registros históricos .....	47
3.5.4 Entrevistas .....	48
3.5.5 Reuniones .....	48
3.5.6 Recorridos .....	48
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	48
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1 DEFINIR .....	54
4.1.1 Estructuras metálicas .....	55
4.1.2 Características de las estructuras de acero .....	55
4.1.3 Materiales desarrollados con acero en construcción .....	55
4.1.4 Estructura de acero principal y secundaria .....	56
4.1.5 Tipos de estructuras metálicas .....	56
4.1.6 Tipos de acero .....	58
4.1.7 Ventajas de la construcción con acero .....	60
4.1.8 Desventajas de la construcción con acero .....	61
4.1.10 La soldadura .....	62
4.1.10 Tipos de uniones soldadas .....	62
4.1.11 Principios básicos de la soldadura .....	63
4.1.12 Procesos de soldadura .....	65
4.1.13 Equipamiento de soldadura .....	66
4.1.14 Técnicas de soldadura .....	68
4.1.15 Inspección y control de calidad .....	70
4.1.16 Desafíos y problemas comunes .....	71
4.1.17 Organigrama del taller de Estructuras CEM .....	73
4.1.18 Plano de Estructuras CEM .....	74
4.1.19 Diagrama de recorrido entre estaciones de trabajo .....	77
4.1.20 Diagrama de flujo del Departamento de Producción por estación .....	79
4.1.21 FODA .....	83
4.1.22 STAKEHOLDERS .....	85
4.1.23 ÁRBOL CTQ .....	87
4.1.24 SIPOC .....	88
4.2 MEDIR .....	89
4.2.1 SITUACIÓN ACTUAL .....	89
4.2.2 INSPECCIÓN INICIAL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	94
4.3 ANALIZAR .....	99
4.3.1 LLUVIA DE IDEAS .....	99
4.3.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	100

4.3.3 MULTIVOTO.....	103
4.3.4 DIAGRAMA DE PARETO.....	104
4.3.5 DATOS DE INSPECCIÓN INICIALES.....	106
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>	<b>111</b>
5.1 MEJORAR .....	112
5.1.1 CONTRATACIÓN DE UN INSPECTOR DE CALIDAD .....	112
5.1.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE INSPECCIÓN .....	112
5.1.3 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL .....	130
5.1.4 SUPERVISIÓN .....	130
5.1.5 PROCEDIMIENTOS DE TALLER.....	131
5.1.6 CONCENTRACIÓN DEL COLABORADOR .....	132
5.1.7 POKA YOKE.....	132
5.1.8 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	132
5.1.9 RESULTADOS MINITAB .....	135
5.2 CONTROLAR.....	144
5.2.1 ACTIVIDADES POR EJECUTAR .....	145
5.2.2 DIAGRAMA DE GANTT.....	146
5.2.3 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	148
5.2.3 CÁLCULO DEL ROI .....	150
5.2.4 GRÁFICAS DE CONTROL.....	151
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>152</b>
CONCLUSIONES .....	153
RECOMENDACIONES.....	154
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>155</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>161</b>
APÉNDICE 1: PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA MEJORAR EL SENTIDO DE PERTENENCIA.....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área.....	33
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico .....	42
Tabla 4.1: Proyectos Estructuras CEM 2023.....	89
Tabla 4.2: Proyectos Estructuras CEM 2023 detalle de pérdidas.....	90
Tabla 4.3: inspección de calidad estación de corte .....	91
Tabla 4.4: inspección de calidad estación de soldadura.....	93
Tabla 4.3: Datos de inconformidades en estructuras producidas .....	103
Tabla 4.4: Datos de inconformidades estación de corte.....	104
Tabla 5.1: Datos de inconformidades después de implementación.....	132
Tabla 5.2: Datos de inconformidades estación de corte.....	134
Tabla 5.3: Datos de inconformidades estación de amado .....	136
Tabla 5.4: Datos de inconformidades estación de soldadura .....	138
Tabla 5.5: Datos de inconformidades estación de pintura.....	140
Tabla 5.6: Costos reestructuración.....	146
Tabla 5.7: Costos sierra y mesa.....	146
Tabla 5.8: Costos capacitación estación de corte.....	147
Tabla 5.9: Costos capacitación estación de soldadura.....	147
Tabla 5.10: Costos contratación inspector de calidad.....	148
Tabla 5.11: Costos total implementación.....	148

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ejemplo de Organigrama.....	12
Figura 2.2: Ejemplo de DMAIC.....	13
Figura 2.3: Ejemplo de Diagrama de Flujo .....	14
Figura 2.4: Ejemplo de Project Charter.....	15
Figura 2.5: Ejemplo de FODA.....	16
Figura 2.6: Ejemplo de Stakeholders.....	17
Figura 2.7: Ejemplo de datos históricos.....	18
Figura 2.8: Ejemplo de Gráfico circular.....	18
Figura 2.9: Ejemplo de Árbol CTQ.....	19
Figura 2.10: Ejemplo de SIPOC .....	20
Figura 2.11: Ejemplo de Lluvia de ideas.....	21
Figura 2.12: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.....	22
Figura 2.13: Ejemplo de Multivoto.....	23
Figura 2.14: Ejemplo de diagrama de Pareto.....	24
Figura 2.15: Ejemplo de análisis estadístico.....	25
Figura 2.16: Ejemplo de plan de capacitación .....	26
Figura 2.17: Ejemplo de Poka Yoke .....	27
Figura 2.18: Ejemplo de diagrama de Gant.....	28
Figura 2.19: Ejemplo de presupuesto.....	29
Figura 2.19: Mapa satelital de Estructuras CEM.....	31
Figura 2.20: Organigrama de Estructuras CEM.....	32
Figura 2.21: Proceso productivo de Estructuras CEM.....	34
Figura 3.1: DMAIC del proyecto .....	38
Figura 3.2: Project Charter del proyecto.....	41
Figura 3.3: Diagrama Gantt del proceso de tesis según universidad.....	46
Figura 3.4: Diagrama Gantt del proceso de tesis según investigador .....	46
Figura 3.5: Diagrama de flujo del proyecto.....	47
Figura 4.1: Organigrama de taller Estructuras CEM.....	70
Figura 4.2: Plano de Estructuras CEM.....	71
Figura 4.3: Diagrama de recorrido Estructuras CEM.....	73
Figura 4.4: Flujograma estación de corte .....	75
Figura 4.5: Flujograma estación de amado.....	76
Figura 4.6: Flujograma estación de soldadura.....	77
Figura 4.7: Flujograma estación de pintura.....	78
Figura 4.8: FODA Estructuras CEM.....	79
Figura 4.9: Stakeholders Estructuras CEM .....	82
Figura 4.10: Árbol CTQ Estructuras CEM.....	83
Figura 4.11: SIPOC Estructuras CEM .....	84
Figura 4.12: Desperdicio patio Estructuras CEM.....	86

Figura 4.13: Desperdicio patio Estructuras CEM.....	87
Figura 4.14: Desperdicio patio Estructuras CEM.....	88
Figura 4.15: inspección estación de corte Estructuras CEM.....	92
Figura 4.16: inspección estación de soldadura Estructuras CEM.....	94
Figura 4.17: inspección estación de soldadura Estructuras CEM.....	95
Figura 4.18 Diagrama de Ishikawa Estructuras CEM.....	96
Figura 4.19 Multivoto Estructuras CEM.....	99
Figura 4.20 Diagrama de Pareto Estructuras CEM.....	100
Figura 4.21 Grafica de control Minitab estación de corte.....	105
Figura 4.22 Grafica de control Minitab estación de soldadura.....	106
Figura 5.1 Lupa.....	109
Figura 5.2 Galga Cambridge.....	110
Figura 5.3 Calibrador.....	110
Figura 5.4 Linterna.....	111
Figura 5.5 Marcador.....	111
Figura 5.6 Transportador.....	112
Figura 5.7 Cinta métrica.....	112
Figura 5.8 Corte de estructura metálica.....	113
Figura 5.9 Amado de estructuras.....	114
Figura 5.10 Errores en soldadura.....	115
Figura 5.11 Pintura de estructura metálica.....	116
Figura 5.12 Reporte de inspección estación de corte.....	117
Figura 5.13 Reporte de inspección estación de amado.....	118
Figura 5.14 Reporte de inspección estación de soldadura.....	119
Figura 5.15 Reporte de inspección estación de pintura.....	120
Figura 5.16 Reporte de aceptación estación de corte.....	122
Figura 5.17 Reporte de aceptación estación de amado.....	123
Figura 5.18 Reporte de aceptación estación de soldadura.....	124
Figura 5.19 Reporte de aceptación estación de pintura.....	125
Figura 5.15 Grafica de control estación de corte.....	135
Figura 5.16 Grafica de control estación de amado.....	137
Figura 5.17 Grafica de control estación de soldadura.....	139
Figura 5.18 Grafica de control estación de pintura.....	141
Figura 5.19 Gráfico de Gantt de actividades.....	145
Figura 5.19 Gráfica de control.....	149

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, el creador de la vida y de todo lo que nos rodea.

En segundo lugar, a mi esposa, quien siempre me apoyó en la conclusión de mis estudios y cuyas palabras de aliento me ayudaron para seguir adelante a pesar de los inconvenientes de la vida, permitiéndome llegar al final de mi formación académica.

A mi madre, por darme la vida, enseñarme valores para afrontar los desafíos y apoyarme en lo que necesitaba.

## **AGRADECIMIENTOS**

Debo agradecer a Dios Todopoderoso por ayudarme con todo lo necesario y darme la vida para poder concluir mis estudios, así como por ayudarme a afrontar las adversidades a lo largo de mi vida.

Además, a mi esposa, por ser esa compañera que, a pesar de las dificultades, me apoyó en todas las etapas para concluir mis estudios profesionales.

También, agradezco a la empresa Estructuras CEM que, a pesar de no ser uno de sus empleados, me abrió sus puertas para elaborar esta investigación, la cual representa el final de mis estudios.

## EPÍGRAFE

*“El futuro no es un lugar al que vamos,  
sino uno que estamos creando.  
Los caminos no se encuentran, sino  
que se hacen, y la actividad de hacerlos  
cambia tanto el creador como el destino.*

John Schaar

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la empresa Estructuras CEM, ubicada en San Pablo de Heredia, 300 m al norte de la Fábrica Nacional de Chocolate, en el plantel Maca Cativa. Esta compañía se dedica a la fabricación de todo tipo de estructuras metálicas para numerosos clientes de renombre en el ámbito nacional.

La empresa cuenta con 23 años de experiencia en la prestación de sus servicios y ha experimentado un crecimiento acelerado, caracterizado por la obtención de contratos de gran envergadura. Sin embargo, este crecimiento ha producido retrasos en las entregas debido al retrabajo y al desperdicio de materiales ocasionados por errores en el área del taller de producción. Estos errores resultaron en una pérdida económica de ₡21.000.000, para el año 2023. Con el fin de abordar este problema, el presente estudio tiene como objetivo implementar un sistema de inspección de control de calidad en el Área de Producción, utilizando el proceso DMAIC para estandarizar el procedimiento y reducir los errores, desperdicios y retrasos en un 30 %.

Para resolver el problema, se implementó un cambio en los procedimientos y una reestructuración física del taller por parte de la empresa. Además, se capacitó al personal de las estaciones de corte y soldadura para ampliar su conocimiento técnico y práctico.

Asimismo, se contrató un inspector de calidad; en consecuencia, se liberaron 4 horas de tiempo diario del jefe de taller para mejorar la supervisión. La reestructuración física del taller y la mayor presencia del supervisor causaron una mayor concentración del colaborador y mejoraron la producción en un 8 %.

También se inició, por parte del Departamento de RR. HH., un plan para mejorar el sentido de pertenencia de las personas colaboradoras hacia la empresa, no solo en el área de taller, sino en general, para toda la compañía. Por último, se implementó un manual de inspección y se inició un plan piloto, el cual evidenció una reducción del 49 % en el total de las inconformidades en la producción.

La empresa calcula que, al finalizar el proyecto en curso en el que se aplicaron las mejoras, el promedio de las pérdidas se reduce en un 40 %. Asimismo, estiman que la entrega final del proyecto se realiza una semana antes de lo previsto. Con todas las mejoras, se cumplió con el objetivo propuesto, logrando una reducción del 40 % en las pérdidas de la compañía.

Palabras clave: DMAIC, manual de inspección.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente estudio se realizó en la empresa Estructuras CEM, ubicada en San Pablo de Heredia, 300 m al norte de la Fábrica Nacional de Chocolate, en el plantel Maca Cativa, con cédula jurídica 3-101-686422. La compañía se dedica a la fabricación de todo tipo de estructuras metálicas.

La empresa tiene 23 años de ofrecer sus servicios y ha experimentado un crecimiento acelerado, lo cual ha producido una serie de problemas en todas sus operaciones. Uno de estos inconvenientes son los constantes problemas en la calidad de los productos terminados, lo que ha causado reprocesos, pérdidas de tiempo, desperdicio de materiales y pérdidas monetarias, lo que compromete, a la vez, la percepción de la compañía ante sus clientes.

Los principales problemas que se encontraron son las soldaduras irregulares, las piezas sin limar, los defectos en la pintura, los inconvenientes con las medidas y los cortes irregulares.

Una parte de las estructuras que fabrica la empresa se elabora en sus instalaciones y luego se transporta al lugar donde se ejecuta el proyecto para su respectiva instalación. Las estructuras más grandes se fabrican en el mismo sitio del proyecto. Cuando ocurren estos errores, se debe invertir en horas extra y materia prima, lo que compromete los tiempos de entrega.

En algunas ocasiones, la fecha de entrega de los proyectos se ha retrasado a causa de estos problemas de calidad, lo cual provoca que, ante el cliente, la empresa no cumpla. Lo anterior compromete la confianza en la compañía e, incluso, genera algún tipo de sanción económica.

Algunas posibles causas de estos problemas pueden atribuirse a los operadores de producción, la falta de habilidad, la ausencia de concentración, el manejo incorrecto de las herramientas, la lectura inadecuada del diseño de la pieza que se fabrica y la aplicación incorrecta de algunos materiales. Por otra parte, también pueden deberse a materiales de baja calidad, inconvenientes en el espacio de trabajo o factores climáticos.

Por lo tanto, se realiza un estudio para implementar el control adecuado de calidad en el proceso de producción de la empresa, identificar las principales

causas que provocan los problemas y reducir estos errores al mínimo. Lo anterior tiene el fin de elevar la percepción de la compañía ante los clientes y disminuir las pérdidas económicas. Esto se ejecuta con base en conocimientos estadísticos de calidad y métodos científicos, a través de la metodología DMAIC.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Implementar el sistema de inspección para el control de calidad en el Área de Producción de la empresa Estructuras CEM, mediante el proceso DMAIC, con el objetivo de que se estandarice el procedimiento y se disminuyan los errores, desperdicios y retrasos en las entregas en un 30 %.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Definir las causas que provocan los errores en la fabricación de las estructuras en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.
- Medir el impacto que provocan los errores en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM, tanto en el ámbito económico como desde la perspectiva de los clientes.
- Analizar las causas que provocan errores en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.
- Proponer un sistema de inspección de calidad para el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

En el país se vive una competencia intensa entre las empresas dedicadas a la construcción, en especial aquellas que se especializan en la fabricación de estructuras metálicas. Los precios de los materiales fluctúan abruptamente según el mercado internacional, el cual es un segmento que se ve afectado por los acontecimientos globales. Cuando surgen pequeñas compañías en el sector de la edificación, a menudo deben operar con márgenes de ganancia muy bajos para poder competir con las grandes

empresas. Además, en el sector emergen numerosas pequeñas empresas que realizan trabajos de baja calidad, lo que repercute de forma negativa en las demás, ya que los clientes potenciales pierden la confianza.

Para poder mantenerse y proyectar confianza como empresa de construcción, los trabajos realizados deben mantener una alta calidad, cumplir con los tiempos de entrega y ofrecer precios justos. Por esta razón, es necesario actualizar todos los procesos en la compañía, asegurando que se mantengan altos estándares de calidad. La mano de obra que se utiliza debe estar capacitada y los materiales deben ser de alta calidad para poder entregar un proyecto confiable. Además, se debe tener en cuenta que en el sector de la construcción se considera que el proyecto que se edifique será habitado y que se utilizará para diferentes objetivos. Por esto, no se puede entregar un proyecto mal construido o de baja calidad, ya que esto puede provocar un accidente por el cual la empresa constructora sería responsable.

En el caso de la empresa Estructuras CEM, se presentan errores en la fabricación de las estructuras que perjudican, tanto a la compañía como a los clientes. Existen problemas con las soldaduras, la pintura y las medidas de las piezas, lo que requiere reprocesos que resultan muy costosos para la empresa. Por este motivo, es necesario actualizar e implementar un control de calidad estricto en la producción para minimizar los errores, maximizar la eficiencia y fortalecer la confianza en la empresa.

### **1.3 ANTECEDENTES**

La principal tarea de las empresas que componen el sector de la construcción es ofrecer edificaciones de calidad, seguras y a un costo adecuado. Por este motivo, es necesario que estas compañías mejoren continuamente sus procesos, utilizando la tecnología como un aliado y los mejores materiales. El monitoreo mediante herramientas como el control estadístico de calidad y el método científico proporciona bases para la toma de decisiones en el mejoramiento de la producción y la calidad del producto final. Por estas razones, se realiza una recopilación de trabajos en el ámbito nacional e internacional, ejecutados por otras personas que permite observar los resultados.

### 1.4.1 Antecedentes nacionales

- Segura (2006), en su tesis para obtener el grado de Licenciatura en ingeniería industrial titulada *Automatización del proceso pevi-post epoxy visual inspection para la línea de ensamble de componentes de Intel de Costa Rica*, presentada en la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (Ulacit), señala que en una parte del procedimiento de producción donde se debe realizar una inspección manual del componente que se fabrica en la línea, no existe la capacidad del operador para revisar todas las unidades. Esto genera un cuello de botella, ya que la inspección se lleva a cabo con lupa para determinar fallos en el componente.

En esta sección se demuestra que el 76.5 % de los defectos no se detectan, lo que causa una pérdida para la empresa de aproximadamente ₡83.000.000 anuales solo en los elementos que se añaden al resto de la línea de producción. En la propuesta de Segura (2006), la instalación de una máquina para automatizar la inspección se presenta como la solución más efectiva para el problema descrito. Con esta instalación, el proceso tendría un 66 % más de capacidad que con el procedimiento manual, lo que reduce las pérdidas, pues al detectar las unidades no conformes en este proceso, se evita el gasto en otras piezas que continúan en el procedimiento de producción. Además, se evidencia que al aplicar un enfoque científico y tomar decisiones fundamentadas, se puede mejorar significativamente el proceso de producción.

- Navarro (2014), en su tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción titulada *Diagnostico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización*, presentada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, investiga los diagnósticos de los procesos de inspección estructural, las responsabilidades del inspector, la normativa existente, la lista de recursos necesarios para las inspecciones y el documento de criterios básicos de inspección.

A través de la aplicación de métodos científicos y la investigación evidenció que en nuestro país existe una ausencia de herramientas para estandarizar las

revisiones; cada inspector realiza sus inspecciones de acuerdo con sus criterios personales. Por esta razón, se presenta la necesidad de aplicar un documento único como base para las futuras inspecciones en el ámbito nacional, que contemple requerimientos y tolerancias constructivas de manera resumida. Lo anterior tiene el fin de garantizar que el producto final cumpla con los estándares de diseño nacionales.

- Castillo (2019), en su proyecto final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Construcción titulado *Elaboración e implementación de un manual de control de calidad en obras viales municipales para el cantón de Cartago*, se presentó en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. En el documento se explica que la investigación se realizó junto con el director del departamento y se diagnosticaron los procedimientos y metodologías aplicadas en el campo por el municipio. Con el diagnóstico, se identificaron las principales actividades de interés para la municipalidad en las que es necesario aplicar un control de calidad. Lo anterior tiene el fin de garantizar trabajos de calidad en la red vial del cantón.

Con toda la información, se desarrolló un manual de control de calidad en el que se garantiza la estandarización de los procesos y se busca establecer las buenas prácticas en obras de mantenimiento y rehabilitación de estructuras de pavimento que se ejecuten, tanto por las cuadrillas de la municipalidad como por los contratistas. Este manual se implementó y contó con una capacitación para todo el personal de la municipalidad, en la que se explicó el procedimiento paso a paso.

La aplicación del método científico, el control de calidad y diversas metodologías demuestran que en cualquier institución se puede llevar a cabo una reingeniería y mejorar todo tipo de procesos.

- Araya (2015) presentó su proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, titulado *Mejoramiento de los procesos de mantenimiento y control de calidad en la infraestructura de los recintos portuarios del Incop, particularmente Caldera*, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Esta investigación se llevó a cabo debido a la necesidad que planteó la institución, ya que no contaba con ningún documento que especificara

los requerimientos mínimos para realizar las obras de mantenimiento, correctivas y de construcción en el puerto.

Inicialmente, se analizó el proceso actual para el mantenimiento y control de calidad de las obras realizadas. Una vez hecho el análisis, se propuso una mejora a los procedimientos y la aplicación de requisitos con base en la normativa de construcción nacional. Esta propuesta se implementó en la entidad y facilitó revisar las infraestructuras existentes que requieren alguna intervención, así como definir de manera clara cuáles deben recibir prioridad. El método científico aplicado ayudó a esta institución a replantear sus procesos y establecer un control de calidad adecuado que garantice la durabilidad de los trabajos.

- Álvarez Herrera (2011), en su proyecto final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de construcción titulado *Sistematización de los procesos de inspección de obras especiales que se desarrollaron en Recope*, presentado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, revisó una gran cantidad de documentación técnica de la normativa nacional e internacional relacionada con todas las obras que se realizan en la institución. Como resultado, elaboró manuales de inspección y la normativa pertinente.

En los manuales y listas: “Incluyo procesos como supervisión de calidad de materiales, pruebas de laboratorio, instalaciones electromecánicas, elementos estructurales, normas de seguridad y cumplimiento de la ley 7600” (Álvarez Herrera, 2011, s. p.). Se evidencia cómo la aplicación del método científico y el desarrollo de manuales facilitan las actividades en las empresas, estandarizando los procesos para mejorar su eficiencia.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

- González (2016), en su proyecto final para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial titulado *Diseño de plan de mejoramiento en la inspección de calidad en la recepción de materia prima (telas) en la empresa Inducon S.A.S aplicando la metodología Seis sigma*, presentado en la Universidad Cooperativa de Colombia, abordó el problema del desperdicio de materia prima en

la fabricación de prendas de vestir, debido a la calidad de la materia prima, así como a los reprocesos y retrasos en las entregas.

Por este motivo, el autor elaboró un plan de inspección de la materia prima. Adicionalmente, fue necesario acondicionar el lugar donde se realizan las inspecciones, ya que se encontraron problemas de espacio en virtud de la mercadería y artículos dispersos, inconvenientes de iluminación que causaban fatiga visual y el ajuste de la máquina que se utiliza para revisar la materia prima. Aplicando el método científico, se conservó la capacidad visual de los operarios, se aumentó la producción y se mejoró la calidad de los productos.

- Moreno (2023), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial titulada *Control estadístico de procesos en el área de pintura para reducir los productos defectuosos en la empresa JyG Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022*, presentada en la Universidad César Vallejo de Perú, aplicó el control estadístico de calidad para identificar las variaciones que pueden afectar el producto final. Se encontró que los defectos se deben a: “La falta de procedimientos de trabajo, personal no capacitado, equipos en mal estado, instrumentos en mal estado y descalibrados” (Moreno, 2023, s. p.).

Una vez que se identificaron estas causas mediante el análisis y el método científico, se recomendó a la compañía implementar medidas para la capacitación del personal, generar los procesos necesarios y realizar el mantenimiento correcto de los equipos e instrumentos. Lo anterior tiene el fin de disminuir las pérdidas en materia prima y los reprocesos.

- Suárez (2022), en su trabajo de monografía para optar por el título de ingeniero mecánico, titulado *Manual de procedimientos para la inspección visual de soldaduras en aceros al carbón y estructural de acuerdo con la norma AWS D.1.1:2020*, presentado en la Universidad Distrital Francisco José de Calda de Colombia, encontró que la empresa presenta defectos en las soldaduras que se generan en el Área de Producción, tales como porosidad, grietas, fisuras, solapamiento, socavado e inclusiones. Muchas de estas fallas en las soldaduras no se evidencian en la revisión que se realiza. Por este motivo, el autor elabora un

manual de inspección para que las personas colaboradoras puedan detectar defectos en la línea de producción.

- Rodríguez (2021), en su trabajo de suficiencia profesional para optar por el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista titulado *Plan de calidad para la soldabilidad de estructuras metálicas, con la finalidad de evitar rechazos y no conformidades en la fabricación de un módulo prefabricado fijo de dos niveles para uso de testigoteca*, presentado en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú, encuentra en su investigación que en la empresa existe un desconocimiento respecto a los planes de calidad que rijan sus productos. Por este motivo, la compañía presenta un alto índice de productos rechazados debido a defectos en la soldadura.

Además, se desconoce que en este país la normativa exige que los soldadores estén homologados y certificados. Rodríguez (2021) procede a generar un plan de calidad para establecer procedimientos de inspección que permitan disminuir en los productos rechazados, de acuerdo con la normativa internacional.

- Ramírez Rapalo y Reyes Moran (2018), en su trabajo final de graduación para optar por el título de máster en Finanzas y Dirección Empresarial titulado *Aplicación de la metodología Seis Sigma para la reducción del defecto de mal corte en la planta de corte, Hanes Brands Inc.*, presentado en la Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, encuentran que, en esta empresa dedicada a la confección de ropa, al realizar los cortes de tela se generan numerosos errores, lo que se puede entender como que el corte no coincide con el patrón, lo que provoca desperdicio de materia prima y costos elevados.

Ramírez Rapalo y Reyes Moran (2018) utilizan el control estadístico de calidad para medir el estado de la compañía en función de la cantidad de disconformidades presentadas en el corte. Una vez que se aplica el método de corrección, se realizan mediciones y se obtiene una disminución del 73 % en el total de disconformidades. El método científico genera una reducción del desperdicio y, por ende, una reducción de los costos de operación.

## **1.5 PROYECCIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El presente estudio se lleva a cabo en la empresa Estructuras CEM, en el Área de Producción y se enfoca en la elaboración del manual de inspección de calidad para las estructuras producidas en la compañía. Este manual se aplica en el Área de Producción dentro de las instalaciones de la empresa y para las estructuras producidas en el lugar donde se genera el proyecto. El objetivo es disminuir la cantidad de defectos que se presentan en soldaduras, cortes y pintura, así como establecer las posibles causas de estas disconformidades y aumentar la confiabilidad en los clientes.

Con la alternativa propuesta se espera que la empresa disminuya la cantidad de productos disconformes, genere cambios para abordar la causa raíz y, mediante la tecnología DMAIC y el método científico, se logre la sostenibilidad de las soluciones a través del tiempo y la mejora continua.

### **1.5.2 Limitaciones**

La única limitación que se observa es que la empresa atraviesa un proceso de reingeniería en este momento, lo cual puede significar que algún procedimiento cambie de alguna manera y esto genere un cambio en la información contenida.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

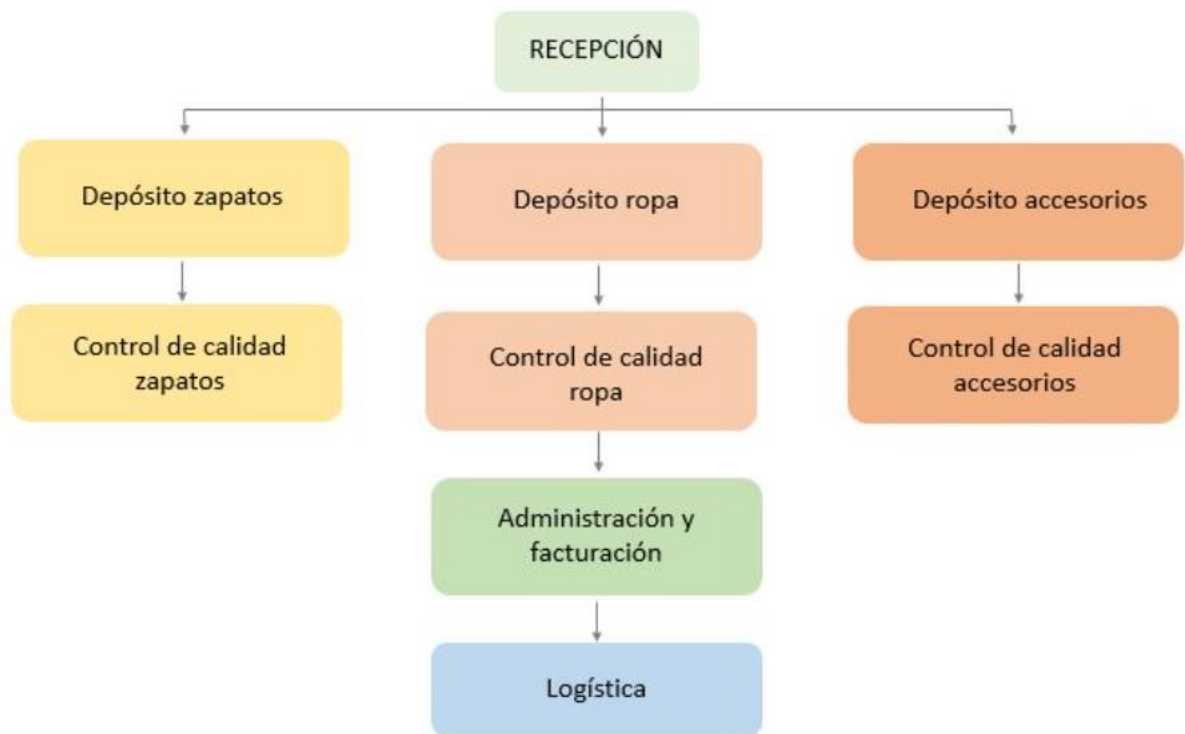
## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

### 2.1.1 Organigrama

De acuerdo con Enciclopedia concepto (2024b): “Un organigrama es un esquema o representación gráfica de la estructura de una organización, que refleja los departamentos con su respectivo responsable a cargo y cómo se relaciona cada área entre sí” (s. p.).

Figura 2.1: ejemplo de organigrama



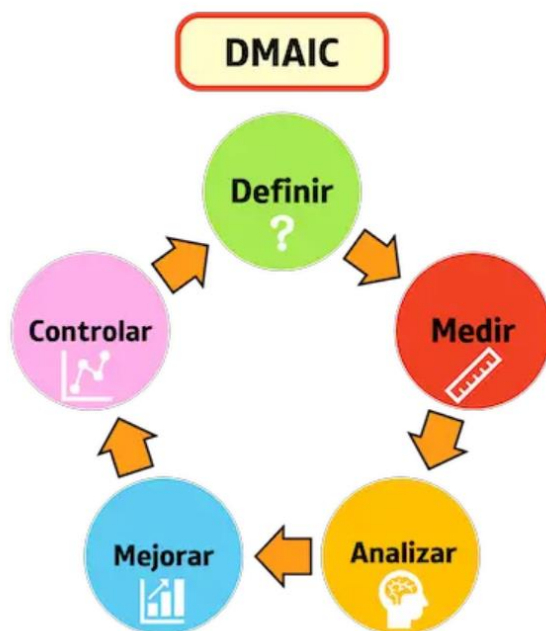
Fuente: Enciclopedia concepto (2024b).

### 2.1.2 DMAIC

DMAIC es una técnica Lean que se utiliza para mejorar el rendimiento de una:

Empresa en un ámbito concreto, ya que ayuda a identificar la causa de un problema, analizarlo y encontrar una solución. DMAIC es un acrónimo cuyas siglas en inglés significan definir, medir, analizar, mejorar y controlar, que son las 5 fases de la metodología DMAIC (Probabilidad y estadística, 2024, s. p.).

Figura 2.2: ejemplo de DMAIC

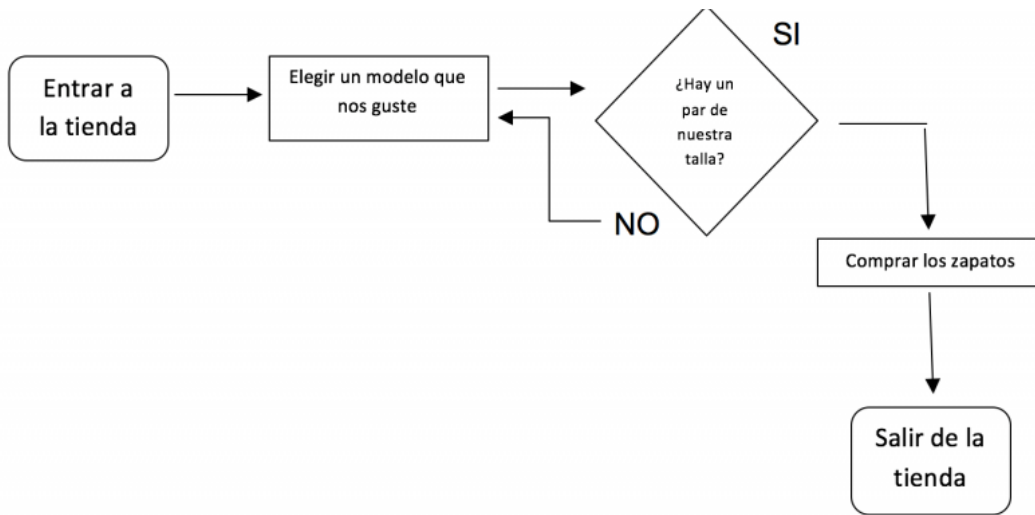


Fuente: Probabilidad y estadística (2024).

### 2.1.3 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo describe un proceso, sistema o algoritmo informático. “Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender” (Lucidchart, 2024, s. p.).

Figura 2.3: ejemplo de diagrama de flujo



Fuente: Enciclopedia concepto (2024a).

#### 2.1.4 Project Charter

El *project charter* o acta de constitución del proyecto es una presentación de: Alto nivel de los objetivos, el alcance y las responsabilidades del proyecto para obtener la aprobación de las partes interesadas clave al inicio del proyecto. En el project charter debes proporcionar una justificación del proyecto que incluya una descripción del proyecto breve y concisa de sus elementos principales como punto de partida (Asana Inc., 2024, s. p.).

Figura 2.4: ejemplo de Project Charter



Información General del Proyecto			
<b>* ID. Proyecto:</b>		CGRC-2013II01	<b>* Fecha:</b> 28/08/2013
<b>* Nombre del Proyecto:</b>		Solución de Comunicación y colaboración en la nube	
<b>* Gerente del Proyecto:</b>		Ing. Cesar Augusto Chisica Ramirez	
<b>* Preparado por:</b>		Ing. Jorge Iván Saboya Pulido	
Version	Fecha	Autor	Razón del cambio
1	26/08/2013	Coordinación Gestión de Redes y Comunicaciones	Creación
2	04/03/2014	Coordinación Gestión de Redes y Comunicaciones	Cambio en el Alcance

Descripción del Proyecto
<b>* Necesidad y Objetivos del Negocio</b>
<p>La universidad demanda una solución en comunicaciones que le permita tener una comunicación efectiva con cada una de las personas que la conforman haciendo uso de la tecnología por medio del correo electrónico y medios de comunicación adyacentes al mismo como: chats, video conferencias que le permitan enviar información masiva sin que se incurra en vulnerar o ser calificados en las listas negras o de spam.</p> <p>Comunicación efectiva con nuestro cliente interno y externo siendo muy hábiles en el manejo de la información utilizando la tecnología como herramienta de éxito.</p>
<b>* Alcance y Objetivos del Proyecto</b>
<p>La solución que se implemente debe responder a la necesidad de el envío de correo masivo desde cualquier oficina de unitec tanto para clientes internos como externos adicional para la parte de los clientes como docentes y personal administrativo se debe proporcionar herramientas adyacentes al correo que le permitan comunicarse de forma más interactiva como chats y video conferencias. Esta solución debe ser implementada en un plazo máximo de seis meses a partir de la firma de acta de inicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicaciones efectivas con nuestros estudiantes, docentes y personal administrativo utilizando el correo electrónico institucional.</li> <li>• Envío de correos masivos para clientes internos y externos</li> <li>• Proveer una herramienta de comunicación web de fácil y agradable uso para toda la comunidad Uniteista.</li> <li>• Mayor capacidad de almacenamiento en los buzones de correo.</li> <li>• Mayor capacidad de envío de correo con peso mayor a 5 MB</li> <li>• Chats y videoconferencias como herramientas adyacentes de comunicación.</li> <li>• Respaldo de las cuentas de correo corporativas en la nube</li> </ul>

Fuente: Mungfali (2017).

### 2.1.5 FODA

El análisis FODA es una técnica que permite conocer el estado de situación de:  
 “Una organización, producto, servicio o proyecto en un contexto o mercado determinado.

Su nombre es una sigla conformada por la primera letra de las siguientes palabras: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas” (Prodan, 2023, p. 15).

Figura 2.5: ejemplo de FODA



Fuente: Riquelme (2016).

### 2.1.6 Stakeholders

Los *stakeholders* de una empresa son todas aquellas personas o entidades: “Afectadas en mayor o menor medida por las decisiones y actividades que esta desarrolla y que permiten, a su vez, el completo funcionamiento de esta” (Grupo Atico34, 2024, s. p.).

Figura 2.6: ejemplo de Stakeholders

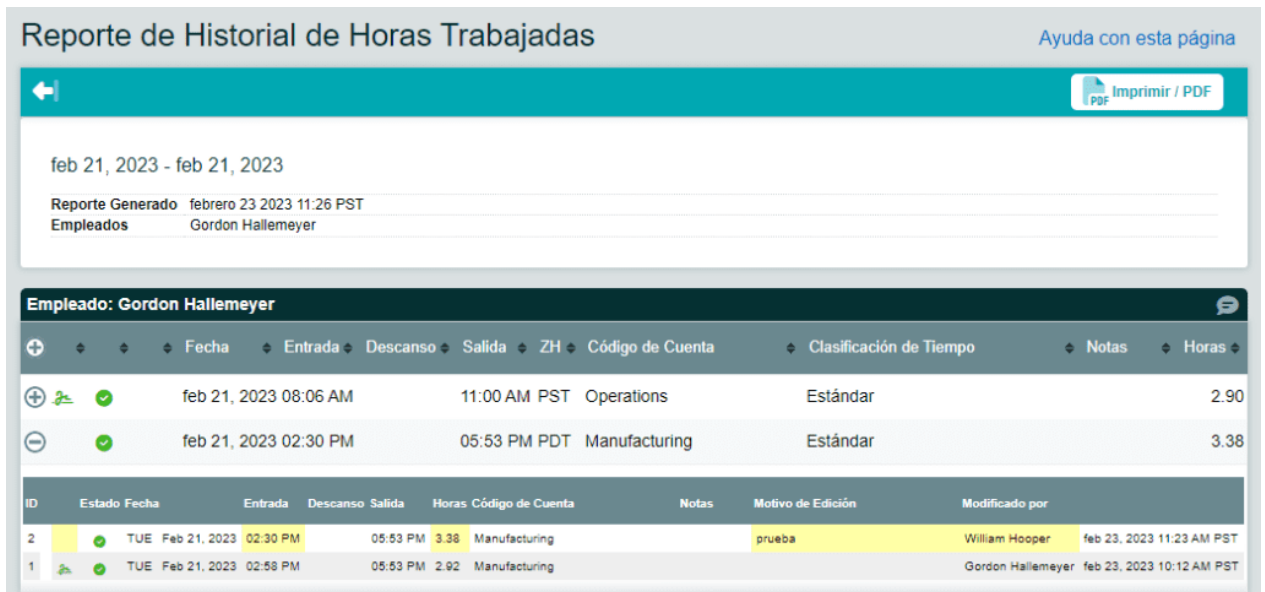


Fuente: Proceso administrativo (2023).

### 2.1.7 Datos históricos empresariales

El análisis de datos históricos se refiere al proceso de examinar los datos recopilados durante un período específico para identificar tendencias, patrones y conocimientos que puedan informar la toma de decisiones futuras. Este enfoque analítico es crucial en varios campos, incluidas las finanzas, el *marketing* y la investigación científica, ya que les permite a las organizaciones aprovechar datos pasados para predecir resultados futuros. Al utilizar métodos estadísticos y técnicas de visualización de datos, los analistas transforman datos históricos sin procesar en inteligencia procesable que impulsa iniciativas estratégicas (Aprende estadística fácilmente, 2024).

Figura 2.7: ejemplo de datos históricos

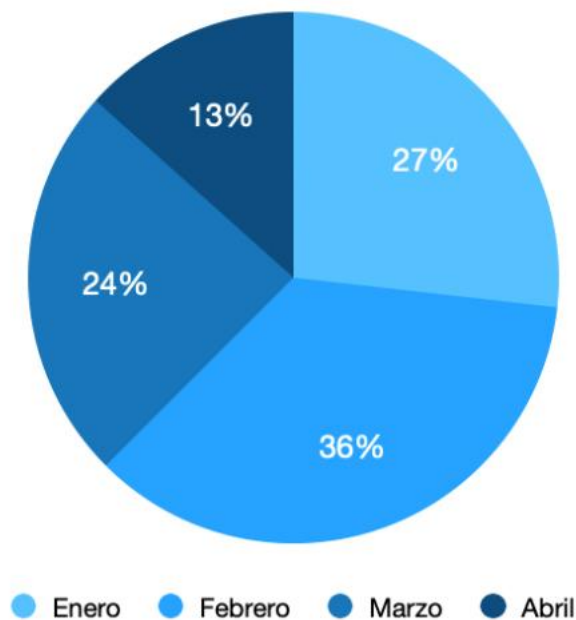


Fuente: Timesheets.com (2024).

### 2.1.8 Gráfico circular

Un gráfico circular es una representación en una dimensión que se utiliza para percibir: “De una forma más rápida el peso o la proporción de las categorías sobre la frecuencia total” (Rodó, 2020, s. p.).

Figura 2.8: ejemplo de gráfico circular



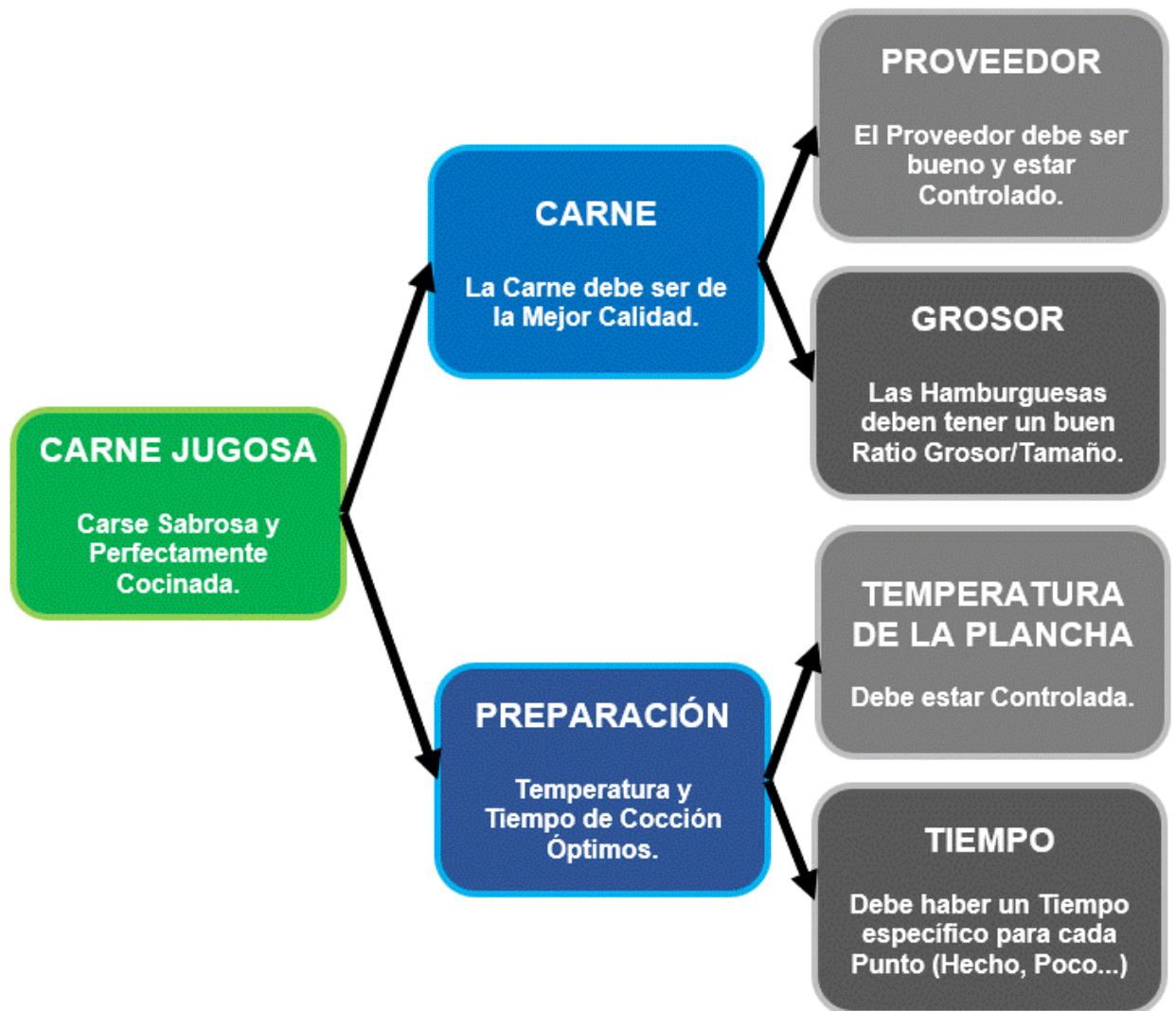
Fuente: Rodó (2020).

### 2.1.9 Árbol CTQ

De acuerdo con Spiegato (2024):

Un árbol de calidad crítica (CTQ) es un diagrama de árbol utilizado por las empresas para ver un producto a través de los ojos del cliente. El árbol encuentra un problema, o algo para mejorar, en el producto o servicio, descubre qué está causando el problema y luego destaca una o más formas de solucionar el problema para mejorar la satisfacción del cliente (s. p.).

Figura 2.9: ejemplo de árbol CTQ



Fuente: Consuunt (2024).

### 2.1.10 Sipoc

Un diagrama Sipoc sirve para documentar los proveedores (Suppliers), las entradas (Inputs), los procesos (Process), las salidas (Outputs) y los clientes (Customers) en una operación:

Una lista de estos elementos ayuda a marcar los límites de un proceso a un alto nivel. El diagrama se usa para proveer a quienes toman las decisiones con información crucial sobre todo el proceso, pero sin entrar en mayores detalles (Kanban Tools, 2024, s.p.).

Figura 2.10: ejemplo de Sipoc



Fuente: Kanban tolos (2024).

### 2.1.11 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas, popularmente conocida como *brainstorming* (del inglés *tormenta mental* o *tormenta de ideas*): “Es una técnica de trabajo grupal que consiste en proponer libremente ideas y asociaciones a partir de un concepto determinado, con el propósito de obtener ideas innovadoras y perspectivas originales” (Equipo Editorial Etecé, 2022, s. p.).

Figura 2.11: ejemplo de lluvia de ideas

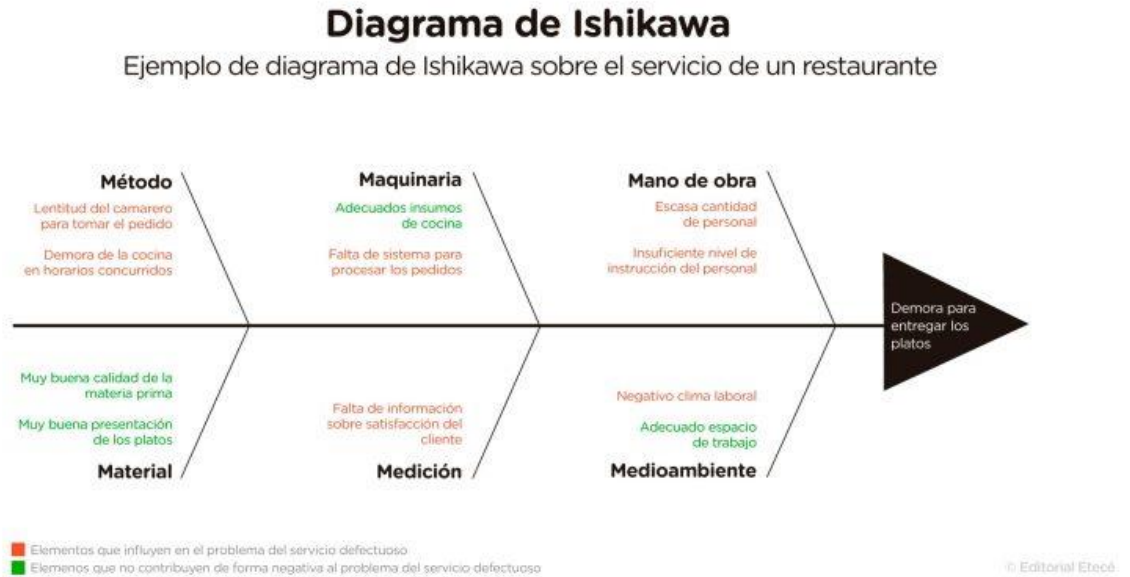


Fuente: Beranda (2022).

### 2.1.12 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o de espina de pescado: “Es un organizador gráfico que representa las distintas causas de un problema, con el objetivo de encontrar una solución, o de un hecho, con la finalidad de conocer qué eventos lo produjeron” (Giani, 2024, s. p.).

Figura 2.12: ejemplo de diagrama de Ishikawa



Fuente: Giani (2024).

### 2.1.13 Multivoto

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para: Seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración. Cuando disponemos de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes. Con este fin, la técnica opera mediante una serie de votaciones, donde cada una de ellas reduce la lista en una cantidad especificada, generalmente la tercera parte (Aiteco Consultores, 2019, s. p.).

Figura 2.13: ejemplo de multivoto

<b>MATRIZ DE MULTIVOTACIÓN DE CAUSAS</b>					
<b>Tema:</b> <i>Problemas que afectan la Demanda irregular en el primer semestre del año en una Franquicia</i>					
<b>Propósito:</b> Elegir las causas raíz de mayor impacto en el problema de existir desconocimiento de la marca en el mercado local, a través de la multivotación.					
<b>Item</b>	<b>Problemas</b>	<b>VOTACIÓN</b>			
		<b>1ra.</b>	<b>2da.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Orden</b>
1	<i>Exigen materiales especiales para sus productos</i>	3	1	2	
2	<i>Falta de una mejor estrategia de marketing</i>	5	5	5	<b>1ro.</b>
3	<i>Desmotivación del personal</i>	4	4	4	<b>3ro.</b>
4	<i>Mayor preferencia del público por la informalidad</i>	3	4	3.5	<b>5to.</b>
5	<i>La competencia tiene tecnología avanzada</i>	4	5	4.5	<b>2do.</b>
6	<i>En el proceso de producción se presenta cambios del cliente</i>	4	4	4	<b>4to.</b>
7	<i>Influencia de Fenómenos Externos: Mercado Globalizado</i>	3	0	1.5	

Fuente: Wikidot (2016).

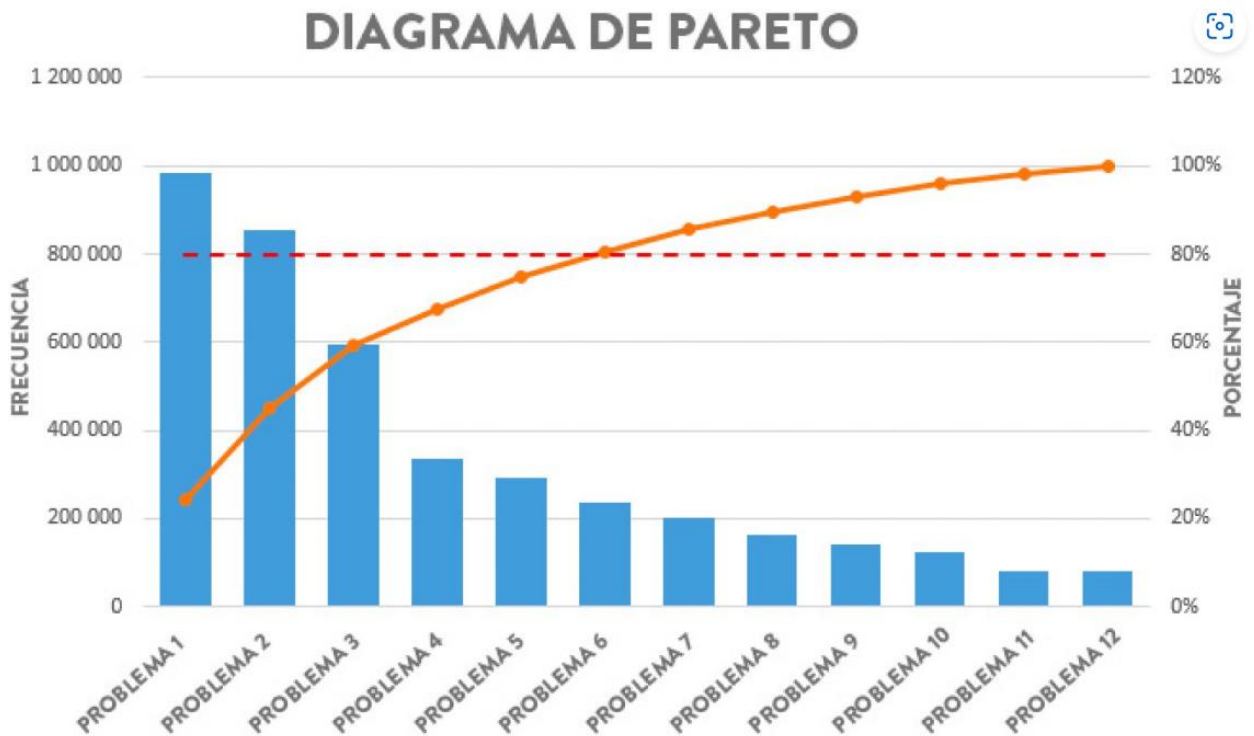
### 2.1.14 Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente:

La información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos. Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

El diagrama de Pareto, también conocido como curva de distribución ABC, consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una problemática y los ordena de mayor a menor frecuencia, con lo que permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia (Velázquez, 2023, s. p.).

Figura 2.14: ejemplo de diagrama de Pareto



Fuente: Masterlogística (2021).

### 2.1.15 Inspección al 100 %

La inspección al 100 % implica examinar y evaluar cada producto o componente de un lote de producción sin seleccionar una muestra. Cada artículo se inspecciona para detectar cualquier defecto o problema.

### 2.1.16 Análisis estadístico

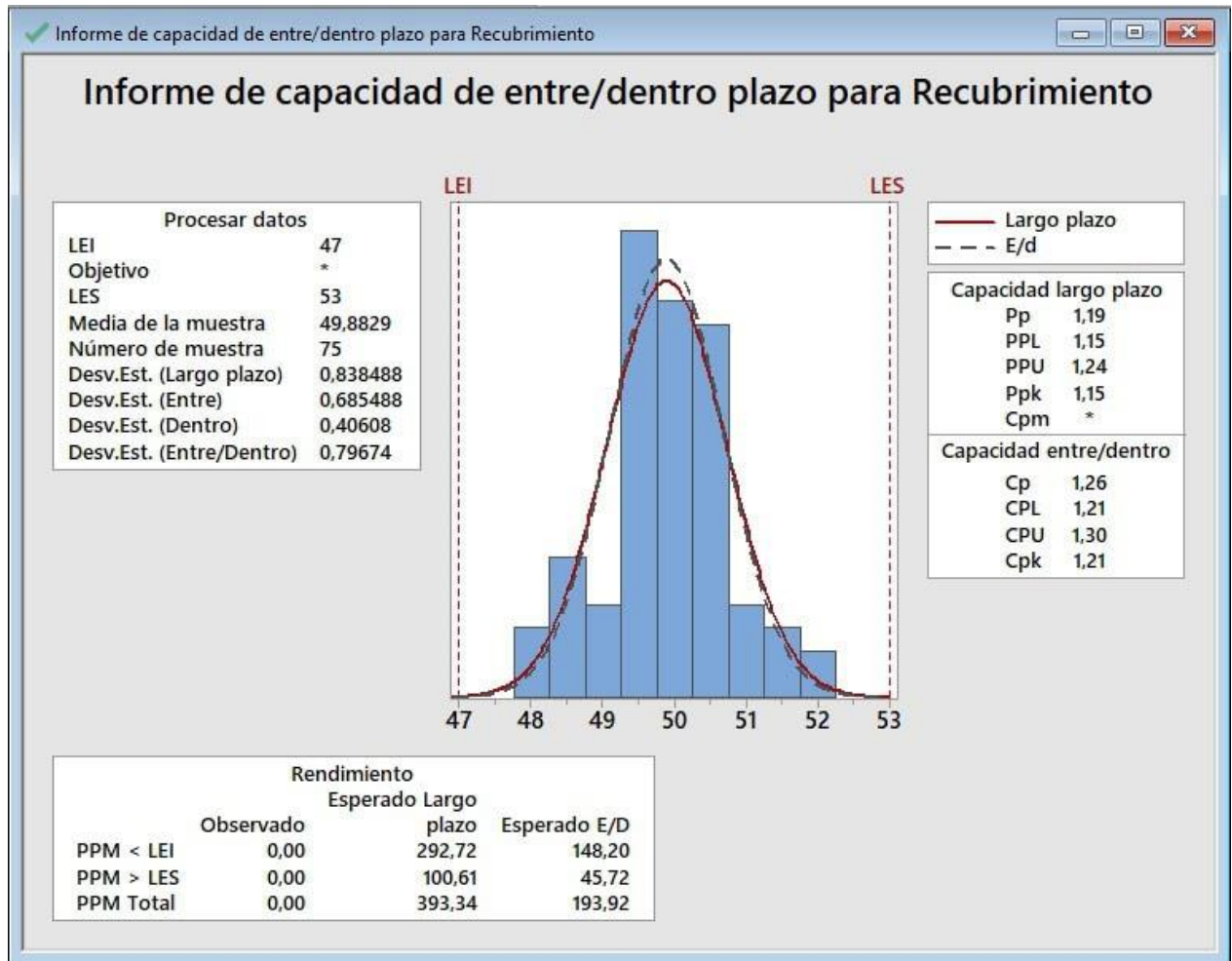
Según Ortega (2022):

El análisis estadístico es una herramienta que se utiliza para examinar y comprender los datos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos que permiten organizar, describir, analizar e interpretar los datos para obtener información significativa y útil.

El análisis estadístico se produce cuando recogemos e interpretamos datos con la intención de identificar patrones y tendencias; esto significa que, si bien es un tipo

de análisis de datos en sí mismo, se aborda con un ángulo interpretativo que resulta útil para tomar decisiones concretas y comprender a los clientes potenciales de una empresa, su comportamiento y sus experiencias (s. p.).

Figura 2.15: ejemplo de análisis estadístico



Fuente: Estamática consultoría estadística (2024).

### 2.1.17 Manual de inspección

Los sistemas de inspección para el control de calidad se definen como una: Serie de herramientas que se emplean para examinar y evaluar los productos y procesos de fabricación dentro de una industria. El principal objetivo que tienen este tipo de sistemas es que los productos cumplan en todo momento los requisitos de calidad y seguridad establecidos. También se busca conseguir que los

procesos de producción se realicen de manera eficiente y efectiva (E2M Couth Vision System, 2023, s. p.).

### **2.1.18 Plan de capacitación**

Cornejo Campos (2022) lo define como:

Un plan de capacitación es un documento que contiene la información relacionada con alguna clase de entrenamiento o actividad de desarrollo y actualización para el personal de una empresa, Es decir, es un texto que explica el panorama general de una capacitación dentro de una compañía, sus detalles, enfoque y contenido (s. p.).

Figura 2.16: ejemplo de plan de capacitación

## PLAN DE CAPACITACIÓN PARA TECNO SA DE CV

<b>CAPACITADOR</b>	Manuel Ortega Ramírez	<b>CARGO</b>	Jefe de Capacitación
<b>APROBADOR</b>	María González Molina	<b>CARGO</b>	Director de Desarrollo de Personal

<b>NECESIDADES</b>	Se implementó un nuevo proceso en la organización que requiere manejo de base de datos.
<b>OBJETIVO</b>	Capacitar al equipo de TI para gestionar la base de datos conforme al nuevo proceso para que le den continuidad al trabajo del área.

CURSO	APROBADO POR	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CURSO	CAPACITADOR
Base de Datos / nuevo proceso	María González	01 al 02 de Marzo	Gestión de base de datos, su diseño, mantenimiento, mejores prácticas.  <b>Temas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso interno.</li> <li>Uso de las bases de datos.</li> <li>Nuevo software para gestión de bases de datos.</li> <li>Práctica.</li> </ul>	Lic. Raúl Salinas Ing. Sebastián Lara

CRONOGRAMA	FECHA	HORA	RESPONSABLE
Proceso interno	01 de Marzo	9:00 h	Lic. Raúl Salinas
Uso de base de datos	01 de Marzo	11:00 h	Lic. Raúl Salinas
Nuevo software para gestión de base de datos	02 de Marzo	12:00 h	Ing. Sebastián Lara
Práctica	02 de Marzo	14:00 h	Ing. Sebastián Lara

Fuente: Santos (2024).

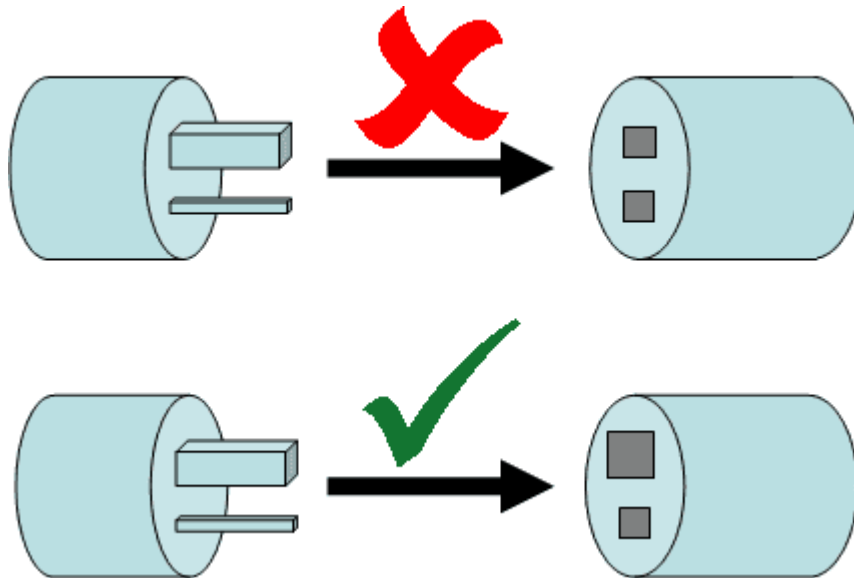
### 2.1.19 Poka-Yoke

Según Conduce tu empresa (2023):

Poka Yoke es un término japonés que se traduce en español como a prueba de errores o a prueba de fallos, se trata de mecanismos o dispositivos que una vez instalados, evitan los defectos, aunque se cometan errores. Fue desarrollado por el ingeniero japonés Shigeo Shingo como parte del Sistema de Producción Toyota,

como una estrategia para prevenir errores en la fabricación y mejorar la calidad de los productos (s. p.).

Figura 2.17: ejemplo de Poka Yoke



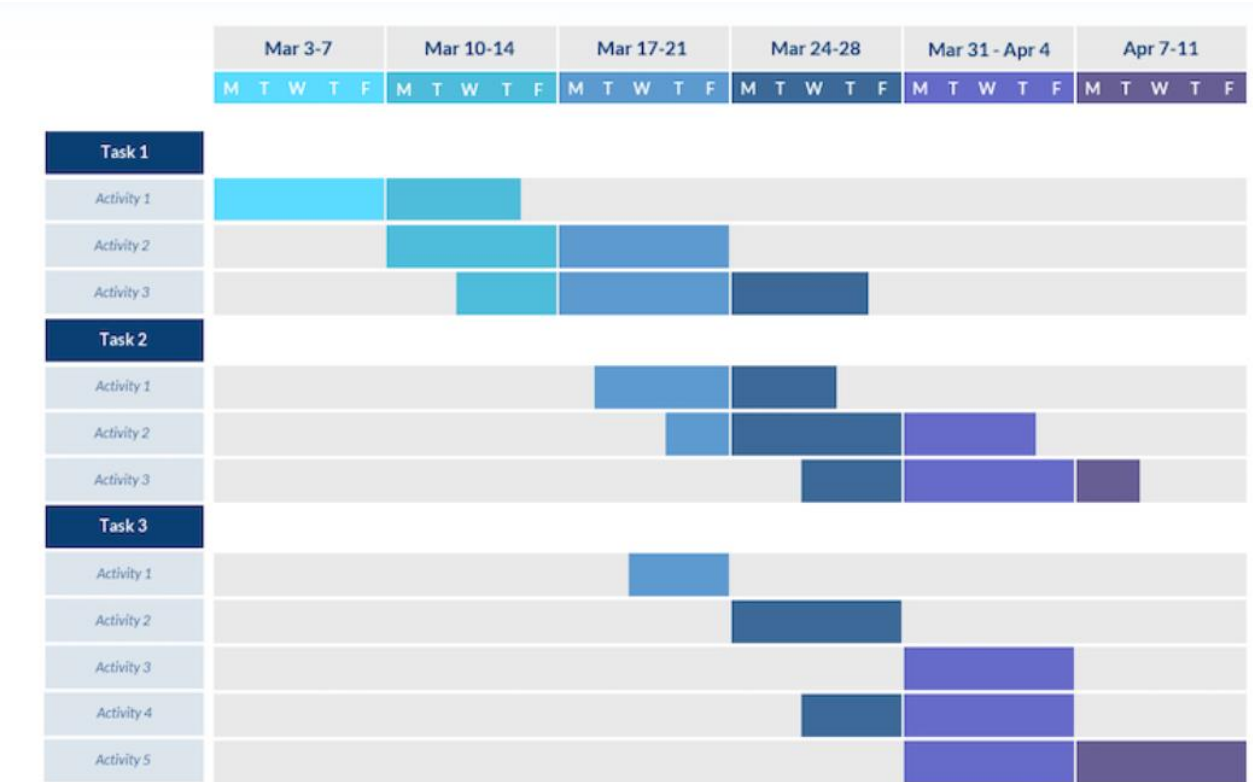
Fuente: Conduce tu empresa (2023).

### 2.1.20 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt, ampliamente utilizado en la gestión de proyectos, es un gráfico de:

Barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación de tu proyecto, de dar seguimiento a los logros y de estar siempre familiarizado con el cronograma de tu trabajo. Cada barra de un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea. Cuando los miras en perspectiva, los diagramas de Gantt ofrecen a los miembros del equipo un panorama general acerca de cuál es el trabajo que hay que hacer, quién lo hace y cuándo (Martins, 2022, s. p.).

Figura 2.18: ejemplo de diagrama de Gantt



Fuente: López (2022).

**2.1.21 Presupuesto**

En economía, un presupuesto hace referencia a la cantidad de dinero que: “Se necesita para hacer frente a cierto número de gastos necesarios para acometer un proyecto. De tal manera, se puede definir como una cifra anticipada que estima el coste que va a suponer la realización de dicho objetivo” (Sánchez y Coll, 2016, s. p.).

Figura 2.19: ejemplo de presupuesto

Cuadro 1  
**Presupuesto consolidado de la Seguridad Social. Gastos**  
(Millones de euros)

	Liquidación	Previsión	Presupuesto
	2019	Liquidación 2020	2021
Gastos de personal	2.264,4	2.423,2	2.625,9
Gastos corrientes en bienes y servicios	1.403,0	1.469,7	1.567,6
Gastos financieros	7,5	15,5	16,2
Transferencias corrientes	154.165,4	167.662,8	167.341,7
<i>Prestaciones económicas*</i>	152.084,5	165.430,8	164.493,8
<i>Atención a la dependencia</i>	1.532,6	1.639,1	2.535,8
<i>Otras transferencias corrientes</i>	548,3	592,9	312,0
Inversiones reales	135,2	213,8	286,5
Transferencias de capital	0,0	0,0	3,0
<b>SUMA OPERACIONES NO FINANCIERAS</b>	<b>157.975,4</b>	<b>171.785,0</b>	<b>171.840,8</b>
OPERACIONES FINANCIERAS	38,6	98,3	573,2
<b>PRESUPUESTO CONSOLIDADO DE GASTOS</b>	<b>158.014,0</b>	<b>171.883,3</b>	<b>172.414,1</b>

*Nota: \*Incluye transferencias a País Vasco y Navarra para pensiones no contributivas.*  
*Fuente: Informe Económico-Financiero a los Presupuestos de la Seguridad Social de 2021 (Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones).*

Fuente: Sánchez y Coll (2016).

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se presentan los detalles más importantes de la empresa Estructuras CEM, donde se realiza el estudio.

### 2.2.1 Visión/misión

La visión y la misión de la empresa se presentan enseguida.

#### Visión

“Ser reconocidos como el referente en proyectos de construcción con estructuras metálicas a nivel nacional, enfocados en la innovación y calidad” (Estructuras CEM, 2024, s. p.).

#### Misión

“Ser un líder en la industria de la construcción de estructuras metálicas, entregando proyectos de alta calidad que impulsen el crecimiento económico y bienestar de las personas” (Estructuras CEM, 2024, s. p.).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

El dueño de esta empresa inició en el mundo de la construcción de estructuras metálicas cuando le construyó un portón a un familiar. A partir de ese momento, los vecinos comenzaron a pedirle trabajos, como rejas, barandas, techos, entre otros. El boca a boca y la calidad de su trabajo le otorgaron fama y le generaron una mayor cantidad de encargos a tan solo 20 años. Continuó laborando en esta industria de manera irregular y comenzó por incorporar más trabajadores y algunos clientes le solicitaron que les entregara factura, lo que lo llevó a constituir la compañía, aunque de una forma empírica.

A medida que transcurría el tiempo, el dueño de la empresa se vio en la necesidad de implementar más controles, lo que incluye personal en las áreas contable, administrativa y un mayor número de trabajadores de campo, debido a que los trabajos estaban en aumento.

En años posteriores, comenzó a buscar ofertas de algunas empresas grandes para realizar trabajos. Uno de estos fue la cadena Walmart, para la cual construyó un supermercado en Heredia. A partir de ahí, continuó trabajando con ellos; aquellos trabajos pequeños empezaron a convertirse en proyectos de hasta \$600,000. El crecimiento que experimentó en poco tiempo fue muy acelerado. La empresa, que inicialmente realizaba trabajos pequeños con 10 o 12 colaboradores, ahora ha llegado a contar con hasta 150 personas trabajando en conjunto en varios proyectos grandes a la vez.

El poder trabajar con alta calidad, dentro de los plazos establecidos y que atienda los requerimientos que el cliente expresa lleva a la empresa a conseguir proyectos de gran envergadura. De esta manera, contribuye, en cierto modo, a mejorar la economía del país, a hacer realidad algunos sueños de los clientes y a optimizar la calidad de vida de sus empleados mediante mejores salarios y bonificaciones.

La empresa tiene 23 años de existencia en el país, con clientes clave de prestigio, como Walmart, Sur Química y cadenas de ferreterías. Esto también le permite comprar materia prima y herramientas a proveedores directos, sin intermediarios como las ferreterías, lo que le otorga un mejor y más bajo precio.

Para el presente año, debido al crecimiento constante y acelerado, la empresa está llevando a cabo una reingeniería total, mejorando procesos, reglamentos y control de calidad. Lo anterior tiene el fin de alinearse más con la evolución empresarial.

### **2.2.3 Ubicación geográfica**

La ubicación de la empresa se encuentra a 300 m al norte de la Fábrica Nacional de Chocolate, en el plantel Maca Caliva, San Pablo de Heredia, Costa Rica.

Figura 2.19: mapa satelital de estructuras CEM

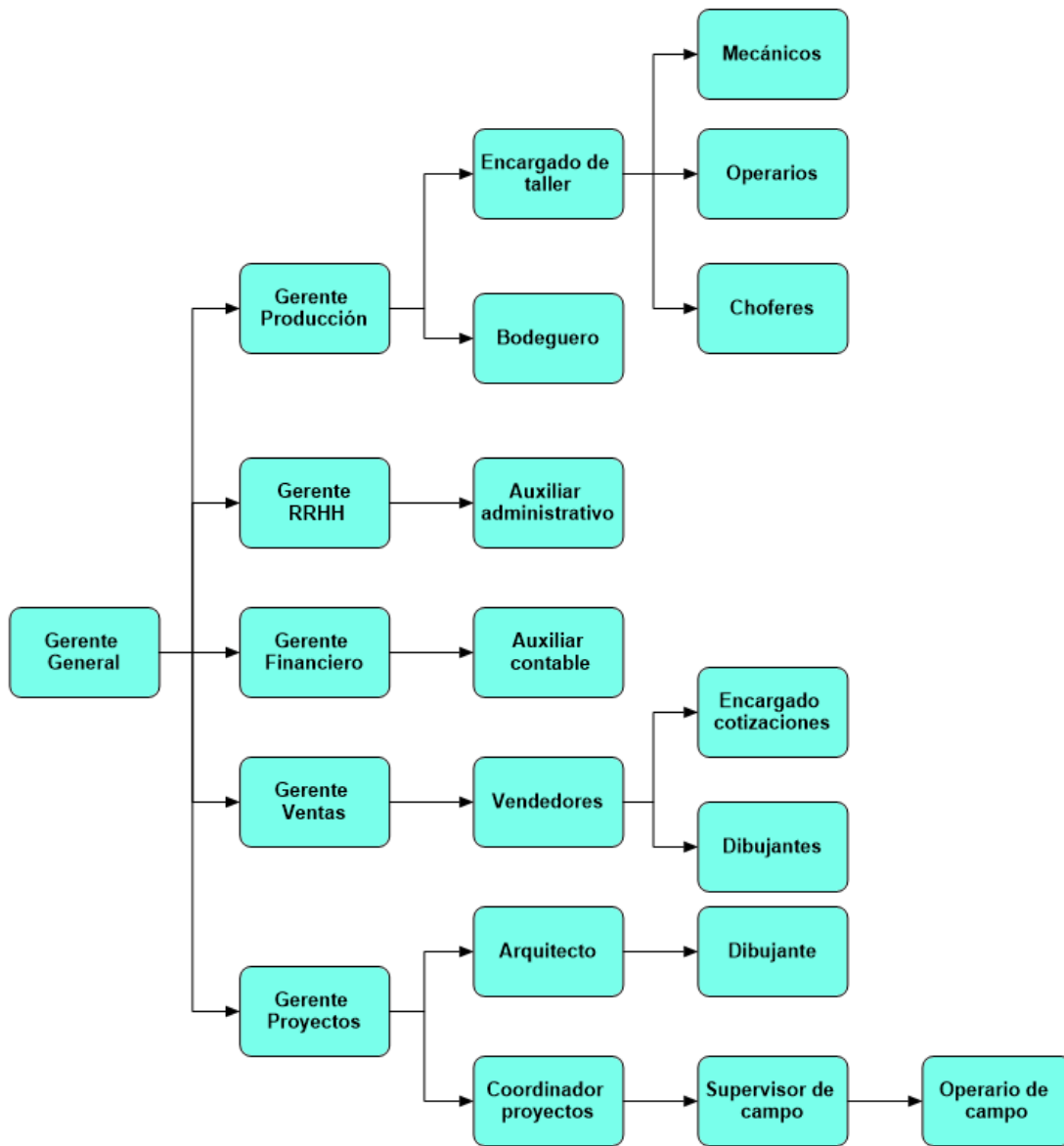


Fuente: Google Maps (2024).

### **2.2.4 Estructura organizacional**

El organigrama de la empresa se presenta a continuación:

Figura 2.20: organigrama de estructuras CEM



Fuente: RR. HH. Estructuras CEM (2024).

La empresa está dirigida por el gerente general, puesto que ejerce el dueño de la compañía, quien se encarga de tomar las decisiones más importantes. Este, a la vez, tiene a su cargo a los demás gerentes de la empresa: el gerente de Ventas, el gerente financiero, el gerente de Proyectos, el gerente de Recursos Humanos y el gerente de Producción.

El gerente de Producción tiene a su cargo al encargado de taller y al bodeguero. A la vez, el encargado de taller supervisa a los choferes, operarios de producción y

mecánicos, quienes velan por el buen funcionamiento de la flotilla vehicular y de algunas máquinas.

El gerente de Recursos Humanos tiene a su cargo un auxiliar administrativo que lleva el control de todo lo referente a la planilla, los nuevos ingresos, las salidas de personal y la compra de suministros de oficina.

El gerente financiero tiene a su cargo a un auxiliar contable que lleva el control de las compras de materia prima y herramientas, así como su respectivo registro contable y la facturación a los clientes.

El gerente de Ventas tiene a su cargo a los vendedores, quienes, a la vez, supervisan a los encargados de las cotizaciones, tanto del costo de los proyectos como de las cotizaciones de materiales. Además, se encuentran los dibujantes, quienes, en los casos en los que el cliente no cuente con los planos, realizan el levantamiento y diseño de las estructuras que se cotizarán.

El gerente de Proyectos tiene a su cargo a un arquitecto y a un coordinador de proyectos. El arquitecto se encarga del diseño de las estructuras por producir y tiene un dibujante a su cargo para tal efecto, ya que no es lo mismo un plano arquitectónico que el plano que se envía al taller para la producción de las estructuras. El coordinador de proyectos se encarga de la ejecución del proyecto en campo, del montaje de las estructuras producidas y de la logística del transporte de las estructuras del taller al sitio. Además, tiene a su cargo a los supervisores de campo, quienes son los encargados directos del montaje. Estos supervisores tienen a su cargo a todos los operarios de campo.

### **2.2.5 Cantidad de empleados**

La cantidad de empleados por área se presenta en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: cantidad de empleados por área

<b>Puesto o Área</b>	<b>Cantidad</b>
Departamento de RR. HH.	2
Departamento financiero	2
Departamento de Producción	19

Departamento de Ventas	7
Departamento de Proyectos	40
<b>Total</b>	<b>70</b>

Fuente: RR. HH. Estructuras CEM (2024).

### **2.2.6 Tipos de productos**

La empresa produce todo tipo de estructuras metálicas, como portones, barandas, estructuras para techos, paredes, estructuras industriales y estructuras finas.

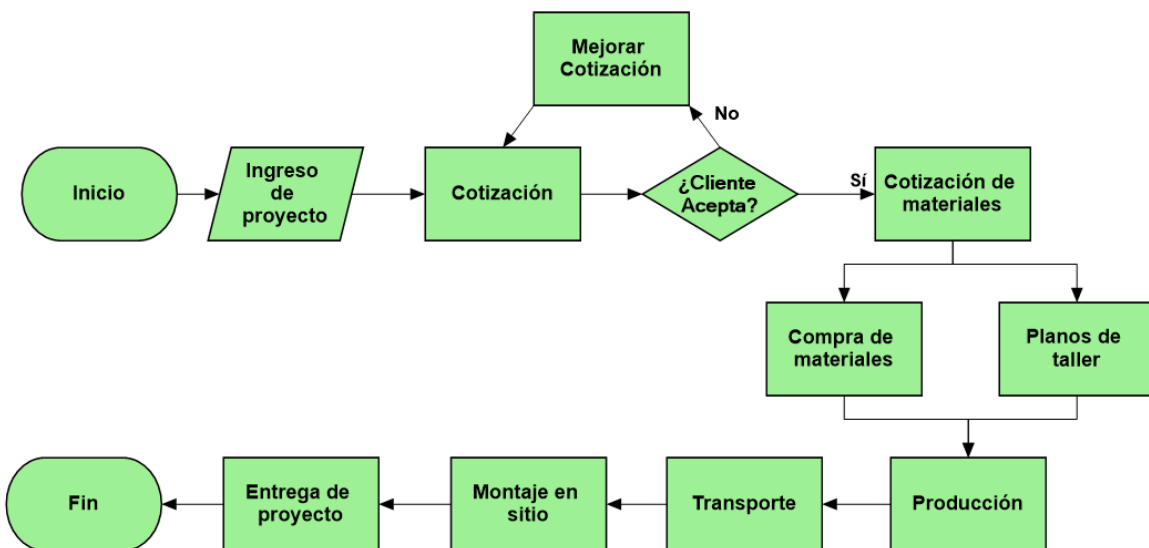
### **2.2.7 Mercado de exportación**

Esta empresa no tiene un mercado de exportación; solo opera en el ámbito nacional.

### **2.2.8 Descripción general del proceso productivo**

A continuación, se detalla el proceso productivo en el ámbito general.

Figura 2.21: proceso productivo de estructuras CEM



Fuente: Producción Estructuras CEM (2024).

El proceso productivo en general en Estructuras CEM inicia con la necesidad de un cliente de construir alguna edificación o estructura metálica. Se presenta el proyecto y, seguidamente, este pasa directo a cotización. Una vez que se realiza el análisis del costo de materiales, mano de obra, transporte, etc., se comunica al cliente el costo total del proyecto.

El cliente recibe la propuesta, la analiza y la compara con otras cotizaciones, ya que, por lo general, las empresas grandes solicitan al menos tres cotizaciones de diferentes contratistas. Una vez tomada la decisión, el cliente comunica a la empresa si acepta o no las condiciones presentadas.

Si el cliente acepta, el proyecto regresa al área de cotización, en este caso para calcular los materiales necesarios para ejecutar el proyecto. Si el cliente no acepta, este regresa al área de cotización para intentar mejorar la oferta y presentársela nuevamente al cliente.

Una vez que el área de cotizaciones elaboró la lista de materiales y los cotizó, se envía al área de compras para adquirir los materiales necesarios. A la vez, el proyecto se remite al área de dibujo para elaborar los planos para el taller.

Una vez que los materiales se encuentran en la empresa y los planos de taller están listos, el proyecto pasa directamente al taller y al Área de Producción. Cuando las piezas necesarias del proyecto ya están producidas, se trasladan al sitio del proyecto.

Cuando las piezas están en el sitio del proyecto, una cuadrilla, liderada por un supervisor y con el apoyo del área de proyectos, inicia la instalación. Una vez que el proyecto está terminado, se coordina con el cliente para realizar la entrega final. Así concluye el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

Para toda investigación se puede utilizar un enfoque cualitativo o cuantitativo. El enfoque cualitativo es un método de estudio que se basa en el análisis de información obtenida a través de recursos como entrevistas y documentación de la empresa. Lo anterior tiene el fin de identificar los factores que afectan a la compañía en un problema determinado. Por otra parte, el enfoque cuantitativo utiliza números y análisis estadístico para abordar un problema específico. En el caso del estudio en curso, el enfoque que se usa es mixto; se emplea, tanto el examen cualitativo para revisar la documentación anterior de la compañía como el análisis cuantitativo, lo que permite obtener un análisis más específico y profundo.

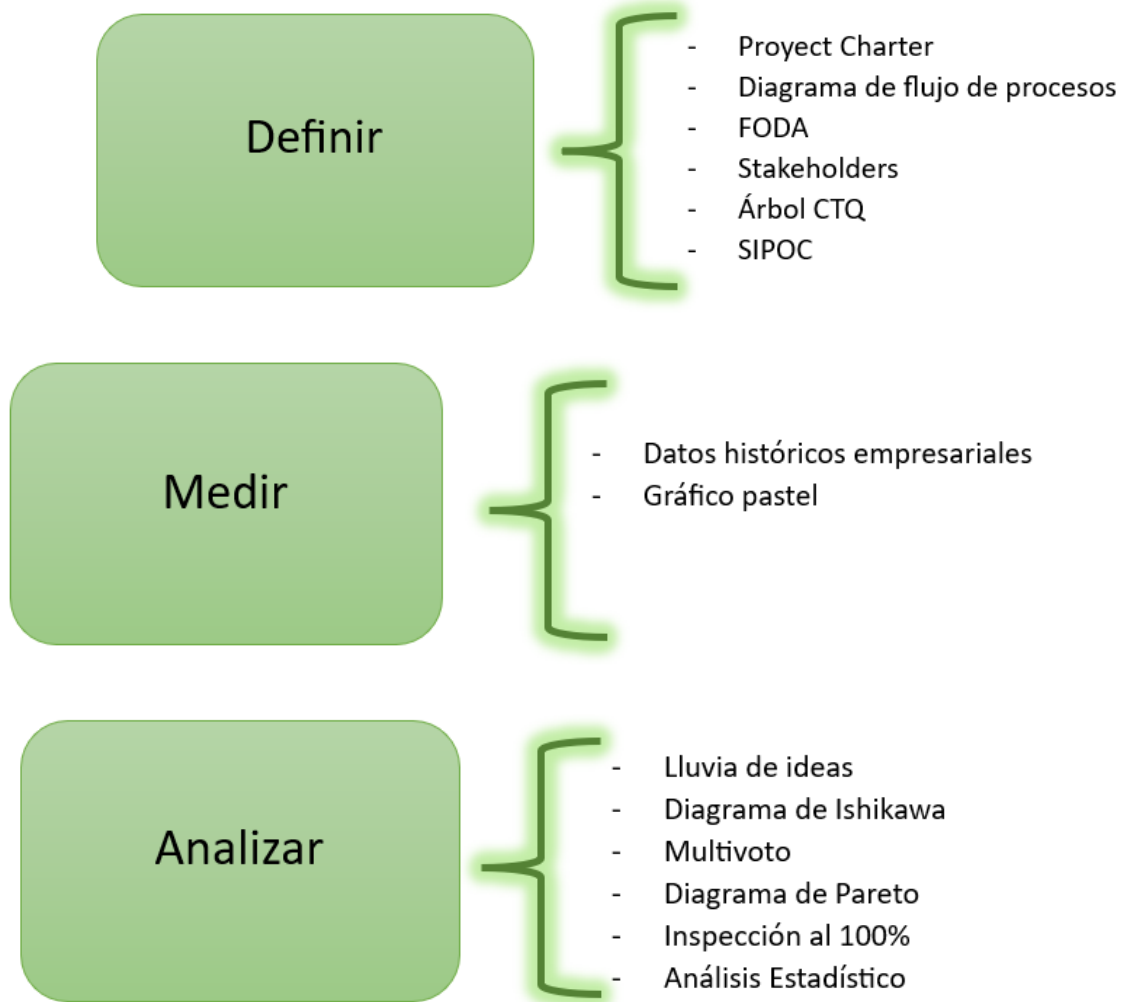
En este proyecto se utiliza el análisis de documentación para proporcionar un enfoque no solo teórico, sino que a través de la revisión mediante un análisis estadístico, se le otorgará también el enfoque numérico requerido.

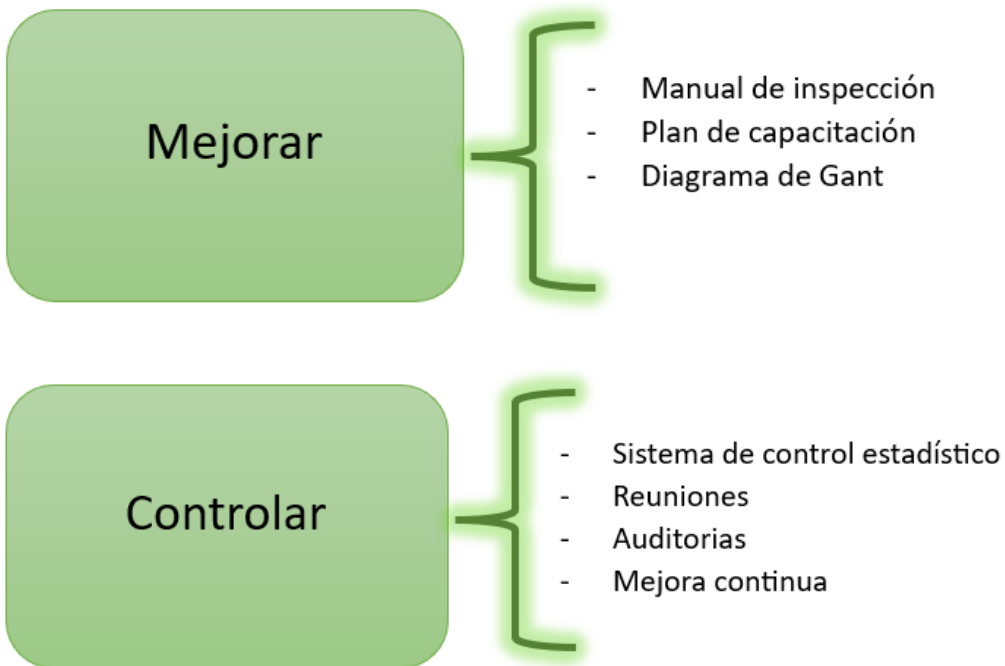
En este tipo de investigación se utiliza una serie de herramientas que ayudan con el análisis de lo que ocurre en la empresa Estructuras CEM, específicamente en el área de calidad del proceso productivo en el taller, en relación con las fallas detectadas en el producto terminado. Para dar respuesta a este problema se emplean herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, el multivoto, el diagrama de Gantt, el análisis FODA y el análisis estadístico, entre otras. Se espera encontrar las causas del desperdicio de material, los retrasos en las entregas y la calidad de los productos entregados. Además, mediante el enfoque en la calidad, se diseña un manual de inspección del producto para cada una de las estaciones de trabajo del taller, con el fin de minimizar las fallas encontradas en el producto terminado.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza el método DMAIC, con el objetivo de diseñar un manual de inspección para el Área de Producción de la empresa Estructura CEM.

Figura 3.1: DMAIC del proyecto





### **Definir**

En la fase de definir se utiliza el diagrama de flujo, el FODA, los Stakeholders, el árbol CTQ y el Sipoc. Lo anterior tiene el fin de establecer la situación actual de la empresa, identificar a sus principales interesados en el proyecto, definir el proceso actual y, de este modo, tener una idea clara sobre cómo iniciar el análisis.

### **Medir**

Para medir el problema, se utilizan los datos históricos de la empresa y gráficos de pastel.

### **Analizar**

Para analizar los problemas, se utiliza la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, el multivoto, el diagrama de Pareto, la inspección al 100 % en el Área de Producción y el análisis estadístico. Lo anterior tiene el fin de definir cuáles son las causas principales del problema.

### **Mejorar**

Para mejorar el problema, se utiliza el manual de inspección como herramienta para evitar que las fallas salgan del taller de producción. Además, se implementa un plan de capacitación para todos los empleados del taller, con el fin de que ellos mismos puedan diferenciar y prevenir las fallas. Asimismo, se elabora un diagrama de Gantt que detalle cómo se ejecutan, a lo largo del tiempo, todas las mejoras e implementaciones.

### **Controlar**

Para controlar el proyecto se utiliza el control estadístico para revisar los parámetros que se producen en el taller. Se llevan a cabo reuniones de seguimiento entre los involucrados en el proceso y auditorías, ya sean internas o externas, para asegurar que las mejoras se implementen.

La mejora continua debe aplicarse cuando sea necesario. Mejorar los procesos de manera constante coloca a la empresa en la vanguardia diariamente.

## **3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

De acuerdo con Rojas (s. f.): “Las fuentes primarias son materiales que se crearon durante el período de tiempo estudiado o que un participante creó en una fecha posterior en los eventos que se estudian” (s. p.). Las fuentes primarias que se utilizan para este estudio son el personal de la empresa relacionado con el área, la documentación empresarial, las lluvias de ideas realizadas durante la investigación y los datos que se obtienen a través de herramientas como Minitab.

“En las ciencias sociales, una fuente secundaria suele ser un libro académico, un artículo de revista o un documento digital o impreso creado por alguien que no experimentó o participó directamente en los eventos o condiciones bajo investigación” (Rojas, s. f., s. p.). Las fuentes de información secundarias que se utilizan para este

trabajo son páginas web que contienen información relacionada con los temas tratados, investigaciones realizadas por otros autores e información teórica publicada en libros pertinentes al tema.

### **3.3.1 Sujetos de información**

Para el estudio se aplica la metodología DMAIC. La información se obtiene del personal que labora en el Área de Producción y de las jefaturas de estructuras CEM. Enseguida, se detalla el Project Charter del proyecto.

Figura 3.2: Project Charter del proyecto

PROJECT CHARTER			
NOMBRE DEL PROYECTO		ENCARGADO DEL PROYECTO	
Diseño del manual de inspección para el control de calidad del área de producción		Johnny Ranmírez Cantillano	
CORREO ELECTRÓNICO		TELÉFONO	UNIDAD ORGANIZATIVA
<a href="mailto:johngrc1979@gmail.com">johngrc1979@gmail.com</a>		60 008 580	Producción
COSTOS ESTIMADOS		AHORROS ESPERADOS	FECHA PREVISTA DE INICIO
₡ -		₡ -	16/9/2024
			FINALIZACIÓN PREVISTA
			31/3/2025
<b>VISIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b>			
PROBLEMA	Irregularidades en el corte, soldadura y acabado de las estructuras producidas		
PROPÓSITO DEL PROYECTO	implementación del manual de inspeccion para reducir el desperdicio y los retrasos		
CASO DE NEGOCIO	Reducir perdidas y evitar retrasos		
OBJETIVOS	Diseñar el sistema de inspección para el control de calidad en el área de producción de la Empresa Estructuras CEM, basado en el proceso DMAIC, tomando en cuenta el control estadístico de la calidad y que se incluyan los factores que estandaricen el proceso disminuyendo los errores, desperdicios y retrasos en las entregas.		
ENTREGABLES ESPERADOS	Planes de acción y controles		
<b>ALCANCE DEL PROYECTO</b>			
DENTRO DEL ALCANCE	Estandarizar el proceso de inspección.		
FUERA DEL ALCANCE	Procesos que dependen de áreas externas a la producción		
<b>CALENDARIO TENTATIVO</b>			
HITO CLAVE	EMPEZAR	TERMINAR	
Equipo del proyecto del formulario / Revisión preliminar / Alcance	16/9/2024	20/9/2024	
Finalizar plan de proyecto / Carta / Kick Off	23/9/2024	23/9/2024	
Definir fase	1/10/2024	11/10/2024	
Fase de medición	1/10/2024	11/10/2024	
Fase de análisis	14/10/2024	30/11/2024	
Fase de mejora	2/12/2024	31/12/2024	
Fase de control	1/1/2025	28/2/2025	
Informe de resumen del proyecto y cierre	1/3/2025	8/3/2025	

### 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Tabla 3.1: variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir las causas que provocan los errores en la fabricación de las estructuras en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.</li> </ul>	Definir	Determina por escrito u oralmente, de modo claro y exacto, las cualidades esenciales del tema de que se trate.	Análisis situacional de la empresa.	Análisis FODA, Mapa de <i>stakeholders</i> , evidencia del problema, árbol de CTQ, diagrama Sipoc, diagrama de flujo.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir el impacto que provocan los errores en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM, tanto en el ámbito económico como ante la perspectiva de los clientes.</li> </ul>	Medir	Determinar la longitud, volumen, extensión o capacidad de una cosa por comparación con una unidad de medida establecida que se utiliza como referencia.	Recopilación de datos históricos de las pérdidas y retrasos en la entrega del producto terminado. Definir mediante instrumentos el comportamiento actual.	Datos históricos de estructuras CEM, gráficos pastel.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar las causas que provocan los errores en el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.</li> </ul>	Causa	Fallo, acción, omisión o condición que conduce directamente a un suceso iniciador.	Trabajo grupal con partes involucradas directamente en el proceso.	Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, multivoto, diagrama de Pareto, Inspección al 100 %, análisis estadístico.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proponer el sistema de inspección de calidad para el proceso de producción de la empresa Estructuras CEM.</li> </ul>	Proponer	Acción de presentar una idea, sugerencia, plan o solución a una situación o problema específico. Lo anterior implica comunicar	Definir propuestas y controles.	Manual de inspección, plan de capacitación, diagrama de Gantt, sistema de control

		una propuesta de manera clara y persuasiva.		estadístico, reuniones, auditorías, mejora continua.
--	--	---	--	--

### **3.5 INSTRUMENTOS**

A continuación, se detallan los instrumentos que se utilizan en el presente estudio:

#### **3.5.1 Bitácora**

Se denomina cuaderno de bitácora (y a veces, simplemente bitácora) a un registro de: “Lo acontecido cotidianamente en la vida de una persona, especialmente si esa persona se halla en una situación especial” (Farías, 2024, s. p.). La bitácora se utiliza como un cuaderno de apuntes en el que el investigador registra los datos que se encontraron y observaron que sean necesarios para el proyecto.

#### **3.5.2 Observación**

De acuerdo con Equipo Editorial Etecé (2024):

Observación al acto de emplear la vista para obtener información a partir de un fenómeno de la realidad. Es una actividad común del ser humano y muchos otros animales dotados de distintos mecanismos de visión, que consisten en captar diversos tipos de radiación electromagnética (eso que llamamos luz). Por otro lado, se llama observación también a uno de los primeros pasos de cualquier investigación que se rija por el método empírico-analítico, que es un modelo posible del método científico, muy empleado en las ciencias naturales y en las ciencias sociales. En ese sentido, la observación consiste en la recopilación directa de datos a partir de la naturaleza mediante trabajos de campo o trabajos de laboratorio (s. p.).

La observación es necesaria para reunir datos del proceso que se investiga, definir cómo realizan las tareas los operarios, los espacios y todo lo que involucra el proyecto.

#### **3.5.3 Registros históricos**

Según Llamas (2020): “Los costos históricos son aquellos gastos que se acumulan a lo largo del tiempo durante un proceso de fabricación o prestación de servicios. Son los costos reales que una empresa ha tenido en el pasado” (s. p.). En esta investigación se utilizan los registros históricos para analizar los costos aplicados a los proyectos, en los cuales se evidencian los gastos elevados debido a desperdicios y entregas tardías.

### **3.5.4 Entrevistas**

De acuerdo con Equipo Editorial Etecé (2020): “Una entrevista es un intercambio de ideas u opiniones mediante una conversación que se da entre dos o más personas. Todos las personas presentes en una entrevista dialogan sobre una cuestión determinada” (s. p.). Para este estudio se aplicó la entrevista abierta al gerente general, al gerente de producción y al encargado de taller, con el fin de obtener información de primera mano para recolectar los datos del proyecto.

### **3.5.5 Reuniones**

Según López (2020): “La reunión es la agrupación de dos o más personas que puede responder a objetivos distintos, ya sean laborales o sociales, o incluso ambos. Esto puede darse de forma planeada o espontánea” (s. p.). Para la recopilación de datos en este trabajo se utilizan las reuniones para realizar una lluvia de ideas con el personal del taller, el gerente general, el gerente de producción y el jefe de taller.

### **3.5.6 Recorridos**

Pérez (2022) afirma que: “Recorrido es la acción y efecto de recorrer (atravesar un espacio, efectuar un trayecto, registrar con cuidado, repasar)” (s. p.). El recorrido se utiliza para conocer las instalaciones, repasar todos los pasos del proceso y observar dónde se ubica cada sección del taller.

## **3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

Al comenzar a definir el proyecto se definen las fechas del trabajo a través de un diagrama de Gantt, de acuerdo con lo asignado por la universidad.

Figura 3.3: diagrama de Gantt del proceso de tesis según universidad

<b>GANT DE ACTIVIDADES - SEMINARIO DE GRADUACIÓN</b>									
II Cuatrimestre 2024		III Cuatrimestre 2024			I Cuatrimestre 2025				
Semana 10	Semana 11 a 16	Semana 1 a 4	Semana 9	Semana 10 a 17	Semana 1 a 7	Semana 8	Semana 9 a 10	Semana 11 a 13	Semana 14 a 15
Tema a director	Matricular TII								
		Taller TII	Reunión inicial						
			Desarrollo del TFG con tutoría			CD borrador			
							Lecturas		
							Correcciones + ensayo	Defensas	
								Correcciones + filólogo	CD final
22/7/2024	29/7/2024	19/9/2024	11/11/2024	18/11/2024	6/1/2025	13/3/2025	3/3/2025	17/3/2025	7/4/2025

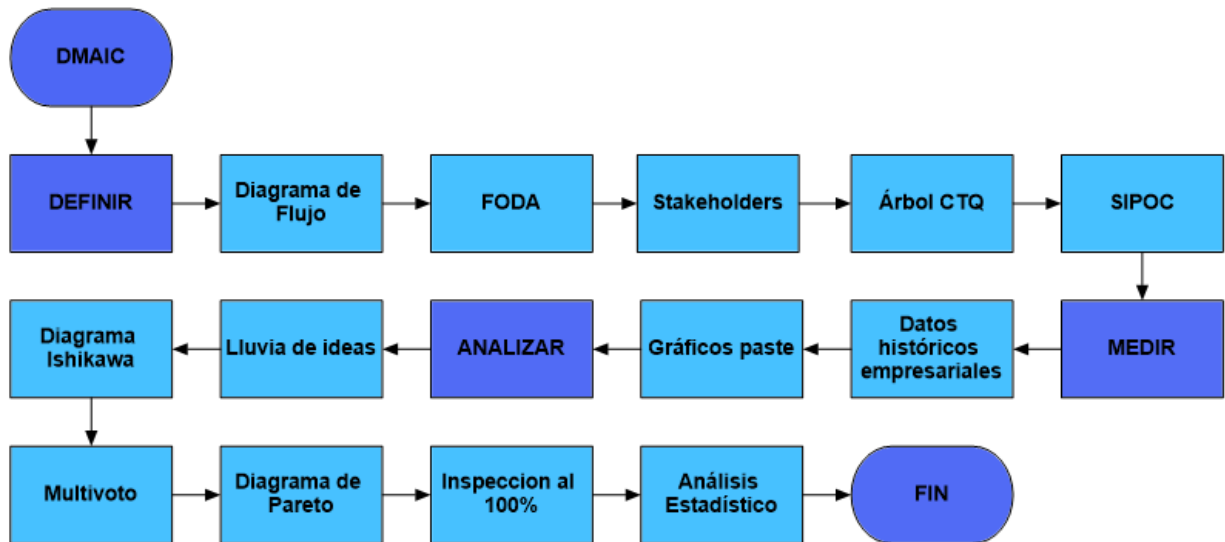
El investigador define el siguiente diagrama de Gantt con las fechas importantes aproximadas para el desarrollo del proyecto.

Figura 3.4: diagrama de Gantt del proceso de tesis según investigador

<b>GANT DE ACTIVIDADES - SEMINARIO DE GRADUACIÓN</b>								
II Cuatrimestre 2024			III Cuatrimestre 2024					
Semana 8	Semana 9	Semana 13	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5 a 8	Semana 9 a 15	Semana 1 a 5
Reunión Empresa	Definición de tema							
		Recolección datos preliminares						
			Capítulo 1	Capítulo 2	Capítulo 3			
						Inspección al 100%		
							Capítulo 4	Capítulo 5 y 6
8/7/2024	15/7/2024	12/8/2024	23/9/2024	30/9/2024	7/10/2024	14/10/2024	11/11/2024	6/1/2025

El proceso de recolección y análisis de datos se detalla en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 3.5: diagrama de flujo del proyecto



El inicio del proyecto se realiza mediante el método DMAIC. Primero, se define la investigación a través de herramientas ingenieriles.

1. La primera herramienta por utilizar es un diagrama de flujo; en este se reflejan los pasos que se llevan a cabo en el área de taller, definiendo cómo se realiza la producción.
2. Después, se implementa un FODA para dar contexto sobre cómo se encuentra la empresa en el momento, cuáles son sus fortalezas y debilidades, así como las amenazas y oportunidades.
3. Seguidamente, se implementa un análisis de *stakeholders* para examinar cuáles son las partes interesadas en que el Área de Producción obtenga mejores resultados.
4. Se implementa un árbol de CTQ o árbol de calidad, con el fin de detectar el problema, algunas de sus causas y las soluciones.

5. Se implementa un Sipoc para establecer quiénes son los involucrados en el proceso productivo de la empresa.

En este punto, al utilizar el método DMAIC, se avanza a la etapa de medir.

6. Se recopilan los datos históricos de la empresa que se relacionan con las fallas, los retrasos en las entregas de los proyectos, el desperdicio y el costo aproximado.

7. Se toman los datos y se detallan en gráficos circulares para realizar una comparación de lo perdido en cada proyecto.

Continuando con la metodología DMAIC, se inicia la etapa de análisis.

8. Se realiza una reunión con el personal del Área de Producción, la Gerencia del área y la Gerencia General para llevar a cabo una lluvia de ideas sobre las causas de los errores que se encontraron.

9. Los datos recogidos en la lluvia de ideas se ingresan en un diagrama de Ishikawa para identificar cómo se dividen.

10. En la misma reunión citada, se realizó un multivoto en el que cada colaborador de la empresa puede votar por las causas recopiladas. Lo anterior tiene el fin de identificar cuáles son las principales.

11. Con los resultados del multivoto, se incluyen en un diagrama de Pareto para identificar las causas principales que se deben abordar.

12. En el área de taller se realiza una inspección de calidad al 100 % de los artículos producidos por cada estación de trabajo, con el fin de cuantificar las fallas.

13. Por medio del control estadístico de calidad, se analizan los datos que se obtienen.



## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

La competencia que se lleva a cabo en el país en el sector de la construcción es muy elevada e incluso se ha vuelto desleal. Muchos oferentes de proyectos de construcción trabajan con márgenes de ganancia muy reducidos, lo que se traduce en trabajos mal realizados y de baja calidad. Sin embargo, existen empresas que mantienen la seriedad en sus operaciones, cobran lo justo y entregan trabajos de alta calidad. Este es el caso de la empresa Estructuras CEM, ubicada en San Pablo de Heredia. A pesar de haber experimentado un crecimiento acelerado y, a la vez, desordenado, ha tratado de mantener la alta calidad en sus trabajos.

Sin embargo, al experimentar este crecimiento acelerado comienzan a aparecer algunos problemas relacionados, como los que se presentan en el Área de Producción. A medida que se contrata más personal, es más probable que se obtengan resultados adversos.

El Área de Producción de Estructuras CEM se divide en estaciones de trabajo. La más delicada es la estación de soldadura, ya que algunos desperfectos en esta implicarían la entrega de un trabajo de mala calidad, en el cual la estructura puede presentar una mala apariencia e incluso reventarse, lo que puede causar un problema mayor en la construcción. Lo anterior ha llevado a que la empresa acumule una gran cantidad de material enviado a desecho debido a este tipo de desperfectos, lo que merma las ganancias de la compañía y ocasiona retrasos en las entregas, en virtud de que muchas de estas piezas defectuosas requieren retrabajo o incluso la fabricación de una pieza nueva.

Por este motivo, se elige el Área de Producción para llevar a cabo un estudio e implementar un manual de inspección. Lo anterior tiene el objetivo de disminuir los posibles errores y contribuir a la entrega de productos de alta calidad.

#### **4.1 DEFINIR**

Para entender el trabajo que realiza la empresa en su producción, se presentan detalles sobre los conceptos necesarios que se utilizan en la industria

#### **4.1.1 Estructuras metálicas**

Según Lesnik (2024):

Una estructura metálica, es una obra civil que está sostenida principalmente por perfiles metálicos como el acero. Este tipo de construcción ingresa dentro de las construcciones en seco, ya que no utiliza agua en su edificación, lo que acelera tiempo y ahorros económicos (s. p.).

#### **4.1.2 Características de las estructuras de acero**

Lesnik (2024) afirma lo siguiente:

Las estructuras metálicas de acero pertenecen a las construcciones en seco y una de las características principales de estos sistemas es la industrialización de las piezas. Esto quiere decir que todas las piezas se producen en fábricas para sólo ser montadas y ensambladas en obra.

Esta característica hace que una obra de estructura metálica sea de rápida ejecución y sin desperdicios de materiales. Además, no permite muchas improvisaciones, por lo que el arquitecto debe crear planos extremadamente detallados.

Según la obra y el peso a soportar los ingenieros deberán decidir:

El tipo de acero

Los perfiles por utilizar

Grosor

Dimensiones de cada elemento (s. p.).

#### **4.1.3 Materiales desarrollados con acero en construcción**

Lesnik (2024) enlista los siguientes:

Herramientas de construcción; generalmente con aceros rápidos o HSS.

Vigas, existen diferentes estilos de vigas, las más usadas son la “H” usadas para soportar mayores cargas y las “I” las cuales tiene aletas más estrechas y está hecha de carbono laminado.

Placas, las mismas dependen de la resistencia se puede usar de manera estructural, para pisos, paredes, entre otros.

Perfiles, existen una gran variedad de perfiles, perfiles livianos de acero galvanizados para steel frame a perfiles metálicos laminados en acero al carbono para grandes estructuras.

Tubos de acero, existen tubos de acero de diferente resistencia y aceros

Ángulos

Losacero para techos

Mallas

Cables (s. p.).

#### **4.1.4 Estructura de acero principal y secundaria**

Según Lesnik (2024):

Una estructura funciona bien cuando es estable, resistente y rígida. Cada estructura metálica, conforme a su diseño, está formada por una estructura metálica principal y una estructura metálica secundaria.

Estructura Metálica Secundaria: Esta estructura corresponde eminentemente a las unas partes de testeras y cubiertas que se ponen sobre la estructura metálica primordial.

##### **Estructura metálica principal**

Esta está compuesta por todos aquellos elementos que estabilizan, o sea que su función es repartir y equilibrar el peso que se transfieren a los cimientos.

##### **Estructura metálica secundaria**

Esta estructura corresponde fundamentalmente a la fachada y a la cubierta, lo que llamamos también subestructura y se coloca sobre la estructura metálica principal, y ésta puede ser metálica o de hormigón (s. p.).

#### **4.1.5 Tipos de estructuras metálicas**

##### **1. Estructuras abovedadas**

De acuerdo con Lesnik (2024): “Estas estructuras son todas y cada una aquellas en las que se emplean cúpulas, bóvedas y arcos para repartir y compensar el peso de la estructura, como por poner un ejemplo puede verse en las catedrales o bien iglesias” (s. p.).

## **2. Estructuras entramadas**

Para Lesnik (2024):

Estas son las más habituales en tanto que son las que usan la mayor parte de las construcciones que podemos ver en cualquier urbe. Emplean un sinnúmero de vigas, pilares, columnas y cimientos, o sea, un sinnúmero de elementos horizontales y verticales para repartir y compensar el peso de la estructura. Estas estructuras son más ligeras por el hecho de que emplean menos elementos que las arqueadas por poner un ejemplo y de este modo pueden lograrse edificios de gran altura (s. p.).

## **3. Estructuras trianguladas**

Según Lesnik (2024):

Las trianguladas se caracterizan como su nombre señala por contar con sus elementos de forma triangular, acostumbran a ser ligerísimas y económicas. Acostumbran a emplearse para la construcción de puentes y naves industriales. En estos casos hay 2 formas que son las más empleadas, la cercha y la celosía (s. p.).

## **4. Estructuras colgantes**

Lesnik (2024) las define de la siguiente manera:

Las estructuras colgantes como puentes colgantes son aquellas que emplean cables o bien barras (tirantes) que van unidos a aguantes muy resistentes (cimientos y pilares). Los tirantes estabilizan la estructura, como puede verse por poner un ejemplo en los puentes colgantes (s. p.).

## **5. Estructuras laminares**

De acuerdo con Lesnik (2024): “Todas y cada una aquellas formadas por láminas resistentes que están conectadas entre sí y que sin alguna de ellas la estructura se volvería inestable” (s. p.).

## **6. Estructura de acero galvanizado o steel frame**

Lesnik (2024) afirma que: “Para la construcción de una casa, es recomendable utilizar un sistema de construcción llamado Steel Frame o marco de acero. En estos casos, se utiliza acero galvanizado, el cual es resistente y liviano” (s. p.).

## **7. Estructura de acero para techos.**

Lesnik (2024) señala:

Dependiendo del peso y el diseño, puede usarse el sistema de steel *frame* para techos con acero galvanizado o usarse acero más reforzado.

A diferencia de la madera o el hormigón, el acero es más ligero. Los tiempos de ejecución son menores y daña menos al medio ambiente, ya que no genera desperdicios la tala de árboles en el caso de la madera (s. p.).

## **8. Estructura de acero para edificios o puentes.**

Según Lesnik (2024)

En el caso de edificios o puentes que deben soportar grandes cargas, el acero debe tener una resistencia extremadamente alta. Cuanto mayor sea el contenido de carbono, mayor será la resistencia.

En el caso de edificios, vemos el uso de acero en todas las etapas, desde los cimientos hasta el techo. Es importante resaltar que existe una diferencia en una estructura metálica y las barras de acero utilizadas en las estructuras de hormigón armado. Los materiales tienen diferentes propiedades y comportamientos (s. p.).

### **4.1.6 Tipos de acero**

#### **Acero laminado en caliente y en frío**

Las chapas de acero pueden ser laminadas en caliente o en frío. Cuando se calientan, las chapas se fabrican a altas temperaturas, por encima de los 900 °C:

El resultado son bobinas laminadas en caliente. Tras este proceso, el producto pasa por el proceso de desenrollado, donde se cortan las láminas transversalmente y salen listas. Este tipo de acero es materia prima para la producción de tubos metálicos, autopartes, llantas, entre otros (Lesnik, 2024, s. p.).

### **Acero galvanizado**

De acuerdo con Lesnik (2024):

El acero galvanizado es el material que pasa por el proceso de galvanizado que hace que el material alcance una mayor resistencia. La galvanización implica la inmersión del acero en zinc fundido, lo que garantiza la resistencia a la corrosión del producto.

El uso principal de este material es en la fabricación de tuberías, vigas de soporte, entre otras aplicaciones dentro de la construcción civil (s. p.).

### **Acero galvalume**

Lesnik (2024) lo explica de la siguiente manera:

El acero Galvalume es un tipo de acero de aleación compuesto de zinc, silicio y aluminio. Este tipo de material es excelente en resistencia a la corrosión y tiene una vida útil cuatro veces más larga que el acero galvanizado.

Por esta razón, el acero galvalume se usa ampliamente en atmósferas agresivas, como en industrias y en la marina. Tiene una mayor belleza estética, y tiene una gran aplicabilidad en la construcción civil, como las tejas (s. p.).

### **Acero inoxidable**

Según Lesnik (2024):

El acero inoxidable es la producción de acero con la adición de cromo y níquel, elaborado en el alto horno a partir de arrabio. Este material, además de ser resistente a la corrosión atmosférica, también lo es a varios otros productos químicos.

Por lo tanto, tiene mucha aplicabilidad, tanto en la construcción civil —uso en tuberías, componentes de equipos, etc.-- como en otros sectores. El acero inoxidable mantiene su atractivo brillo durante mucho tiempo y solo requiere una limpieza sencilla (s. p.).

### **Aceros al carbono**

Lesnik (2024) plantea que:

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Están formados principalmente por hierro y carbono.

Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas (s. p.).

#### **4.1.7 Ventajas de la construcción con acero**

Lesnik (2024) señala las siguientes ventajas:

##### **1. Trabajos más rápidos**

La duración de un trabajo de estructura de acero en comparación con los procesos convencionales puede ser de hasta un 40% más corta. Al ser un sistema seco, no hay tiempo de secado ni de fragüe, en la obra solo deben ensamblarse las piezas.

##### **2. Más espacio**

Con estructuras de acero para edificios, las secciones de columnas y vigas de acero son sustancialmente más pequeñas que el equivalente en hormigón. Así, hay un mejor aprovechamiento del espacio interior y un aumento de la superficie útil.

##### **3. Calidad asegurada**

Los perfiles metálicos se producen en la industria, lo que garantiza un mayor control, fiabilidad y estándar en las propiedades de cada sección.

##### **4. Sustentabilidad**

La estructura metálica es un proceso de construcción en seco, es decir, utiliza menos agua, no utiliza madera y reduce la emisión de contaminación.

Además, como la obra se completa en menos tiempo, el proceso también termina ahorrando agua, luz. A su vez, las obras convencionales pueden llegar a generar un 25% de su peso en residuos, cosa que no sucede con las obras de acero.

##### **5. Resistencia**

Las estructuras metálicas pueden tener una resistencia similar o superior a la de otros sistemas constructivos, como el hormigón. Para aumentar aún más la durabilidad de una estructura metálica, es importante que el material reciba cierto cuidado.

Existen pinturas especiales y otros tipos de protección que aumentan la vida útil del metal, protegiendo contra la corrosión y los agentes químicos, además de aumentar la seguridad de la estructura en caso de incendio.

#### 6. Construcciones más livianas

Al generar construcciones más livianas, se produce un ahorro en cimientos y manejo de materiales.

#### 7. Precisión constructiva

Mientras que, en las estructuras de hormigón, la precisión se mide en centímetros, en una estructura de acero la unidad utilizada es el milímetro.

Esto garantiza una estructura perfectamente erguida y nivelada, facilitando actividades como la instalación de marcos, instalación de ascensores, así como una reducción en el costo de materiales de revestimiento (s. p.).

### **4.1.8 Desventajas de la construcción con acero**

Entre las desventajas se encuentran las siguientes:

#### 1. Costo inicial

Generalmente, los costos iniciales de una obra con acero son aproximadamente un 15% más altos que el mismo proyecto con hormigón.

Sin embargo, decimos inicial ya que los ahorros en mano de obra, cimientos, mantenimiento y refrigeración, en el caso de steel frame, hacen que, a largo plazo, pueda ser más económico.

#### 2. Corrosión

El acero en contacto con el agua o la humedad sufre de corrosión, lo que lo debilita al material. Esto es una desventaja, pero si se procede de manera correcta existen recomendaciones constructivas y químicos que protegen al acero de este problema y hacen que la corrosión nunca aparezca.

#### 3. Fuego

El comportamiento del acero ante el fuego requiere mayor cuidado, debido a la expansión térmica y la pérdida de capacidad resistente. En condiciones normales, las estructuras de hormigón armado están más protegidas, incluido el hecho de que el revestimiento no es inflamable.

#### 4. Vulnerabilidad ante el viento

En ocasiones climáticas adversas, donde pueda levantarse fuertes ráfagas de viento, las estructura metálicas suelen retorcerse. Seguramente, no sea difícil observar en tu ciudad carteles retorcidos y destruidos después de los acontecimientos climáticos.

#### 5. Ruidos molestos

El ruido o las vibraciones que se generan por la dilatación pueden resultar molestos para el usuario de los edificios.

#### 6. Mano de obra especializada

Como requiere mano de obra capacitada y especializada, las fallas ejecutivas en el diseño estructural de los elementos son comunes y pueden ocurrir daños al edificio (Lesnik, 2024, s. p.).

### **4.1.10 La soldadura**

De acuerdo con Deingenierias.com (2024):

La soldadura es una técnica de unión que implica la fusión localizada de los materiales base, seguida de la solidificación para formar una unión fuerte y duradera. En esencia, la soldadura crea una conexión atómica entre las piezas, lo que la hace excepcionalmente robusta. Los materiales comunes en la soldadura incluyen acero, aluminio, cobre y aleaciones (s. p.).

#### **4.1.10 Tipos de uniones soldadas**

**Solape:** Las piezas se superponen y se sueldan en la parte superior, creando una conexión sólida.

Filete: Las piezas se unen en un ángulo, creando una costura en forma de T, L o de otro tipo, que se llena de material de soldadura.

Borde a borde: Las piezas se colocan borde a borde y se sueldan a lo largo de la junta.

Esquina: Las piezas se unen en un ángulo recto, formando una esquina que se suelda en su intersección (Deingenierias.com, 2024, s. p.).

#### **4.1.11 Principios básicos de la soldadura**

Deingenierias.com (2024) explica los siguientes principios:

##### **A. Metalurgia de la soldadura**

La metalurgia de la soldadura es una parte fundamental de este proceso, ya que se relaciona con los cambios en la estructura y propiedades de los materiales debido a la aplicación de calor y la solidificación. Algunos aspectos clave incluyen:  
Zona de fusión: Es la región donde los materiales se funden y se mezclan durante el proceso de soldadura. La metalurgia en esta zona afecta la microestructura y la dureza.

Zona afectada por el calor (ZAC): Es la región adyacente a la zona de fusión que experimenta cambios térmicos sin fundirse completamente. La metalurgia en la ZAC puede dar lugar a cambios en la estructura cristalina, lo que afecta las propiedades mecánicas.

Recristalización y enfriamiento: La velocidad de enfriamiento después de la soldadura influye en la estructura y en la formación de fases indeseadas. La metalurgia controlada puede reducir la formación de grietas y defectos.

##### **B. Fuentes de calor en la soldadura**

La soldadura utiliza diferentes fuentes de calor para fundir los materiales. Las fuentes de calor más comunes son:

Arco eléctrico: Se genera entre el electrodo y la pieza de trabajo, generando altas temperaturas que funden el material. Es utilizado en procesos como la soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW) y la soldadura por arco con gas metal (GMAW).

Llama de gas: Se utiliza en procesos como la soldadura oxiacetilénica, donde una mezcla de gases inflamables produce una llama intensa.

Láser: Emite un haz de luz altamente concentrado que puede fundir metales con precisión y rapidez, utilizado en aplicaciones de alta tecnología.

Haz de electrones: Emite electrones de alta energía que calientan la pieza de trabajo y permiten la soldadura de materiales conductores.

### C. Propiedades de los materiales en la soldadura

La selección de materiales es esencial en la soldadura, y las propiedades de estos pueden cambiar significativamente debido al proceso. Algunas propiedades para considerar incluyen:

Dureza: La dureza de la soldadura depende de la composición del material y de los parámetros de soldadura. Puede ser necesario realizar tratamientos térmicos posteriores para controlarla.

Tenacidad: La tenacidad es la capacidad de un material para resistir la fractura bajo cargas. La zona afectada por el calor (ZAC) es especialmente susceptible a la pérdida de tenacidad.

Resistencia a la corrosión: Las soldaduras pueden ser vulnerables a la corrosión, especialmente en ambientes agresivos. Se pueden requerir tratamientos de protección o la selección de materiales resistentes a la corrosión.

### D. Tipos de uniones y configuraciones

La elección del tipo de unión y su configuración es esencial para el éxito de una soldadura. Algunos tipos comunes de uniones y configuraciones incluyen:

Juntas a tope: Las piezas se unen de extremo a extremo en una línea recta. Pueden ser juntas a tope en bisel, a tope en ángulo recto, o a tope en ángulo en T, según la orientación.

Juntas en solape: Las piezas se superponen en cierta medida antes de la soldadura, creando una junta en solape.

Juntas a tope en esquina: Similar a las juntas a tope, pero en un ángulo. Se utilizan en esquinas o conexiones en ángulo.

Juntas en borde: Las piezas se unen a lo largo de sus bordes, comúnmente utilizadas en estructuras tubulares.

La elección de la junta y la configuración depende de la aplicación, las cargas esperadas y los requisitos de diseño. Cada tipo de junta tiene ventajas y desventajas en términos de fuerza y facilidad de fabricación (s. p.).

#### **4.1.12 Procesos de soldadura**

Los procesos que detalla Deingenierias.com (2024) son los siguientes:

##### **A. Soldadura por arco eléctrico**

La soldadura por arco eléctrico es uno de los procesos de soldadura más utilizados en la industria. Se basa en la creación de un arco eléctrico entre un electrodo y el material de trabajo.

##### **B. Soldadura de resistencia**

La soldadura de resistencia utiliza la resistencia eléctrica y la presión para unir dos piezas de metal. Algunos subprocesos de soldadura de resistencia incluyen la soldadura por puntos, la soldadura por costura y la soldadura por proyección. Este método es común en la fabricación de componentes electrónicos, automóviles y electrodomésticos debido a su alta velocidad y eficiencia.

##### **C. Soldadura por fricción**

La soldadura por fricción implica la generación de calor mediante la fricción entre dos piezas de metal que se unen. A medida que las piezas se frota y se calientan, se fusionan bajo presión. Este proceso es utilizado en la industria aeroespacial y automotriz para unir materiales de alta resistencia, como aleaciones de aluminio y titanio.

##### **D. Soldadura por láser**

La soldadura por láser utiliza un haz de láser altamente concentrado para fundir y unir materiales metálicos. Este proceso permite una soldadura precisa y de alta calidad, siendo ideal para aplicaciones médicas, electrónicas y aeroespaciales. La soldadura láser también se utiliza en la fabricación de joyas.

##### **E. Soldadura por ultrasonido**

La soldadura por ultrasonido implica la aplicación de vibraciones ultrasónicas a las piezas que se van a unir. Esto genera calor y provoca la fusión de los materiales

en sus superficies de contacto. Es ampliamente utilizado en la industria de la electrónica y el ensamblaje de plásticos (s. p.).

#### **4.1.13 Equipamiento de soldadura**

Deingenierias.com (2024) plantea lo siguiente:

##### **A. Máquinas de soldar**

Las máquinas de soldar son el corazón de cualquier proceso de soldadura. Estas máquinas generan la corriente eléctrica o el calor necesario para realizar la soldadura. Algunos tipos comunes de máquinas de soldar incluyen:

**Soldadoras de arco:** Estas máquinas generan el arco eléctrico necesario para la soldadura. Pueden ser máquinas de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA) y varían en tamaño y complejidad según el proceso de soldadura específico.

**Máquinas de soldadura por puntos:** Diseñadas para la soldadura por resistencia, estas máquinas aplican corriente eléctrica y presión para unir metales mediante puntos de soldadura.

**Máquinas de soldadura por láser:** Estas máquinas generan haces de láser de alta potencia y precisión para la soldadura láser. Requieren sistemas de enfoque y control avanzados.

**Máquinas de soldadura por ultrasonido:** Utilizadas en la soldadura por ultrasonido, generan vibraciones ultrasónicas para fusionar plásticos u otros materiales.

##### **B. Electrodo y alambres de soldar**

Los electrodos y alambres de soldar son los materiales de aporte utilizados en la soldadura. Estos suministran el material adicional necesario para crear una unión sólida. Algunos ejemplos incluyen:

**Electrodos revestidos:** Utilizados en la SMAW, estos electrodos tienen un revestimiento que proporciona materiales de aporte y gases protectores para el arco.

**Alambres de soldar:** Empleados en la GMAW y otros procesos, estos alambres continuos proporcionan el material de aporte mientras se alimentan automáticamente desde un carrete.

Varillas de tungsteno: Utilizadas en la GTAW, estas varillas no consumibles son el electrodo que genera el arco eléctrico.

### C. Gases y consumibles

Los gases y consumibles desempeñan un papel crucial en la protección y la calidad de la soldadura. Algunos aspectos importantes incluyen:

Gases de protección: En procesos como la GMAW y la GTAW, se utilizan gases inertes como el argón o el helio para proteger el arco y el baño de fusión de la contaminación atmosférica.

Fluxes: En la soldadura por arco sumergido y otros procesos, se utilizan fluxes para proteger el baño de fusión y eliminar impurezas.

Electrodos de tungsteno: En la GTAW, la selección del tipo de electrodo de tungsteno afecta la calidad del arco y la soldadura.

### D. Accesorios y equipos de seguridad

La seguridad es una prioridad en la soldadura debido a la exposición al calor intenso y a los riesgos asociados. Algunos accesorios y equipos de seguridad esenciales incluyen:

Máscaras y pantallas de soldador: Protegen los ojos y la cara del soldador de la intensa luz y radiación durante la soldadura.

Guantes y ropa de protección: Impiden quemaduras y protegen la piel de chispas y salpicaduras de metal fundido.

Ventilación y extracción de humos: Ayuda a eliminar los humos y gases tóxicos generados durante la soldadura.

Extintores y equipos contra incendios: En caso de incendio, estos equipos son fundamentales para la seguridad en el taller.

Equipos de manejo de materiales: Carros para cilindros de gas, carretes de alambre y otros equipos facilitan la manipulación segura de materiales y herramientas.

Mesas y soportes de trabajo: Proporcionan superficies resistentes y estables para realizar la soldadura de manera segura y precisa.

Equipo de primeros auxilios: En caso de accidentes, es importante contar con un kit de primeros auxilios en el taller (s. p.).

#### **4.1.14 Técnicas de soldadura**

Según Deingenierias.com (2024) las técnicas son las siguientes:

##### **A. Preparación de la superficie**

La preparación adecuada de la superficie es esencial para lograr soldaduras de alta calidad. Algunas consideraciones clave incluyen:

**Limpieza:** Antes de la soldadura, las piezas deben limpiarse a fondo para eliminar grasa, aceite, óxido y otros contaminantes que puedan afectar la calidad de la soldadura. Esto se logra mediante cepillado, desengrasado y lijado.

**Biselado:** En algunas aplicaciones, biselar los bordes de las piezas crea una junta con una mayor penetración y fuerza. El ángulo y la profundidad del bisel dependen del proceso de soldadura y del grosor del material.

**Alineación:** Las piezas deben alinearse correctamente para asegurar una soldadura uniforme y evitar deformaciones no deseadas. Utilizar herramientas de alineación, como calzos y mordazas, es fundamental.

##### **B. Posicionamiento y sujeción de piezas**

La posición y la sujeción adecuadas de las piezas son fundamentales para una soldadura precisa y segura. Algunos aspectos importantes son:

**Posición de soldadura:** La posición en la que se realiza la soldadura (horizontal, vertical, horizontal sobre cabeza, etc.) afecta la calidad de la soldadura y la facilidad de acceso al área de trabajo.

**Sujeción:** Las piezas deben sujetarse firmemente en su lugar para evitar movimientos durante la soldadura. Se utilizan abrazaderas, imanes, dispositivos de sujeción y mesas de soldadura para este propósito.

**Soportes:** Los soportes adecuados, como caballetes y soportes giratorios, permiten al soldador acceder cómodamente a las áreas de soldadura y mantener una postura segura.

##### **C. Técnicas de soldadura específicas por proceso**

Cada proceso de soldadura tiene sus propias técnicas y consideraciones específicas:

SMAW: Requiere el mantenimiento constante de la distancia entre el electrodo y la pieza, así como el ángulo y la velocidad de avance adecuados. El soldador debe retirar la escoria formada después de cada pasada.

GTAW: Se caracteriza por su precisión. El soldador debe mantener una distancia constante entre el electrodo de tungsteno y la pieza. Controlar la corriente y la velocidad de alimentación del material de aporte es fundamental.

GMAW: La velocidad de alimentación del alambre y la configuración del gas de protección son cruciales. La técnica de movimiento del soldador influye en la forma del cordón de soldadura.

Soldadura por puntos: Requiere una cuidadosa configuración de la corriente y el tiempo de aplicación. La ubicación y el número de puntos de soldadura son críticos.

#### D. Soldadura en diferentes posiciones

La soldadura en diferentes posiciones es una habilidad esencial para un soldador.

Las posiciones comunes incluyen:

Soldadura en posición plana: Las piezas se colocan horizontalmente, lo que facilita la soldadura. Es la posición más sencilla para principiantes.

Soldadura en posición vertical: Las piezas se colocan verticalmente, lo que requiere una técnica más avanzada para evitar la acumulación de material de aporte.

Soldadura en posición sobre cabeza: Las piezas se ubican en posición invertida, lo que puede ser desafiante debido a la tendencia del metal fundido a caer. Se requiere un control preciso.

Soldadura en posición horizontal: Aquí, las piezas se sueldan en una posición intermedia entre la vertical y la plana. Requiere ajustes en la técnica para mantener la integridad del cordón.

Dominar la soldadura en diferentes posiciones es esencial para adaptarse a las necesidades de diversos proyectos y garantizar la calidad de las uniones soldadas en cualquier situación (s. p.).

#### **4.1.15 Inspección y control de calidad**

De acuerdo con Deingenierias.com (2024):

##### **A. Métodos de inspección**

La inspección y el control de calidad son procesos críticos para garantizar que las soldaduras cumplan con los estándares y especificaciones requeridos. Algunos métodos de inspección comunes incluyen:

**Inspección visual:** Es la forma más básica de inspección y se realiza a simple vista. El inspector evalúa la apariencia general de la soldadura en busca de defectos como porosidad, grietas, falta de fusión o desalineación.

**Inspección dimensional:** Se utiliza para verificar que las dimensiones y tolerancias de la soldadura sean las correctas según el diseño.

**Inspección por partículas magnéticas:** Se aplica polvo magnético sobre la superficie de la soldadura y se busca la formación de patrones que revelen grietas u otros defectos ocultos.

**Inspección por líquidos penetrantes:** Se aplica un líquido penetrante en la superficie de la soldadura, el cual entra en las fisuras superficiales. Luego, se utiliza un revelador para hacer visible cualquier penetración que pueda indicar un defecto.

##### **B. Pruebas no destructivas**

Las pruebas no destructivas son métodos que permiten evaluar la integridad de la soldadura sin dañarla. Algunas pruebas no destructivas incluyen:

**Radiografía industrial:** Se utiliza radiación para obtener una imagen de la soldadura. Esto permite detectar defectos internos como porosidad, inclusiones metálicas y falta de fusión.

**Ultrasonido:** Se emiten ondas ultrasónicas a través de la soldadura y se mide cómo se reflejan. Las discontinuidades internas, como grietas y falta de fusión, producen reflexiones que pueden detectarse.

**Prueba de partículas magnéticas:** Se aplica un campo magnético a la soldadura y se inspecciona si las partículas magnéticas se acumulan en áreas donde haya defectos.

Prueba de corrientes Eddy: Se utilizan corrientes eléctricas inducidas para buscar defectos superficiales y subsuperficiales en la soldadura.

#### C. Normas y estándares de calidad

Las normas y estándares de calidad son fundamentales para asegurar la consistencia y la confiabilidad en las soldaduras. Algunos ejemplos incluyen:

AWS (American Welding Society): Establece estándares y recomendaciones para procesos de soldadura en América del Norte. Sus códigos son ampliamente utilizados en la industria.

ISO (International Organization for Standardization): Proporciona estándares globales para garantizar la calidad en la soldadura y la fabricación.

ASME (American Society of Mechanical Engineers): Publica códigos y estándares específicos para aplicaciones en ingeniería y la industria.

EN (European Norm): Define estándares de calidad en Europa, incluyendo especificaciones para soldadura en diferentes industrias.

El cumplimiento de estas normas y estándares es esencial para garantizar la calidad y la seguridad de las soldaduras en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción hasta la industria aeroespacial. Los inspectores y técnicos de calidad desempeñan un papel fundamental en la aplicación y el cumplimiento de estas normativas (s. p.).

#### **4.1.16 Desafíos y problemas comunes**

Deingenierias.com (2024) plantea los siguientes desafíos:

##### A. Defectos de soldadura

La soldadura puede enfrentar una serie de defectos que afectan la calidad y la integridad de las uniones soldadas. Algunos de los defectos más comunes incluyen:

Porosidad: La porosidad se refiere a pequeñas cavidades o poros en la soldadura causados por gases atrapados durante la solidificación. Esto debilita la soldadura y puede llevar a la formación de grietas.

**Grietas:** Las grietas pueden aparecer en la soldadura debido a la tensión, la falta de fusión o la contracción durante el enfriamiento. Pueden ser grietas en frío (superficiales) o grietas en caliente (internas).

**Falta de fusión:** Ocurre cuando el material de aporte no se funde completamente con el material base, dejando una unión débil y propensa a la fractura.

**Inclusiones:** Son inclusiones de materiales extraños, como escoria o partículas metálicas, atrapadas en la soldadura durante el proceso de fusión. Pueden debilitar la unión y reducir la resistencia.

**Desalineación:** Cuando las piezas no están correctamente alineadas antes de la soldadura, puede resultar en uniones fuera de posición, lo que afecta la calidad y la resistencia de la soldadura.

## B. Problemas de seguridad

La soldadura involucra riesgos de seguridad significativos, y es importante tomar medidas adecuadas para prevenir accidentes. Algunos problemas de seguridad comunes incluyen:

**Radiación y luz intensa:** El arco eléctrico emite radiación ultravioleta e infrarroja, lo que puede causar quemaduras en la piel y daño ocular si no se utiliza protección adecuada.

**Inhalación de humos y gases:** La soldadura genera humos y gases tóxicos, incluyendo óxidos de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono. La exposición a estos contaminantes puede ser perjudicial para la salud respiratoria.

**Incendios y explosiones:** Las chispas y el metal fundido pueden iniciar incendios en materiales inflamables. Los cilindros de gas pueden explotar si no se manejan correctamente.

**Lesiones mecánicas:** Los equipos y herramientas de soldadura pueden causar lesiones por aplastamiento, golpes y cortes si no se usan con cuidado.

## C. Contaminación y protección del medio ambiente

La soldadura puede tener un impacto ambiental significativo si no se gestionan adecuadamente los desechos y las emisiones. Algunos problemas ambientales incluyen:

Emisiones de humos y gases: Los humos y gases liberados durante la soldadura pueden contener metales pesados y compuestos tóxicos. La ventilación y la captura de humos son esenciales para reducir la exposición y la contaminación del aire.

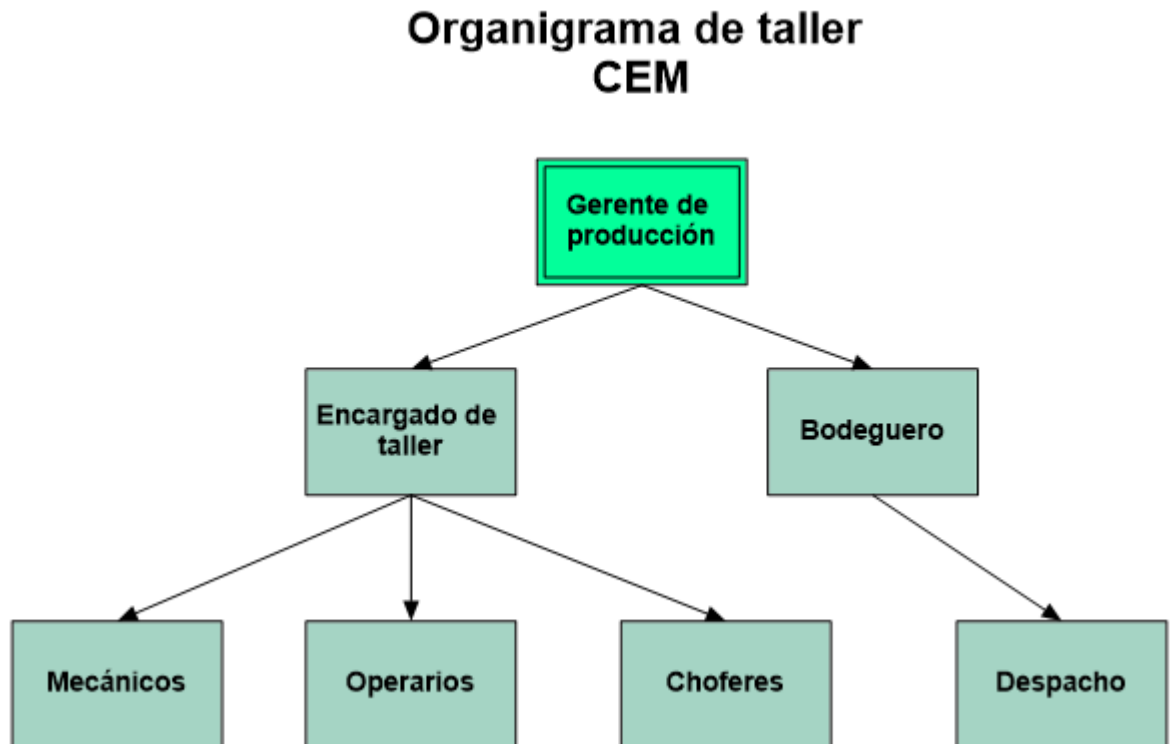
Manejo de residuos: Los desechos de soldadura, como escoria y material de aporte no utilizado, deben gestionarse y eliminarse de manera adecuada para evitar la contaminación del suelo y el agua.

Consumo de energía: Algunos procesos de soldadura, como la soldadura por arco sumergido y la soldadura láser, pueden consumir grandes cantidades de energía. La eficiencia energética es un aspecto importante que considerar.

Abordar estos desafíos y problemas comunes es esencial para garantizar la seguridad de los trabajadores, la calidad de las soldaduras y la protección del medio ambiente en todas las aplicaciones de soldadura. La capacitación adecuada, la implementación de prácticas seguras y el cumplimiento de las regulaciones son pasos clave en este sentido (s. p.).

#### **4.1.17 Organigrama del taller de Estructuras CEM**

Figura 4.1: Organigrama del taller de Estructuras CEM

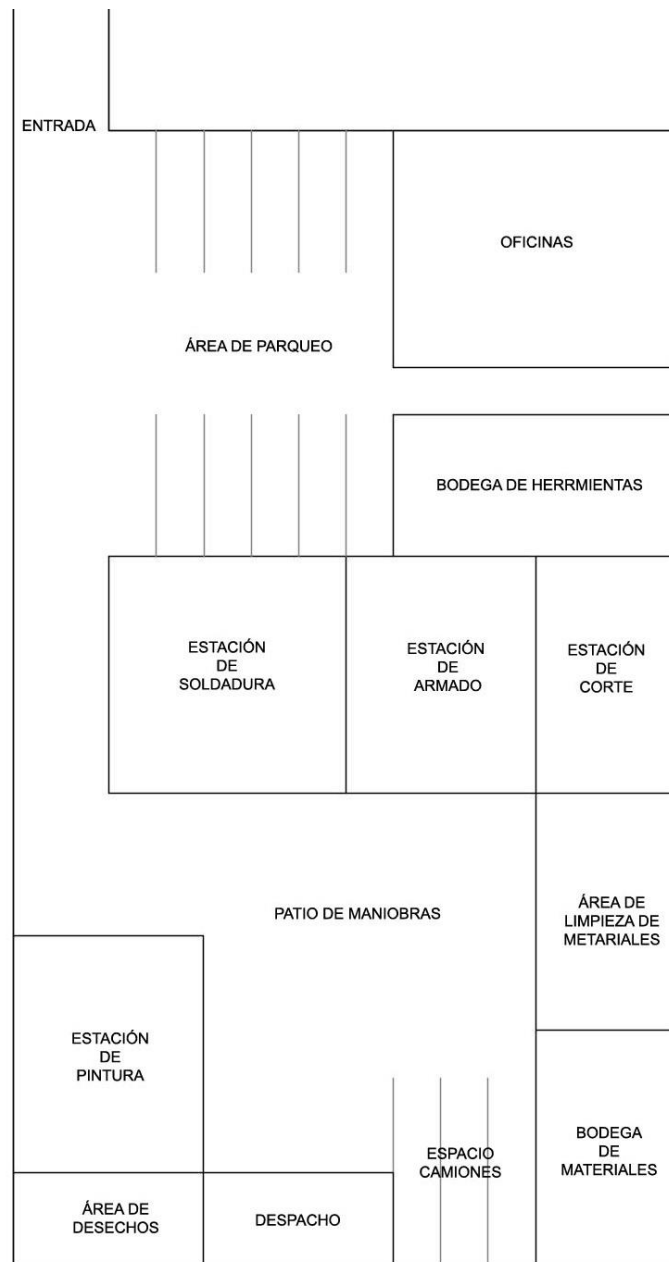


Fuente: Estructuras CEM (2024).

El taller está bajo la dirección del gerente de producción, quien supervisa al encargado del taller y al bodeguero. El encargado del taller tiene a su cargo a los mecánicos, operarios y choferes. La cantidad de estos varía de acuerdo con el total y el tamaño de los proyectos que la empresa tenga en ese momento. El bodeguero está a cargo del personal de despacho, el cual varía de acuerdo con la cantidad y el tamaño de los proyectos que se lleven a cabo.

#### 4.1.18 Plano de Estructuras CEM

Figura 4.2: Plano de Estructuras CEM



En el plano es posible observar cómo está estructurada la empresa. Esto es importante para comprender la definición de las estaciones de trabajo. La compañía consta de un área de oficinas, un estacionamiento y un taller.

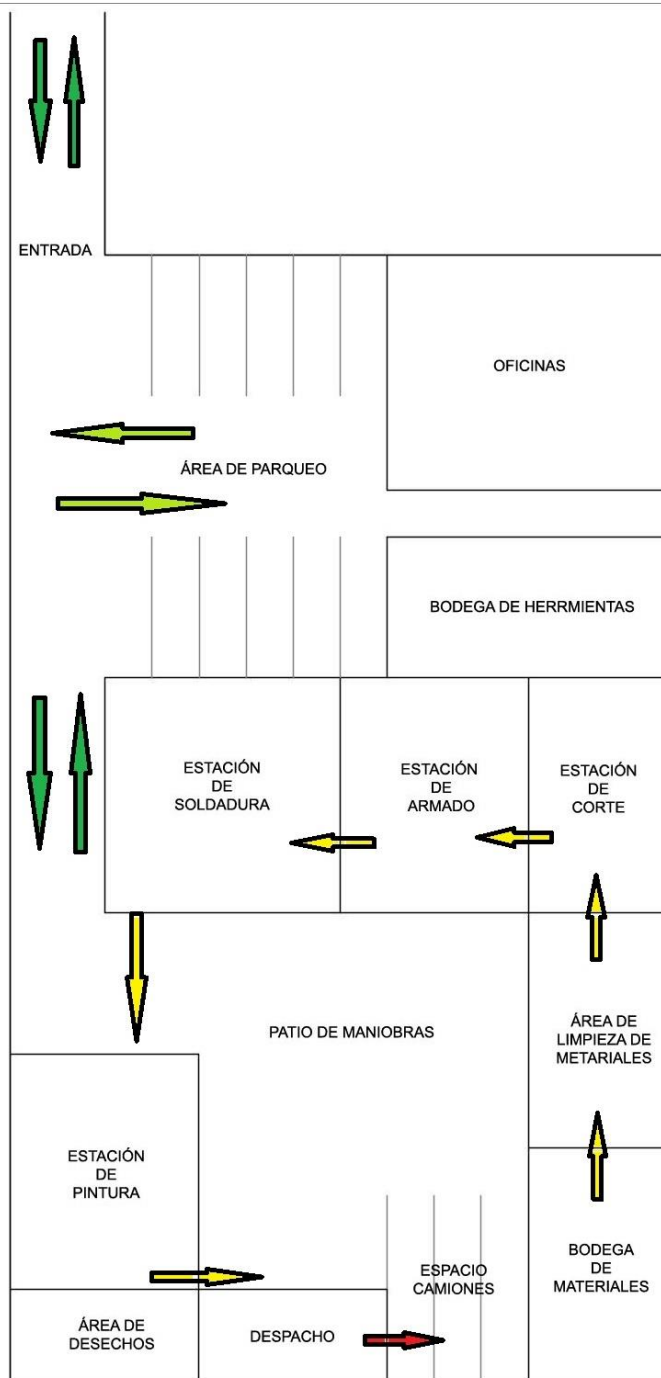
El taller consta de las siguientes áreas:

- Bodega de herramientas

- Bodega de materiales
- Área de limpieza de materiales
- Estación de corte
- Estación de ensamblaje de estructuras
- Estación de soldadura
- Estación de pintura
- Área de despacho
- Área de desechos
- Patio de maniobras
- Área para camiones

#### 4.1.19 Diagrama de recorrido entre estaciones de trabajo

Figura 4.3: diagrama de recorrido Estructuras CEM



En el diagrama se pueden observar los recorridos que se realizan en la empresa, que se identifican con flechas de diferentes colores:

- Verde oscuro: estas flechas identifican, en primer lugar, la entrada y salida de la empresa, tanto de camiones como de automóviles, así como la entrada y salida del taller.

- Verde claro: estas flechas identifican la entrada y la salida del parqueo de las oficinas. Este parqueo es utilizado, tanto por empleados como por visitantes de la empresa.

- Amarillo: estas flechas demuestran el recorrido del proceso dentro del taller.

Inicia en el área de bodega, donde se almacenan los materiales necesarios para la producción. Una vez que se solicita la materia prima requerida para iniciar la producción, los materiales se trasladan al área de limpieza.

Los materiales de metal, tales como los tubos y el *perling*, presentan un recubrimiento especial de fábrica para evitar la oxidación. Este recubrimiento consiste en un tipo de grasa. Antes de comenzar a trabajar en la producción es necesario limpiar dicha grasa para evitar la adherencia de residuos, lo que puede resultar en que las personas colaboradoras terminen con grasa en su ropa y cuerpo. Además, esta situación puede causar un accidente, ya que el material se vuelve resbaloso. Este procedimiento se lleva a cabo en la segunda área del recorrido, que es el área de limpieza de materiales.

Una vez que el material está limpio, se traslada al área de corte, donde se producen las piezas necesarias para las estructuras especificadas en los planos.

Una vez que las piezas necesarias para cada estructura están completas, pasan al área de armado, donde las personas colaboradoras comienzan a estructurar con la técnica llamada punteo, que consiste en la colocación de puntos de soldadura para mantener las piezas en su lugar. Una vez que la estructura está armada, pasa a la estación de soldado, donde un colaborador se encarga de efectuar las soldaduras completas en cada unión de las piezas. Este es el proceso crucial para que la estructura adquiera la calidad y firmeza indispensables.

Para otorgarle un acabado final, la estructura se traslada al área de pintura, la cual es estrictamente necesaria para proteger el metal de la corrosión y proporcionar una buena presentación de alta calidad.

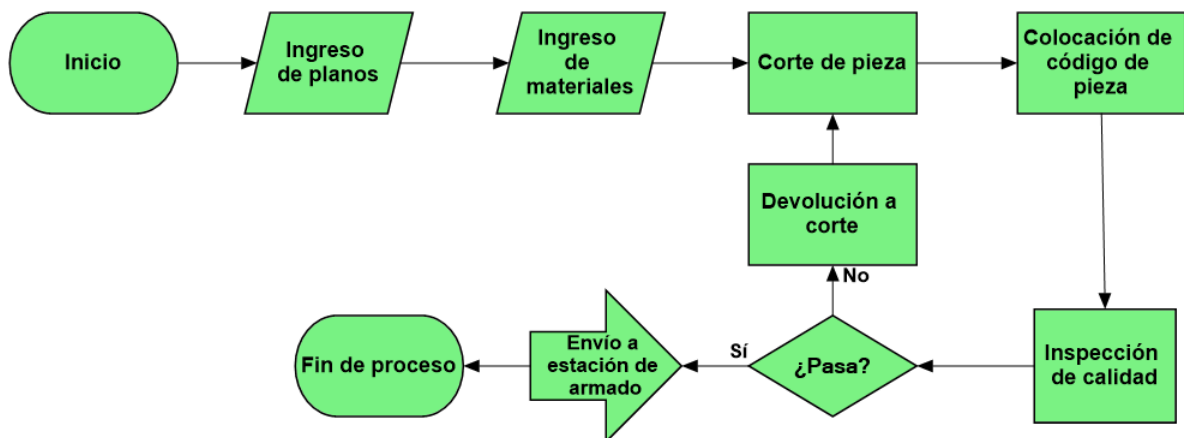
Por último, una vez que las estructuras secas han completado la fase de pintura, estas pasan al área de despacho, donde se almacenan hasta ser trasladadas al lugar del proyecto para su debida instalación.

- Rojo: indica la ruta de salida de las estructuras hacia el área de carga para su respectivo traslado al área del proyecto.

#### 4.1.20 Diagrama de flujo del Departamento de Producción por estación

La empresa atraviesa un cambio o reestructuración total. En el pasado, no contaba con la descripción de los procesos por escrito ni con un control de calidad debidamente estructurado. La inspección era realizada por los mismos colaboradores de cada estación, sin una capacitación especial en el tema. Esto provocaba, en muchas ocasiones, que las estructuras ya estuvieran listas en el área de despacho y el encargado del proyecto encontrara imperfecciones, lo cual causaba un retrabajo total o incluso la pérdida de una estructura por completo. Esta situación generaba una pérdida de tiempo extrema, lo que se traducía en una disminución de las ganancias. Enseguida, se detalla cómo se encuentra estructurado todo el proceso de producción.

Figura 4.4: Flujograma estación de corte



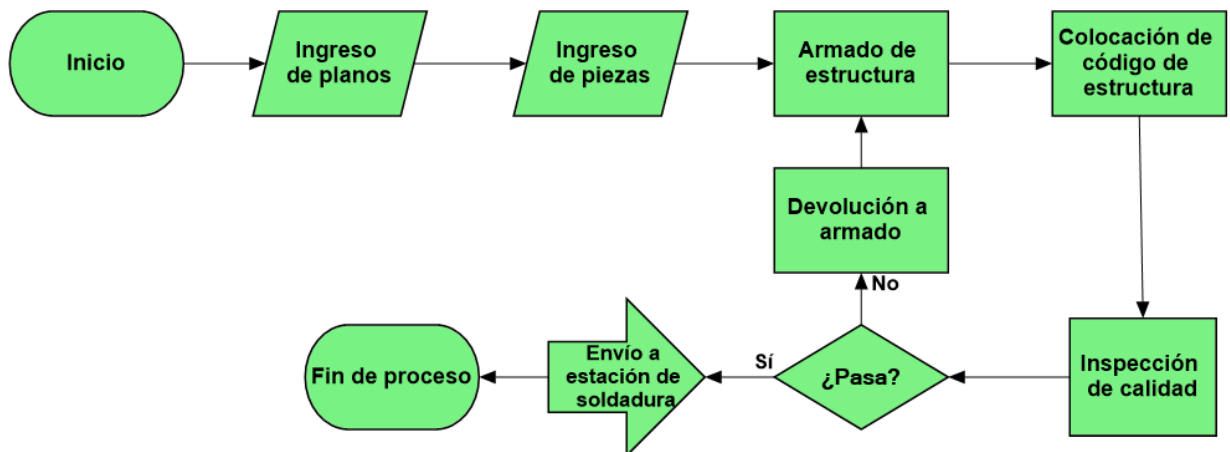
En la estación de corte se comienza con el ingreso de un nuevo proyecto, iniciando con los planos de producción. En estos se detalla la cantidad y el tipo de material necesario, el total de piezas por cortar con sus respectivas medidas y ángulos de corte, la nomenclatura por utilizar para cada estructura y pieza, así como el detalle del nombre del proyecto. Seguidamente, se registra el ingreso de materiales provenientes de la bodega, donde también se recibió una requisición de materiales por parte del encargado

del proyecto. La materia prima por usar debió pasar por el área de limpieza, donde se aseguró la eliminación de toda la grasa presente en los materiales metálicos.

Seguidamente, se ejecuta el corte de cada pieza necesaria según lo especificado en el plano de producción. Una vez cortada, se le coloca el código de pieza indicado en el plano.

Una vez que la pieza está lista, se lleva a cabo una inspección de calidad, en la que se revisan las medidas y ángulos que debe tener la pieza según la especificación. Si la pieza pasa la revisión, se envía a la estación de armado; si, por el contrario, no la aprueba, se devuelve al proceso de corte como una pieza defectuosa. Si la pieza lo permite, se realiza el recorte necesario para que cumpla con los requisitos; si, debido al corte inicial, la pieza no puede cumplir con la especificación, se corta una nueva pieza. La pieza defectuosa se reserva; si su tamaño da la posibilidad de su uso en alguna otra parte de la estructura, se utiliza; de lo contrario, se envía al área de desecho. Así concluye el procedimiento en la estación de corte.

Figura 4.5: flujograma estación de armado



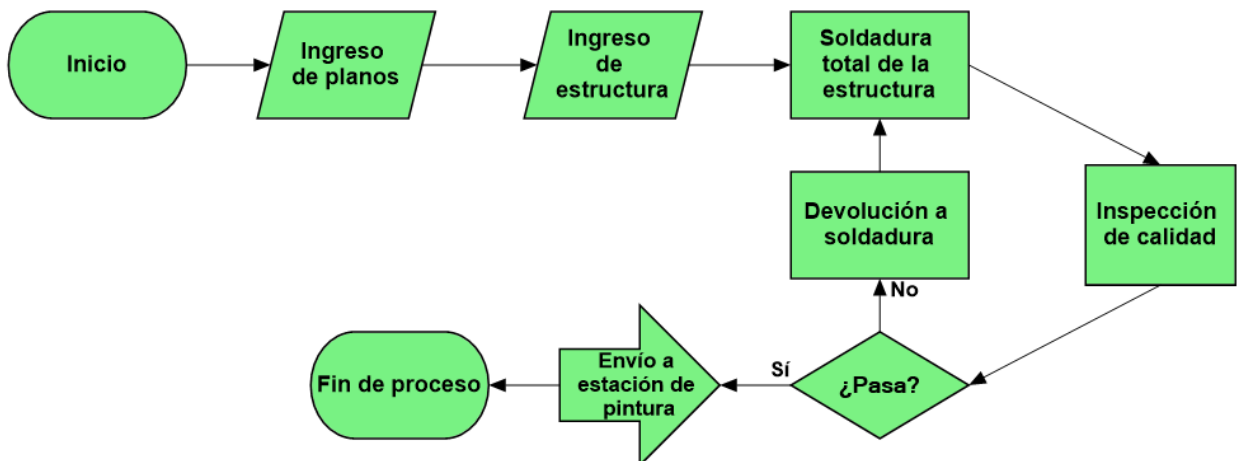
En la estación de armado, el proceso inicia con el ingreso de un nuevo proyecto. Seguidamente, se ingresan los planos de producción. Además, se ingresan las piezas rotuladas desde la estación de corte.

Una vez que los operadores tienen todo lo necesario, se inicia el armado de las estructuras, utilizando las piezas que ingresaron de la estación de corte y considerando

las especificaciones de los planos de producción. En este proceso se emplea una técnica de soldadura llamada punteo, que consiste en colocar puntos de soldadura únicamente para mantener las piezas en su lugar.

Una vez que la estructura está armada en su totalidad de acuerdo con el plano, se coloca el código de la estructura. Posteriormente, se ejecuta una inspección de calidad, en la cual se revisan las medidas de la estructura y los ángulos en que se colocaron las piezas. Si la estructura aprueba el control de calidad, se transfiere el producto a la estación de soldadura. En el caso contrario, si no aprueba el control de calidad, se devuelve al proceso de armado para corregir el defecto que presente. Si no se puede corregir, se analiza qué pieza falló en el armado y se solicita de nuevo a la estación de corte. Una vez que la estructura pasa a la siguiente estación, se finaliza el procedimiento.

Figura 4.6: flujograma estación de soldadura

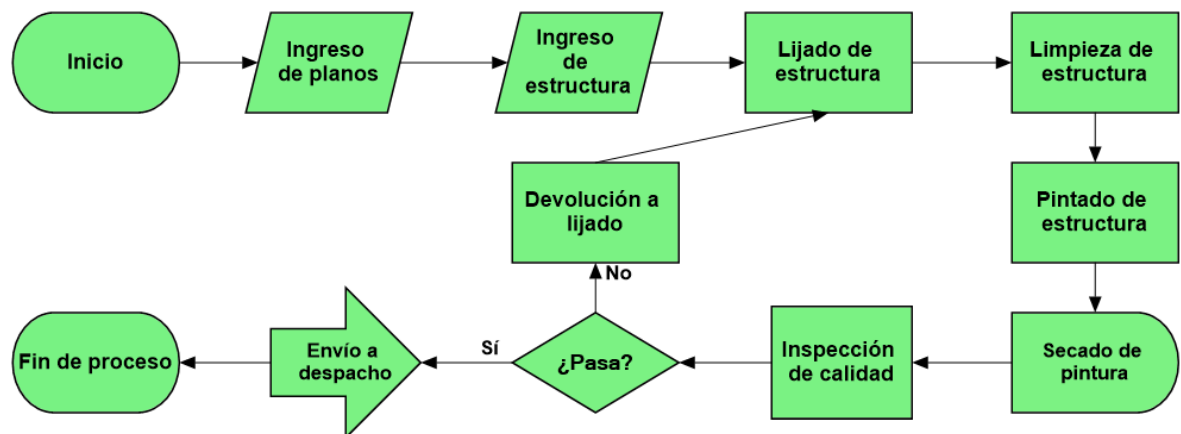


En la estación de soldadura, el proceso se inicia con el ingreso de un nuevo proyecto, los planos constructivos y la estructura armada. Seguidamente, se inicia el proceso de soldadura, que consiste en soldar tres cordones contiguos, otros tres en una sección diferente de la estructura y continuar el procedimiento por todos los costados de los tubos que requieran soldadura. Este proceso se ejecuta de manera segmentada para evitar que el calor producido por la soldadura provoque que la estructura se tuerza.

Cada soldadura debe limpiarse, ya que produce una capa de escoria que impide observar la calidad final de la soldadura, además de las salpicaduras. Una vez soldada toda la estructura, se realiza una inspección de calidad. En esta se verifica que todas las piezas estén debidamente fijadas, que la soldadura tenga la consistencia correcta de un cordón continuo, sin porosidad, grietas, socavado, falta de fusión o penetración y salpicaduras.

Si la estructura no presenta ninguno de esos problemas, pasa a la estación de pintura. En el caso contrario, si muestra algún problema, se devuelve al proceso de soldadura para corregir el defecto. Una vez que la estructura llega a la estación de pintura, finaliza el proceso en dicha estación.

Figura 4.7: flujograma estación de pintura



En la estación de pintura se inicia el proceso con un nuevo proyecto. Se ingresan los planos que detallan los colores que deben utilizarse en la pintura y se registra el ingreso de las estructuras. Seguidamente, se lleva a cabo un proceso de lijado de la estructura para eliminar cualquier tipo de impureza restante, después, se limpia la estructura.

En ese momento, se puede iniciar el pintado de la estructura con el color indicado en los planos. Una vez que se haya pintado en su totalidad la estructura, se debe esperar a que seque.

Cuando la pintura ya está totalmente seca, se procede con la inspección de calidad, revisando que la capa de pintura sea uniforme, sin gotas, abultamientos o chorretes. Si la pintura es aceptada por el control de calidad, se envía la estructura al área de despacho. Sí, por el contrario, se encuentra algún defecto, se devuelve al área de lijado para eliminarlo y retrabajar la zona.

#### 4.1.21 FODA

Figura 4.8: FODA Estructuras CEM

<b>F</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atención personalizada a los clientes</li> <li>- Alto nivel de conocimiento en estructuras metálicas</li> <li>- Diversidad de soluciones para los proyectos</li> <li>- Atención directa por dueño de empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con el apogeo del internet y redes sociales la creación de pagina web</li> <li>- Con el avance tecnológico actual la compra de equipo para el manejo de la información</li> <li>- Con el avance tecnológico la compra de maquinaria para semiautomatizar procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de tecnología para manejo de información en algunos procesos</li> <li>- Ausencia en comercio electrónico</li> <li>- Procesos manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo de vida causa alza de precios en la ejecución de proyectos</li> <li>- Se compite contra grandes empresas</li> <li>- Factores climáticos pueden causar retrasos</li> <li>- Las guerras internacionales pueden causar una alza en los productos metálicos y el envío de los mismos hacia latinoamerica</li> </ul>

Al analizar la empresa Estructuras CEM se presenta un FODA que permite determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

#### **Fortalezas**

- La atención personalizada a los clientes crea confianza en la empresa y permite contar con clientes de renombre en el ámbito nacional.
- Los encargados de la empresa poseen un alto nivel de conocimiento en las estructuras metálicas, lo que les brinda mayor confianza a los clientes.

- Diversidad de soluciones para los proyectos: los clientes, en muchas ocasiones, no tienen claridad sobre el tipo de estructura que necesitan. La variedad de productos y el conocimiento de los encargados con los que cuenta la empresa brindan apoyo a los clientes para encontrar la solución perfecta para su proyecto.

- Atención directa por el dueño de la empresa: en la mayoría de los casos, el dueño de la compañía atiende directamente a cada cliente e incluso realiza rondas de revisión por cada proyecto, evacúa todas las dudas de cada cliente y aporta mayor profesionalismo a su empresa.

### **Oportunidades**

- El apogeo del Internet y las redes sociales, la creación de una página web. En la época actual, muchos clientes de diferentes sectores comerciales buscan, a través de Internet y las RR. SS., las empresas que necesitan para llevar a cabo un proyecto determinado. Incluso, mediante las redes buscan referencias de las compañías. Por este motivo, la elaboración de una página web representa una gran oportunidad para tener una mayor presencia en el mercado.

- Compra de equipo tecnológico para el manejo de información: a pesar de que la empresa ha realizado recientemente cambios en su estructura y procesos, aún presenta una ausencia de equipo tecnológico para el manejo de la información en algunos de sus procedimientos.

- Maquinaria para semiautomatizar algunos procesos: el avance de la tecnología se presenta como una gran oportunidad para adquirir maquinaria que semiautomatice ciertos de los procedimientos de producción y así evite el error humano.

### **Debilidades**

- Ausencia de tecnología en el manejo de la información: la empresa se presenta aún con procesos en los cuales no cuenta con tecnología para gestionar la información.

- Ausencia en comercio electrónico: la empresa no tiene presencia a nivel electrónico; con el auge de Internet, se manifiesta esta debilidad.

- Procesos manuales: la empresa aún presenta muchos procedimientos manuales, lo que ralentiza algunos procesos y reduce la eficiencia.

### **Amenazas**

- El costo de la vida provoca que los precios de los proyectos aumenten y reduce la capacidad de muchos clientes para llevar a cabo proyectos de construcción.

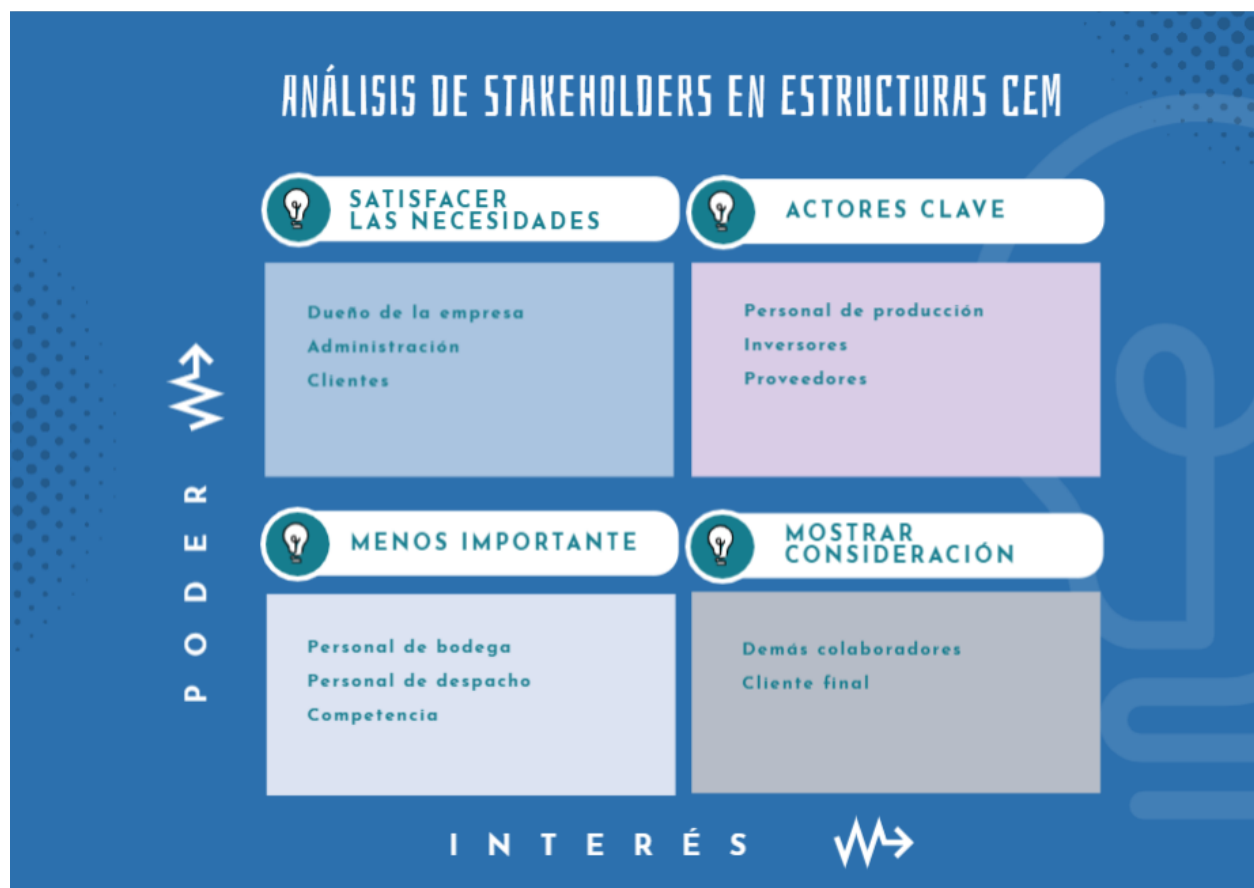
- Competencia contra grandes empresas: en el mercado de la construcción existen grandes compañías en el país que se dedican a la fabricación de estructuras metálicas, lo que puede traducirse en una pérdida de proyectos y clientes.

- Factores climáticos: el factor clima puede incidir directamente en el retraso de proyectos, en la llegada de materiales, etc.

- Guerras internacionales: la importación de materias primas en el mercado de metales puede verse afectada directamente por incidentes internacionales, lo que puede causar retrasos en las entregas, aumentos de precios o incluso disminuir la oferta y el transporte hacia Latinoamérica.

### **4.1.22 Stakeholders**

Figura 4.9: Stakeholders Estructuras CEM

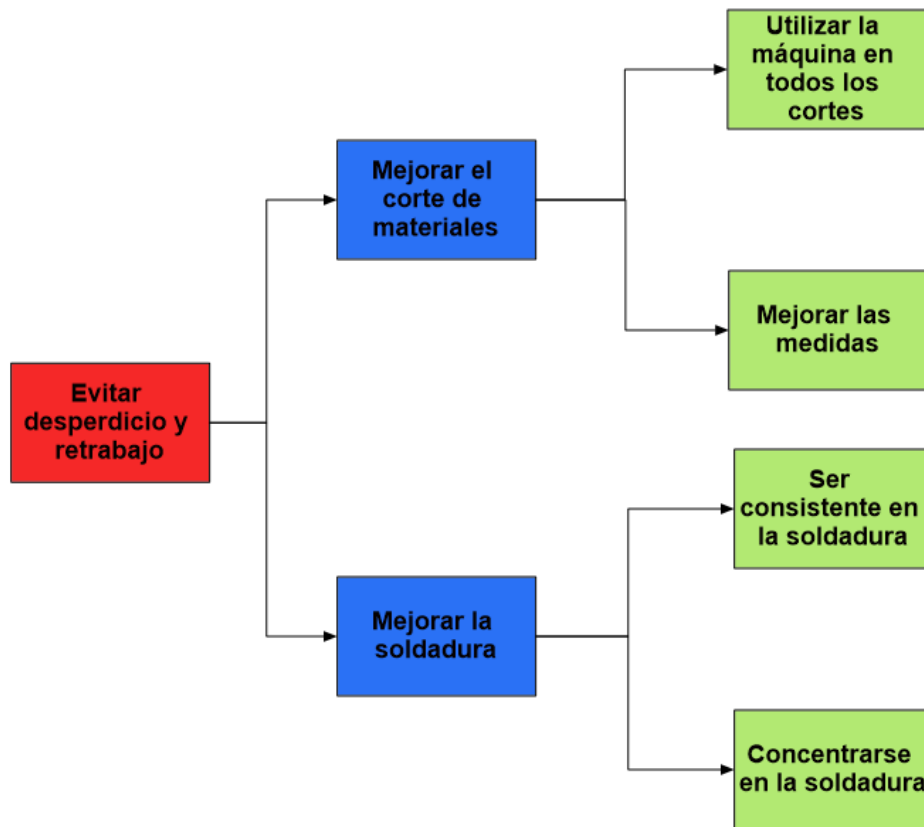


En el análisis de *stakeholders* se deben satisfacer las necesidades del dueño de la empresa, de la administración y del cliente al que pertenece el proyecto. Como actores clave, se encuentra el personal del Área de Producción, los inversores y los proveedores.

Como actores menos importantes, se encuentra el personal de bodega y el de despacho, quienes, de cierto modo, están involucrados en el proceso productivo. Además, es necesario considerar a la competencia, así como demostrar consideración hacia el resto del personal de la empresa y hacia el cliente final respecto a algunas decisiones que se tomen en la producción.

### 4.1.23 Árbol CTQ

Figura 4.10: árbol CTQ Estructuras CEM



Para evitar el desperdicio y el retrabajo del material en el Área de Producción, de acuerdo con el árbol CTQ, se debe mejorar el corte de los materiales y la soldadura, que constituyen los dos principales problemas.

Para mejorar el corte de materiales, se debe seguir utilizando únicamente la sierra circular de mesa. Con esta herramienta, se puede graduar el corte necesario según el ángulo especificado. Además, es fundamental optimizar la precisión al tomar las medidas del material para evitar errores. Para mejorar la soldadura, es necesario ser consistente en el cordón de soldadura, así como mantener una mejor concentración al realizarla.

#### 4.1.24 Sipoc

Figura 4.11: Sipoc Estructuras CEM



Al realizar un análisis de la empresa Estructuras CEM mediante la herramienta Sipoc, se identifican como suministradores a los proveedores de materia prima, al dibujante de los planos de producción y a la bodega de herramientas. En ingresos, se cuenta con el metal, los planos, las herramientas y los suministros.

En el proceso de producción, a grandes rasgos, se contempla el ingreso de los planos al procedimiento, el ingreso de la materia prima, el corte de las piezas, el armado de las estructuras, la soldadura de las estructuras y la pintura de estas. En las salidas se cuenta con la estructura completa pintada, lista para su montaje, la documentación de las inspecciones y el material de desecho. Como cliente se considera al propietario del proyecto de construcción y a los clientes internos.

## **4.2 MEDIR**

Para comenzar a medir el problema, se inicia con la situación que actualmente presenta la empresa.

### **4.2.1 Situación actual**

La empresa Estructuras CEM se dedica a fabricar estructuras metálicas de diversos tipos, adecuándose a los proyectos de construcción de sus clientes. Esta empresa ha experimentado un crecimiento muy acelerado, asumiendo proyectos de gran envergadura y altos costos. Por lo tanto, ha ingresado en un período de renovación de procedimientos, departamentos y manejo de proyectos.

El principal problema que enfrenta es el constante desperdicio de material y el reproceso de los trabajos. Esto generalmente se presenta en el Área de Producción, en las estaciones de corte, armado, soldadura y pintura. En la estación de corte, se presentan problemas como cortes con inclinación errónea y medidas incorrectas, entre otros, que causan, en muchas ocasiones, desperdicio y retrabajo por parte de los operarios.

En la estación de armado se presentan problemas en la colocación de piezas equivocadas, lo que causa retrabajo y pérdida de materiales. En la estación de soldadura se ocasiona retrabajo, ya que las piezas con soldaduras que no cumplen con la calidad necesaria pasan hasta la estación de pintura y, al ser detectadas en esta, son devueltas a la estación de soldadura. En ocasiones, ya se inició el proceso de pintura, por lo que es necesario esperar el tiempo de secado para realizar el retrabajo de corrección o mejora de la soldadura con problemas.

En la estación de pintura, en algunas ocasiones, aparecen problemas de goteo de la pintura, grasa en la estructura o basura que se adhiere a la pintura y causa un mal aspecto en el acabado de las piezas. Al analizar la cantidad de desperdicio que se ha producido en los diferentes proyectos, se identifica un problema grave que consume parte de lo que deben ser las ganancias de la empresa.

A continuación, se adjuntan algunas imágenes que evidencian la cantidad de desperdicio presente en la empresa.

Figura 4.12: desperdicio patio Estructuras CEM



Figura 4.13: desperdicio patio Estructuras CEM



Figura 4.14: desperdicio patio Estructuras CEM



En las imágenes se muestran algunos de los materiales que se acumulan como desperdicio de proyectos anteriores, los cuales la empresa no reutiliza en otros proyectos nuevos y que se deterioran a la intemperie.

A causa de no contar anteriormente con un *software* especializado para el manejo de la producción, no se dispone de datos separados sobre el desperdicio de materiales, el monto que se pierde en los retrabajos y el monto que se pierde por la entrega retrasada de los proyectos. En ese momento, se calculaban los costos de las pérdidas en total por proyecto, lo cual se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: proyectos Estructuras CEM 2023

Nro.	Cliente	Proyecto	Costo	% Perdida
1	RAE Ingenieros	Pali Guadalupe. Cartago	₡61 062 012,00	19%
2	Constructora Sander S. A	Pali Carpintera. Cartago	₡76 500 000,00	9%
3	ICON	Tamarindo La Vista	₡32 696 985,00	17%
4	SUR	Planta Pecuaria	₡352 614 540,00	15%
5	Constructiva	Pali Heredia	₡134 551 787,00	18%
			₡657 425 324,00	16%

Fuente: Estructuras CEM (2024).

En la Tabla 4.1 se detallan los proyectos ejecutados por la empresa durante el año 2023, lo que incluye el nombre del cliente, el nombre del proyecto, el monto total del proyecto y el porcentaje de pérdida obtenido al finalizarlo. La pérdida se detalla de acuerdo con el monto que debía ser ganancia, lo que implica que se pierde dicho porcentaje del monto de ganancias. Estas pérdidas se deben a reprocesos de piezas, pérdidas de materia prima debido a errores de corte y soldadura, así como a las entregas tardías de los proyectos.

Este detalle no se puede calcular según cada tipo de problema, debido a que el *software* anterior con el que trabajaba la empresa solo registraba el total de pérdida por proyecto. No se conoce el porcentaje de pérdida de cada proyecto ni cuánto se debe a

retrabajos, a pérdida de materiales o a entregas tardías. Si se asume que la ganancia neta es del 20 % del valor de cada proyecto, se tendrían los siguientes datos:

Tabla 4.2: proyectos Estructuras CEM 2023 detalle de pérdidas

Nro.	Cliente	Proyecto	Costo	Ganancia	% Pérdida	Pérdida en colones
1	RAE Ingenieros	Pali Guadalupe. Cartago	¢61 062 012,00	¢12 212 402,40	19%	¢2 320 356,46
2	Constructora Sander S. A	Pali Carpintera. Cartago	¢76 500 000,00	¢15 300 000,00	9%	¢1 377 000,00
3	ICON	Tamarindo La Vista	¢32 696 985,00	¢6 539 397,00	17%	¢1 111 697,49
4	SUR	Planta Pecuaria	¢352 614 540,00	¢70 522 908,00	15%	¢10 578 436,20
5	Constructiva	Pali Heredia	¢134 551 787,00	¢26 910 357,40	18%	¢4 843 864,33
			¢657 425 324,00	¢131 485 064,80	16%	¢21 037 610,37

Si se asume un 20 % de ganancia sobre el valor total de cada proyecto, se indicaría que en el año 2023 se perdió aproximadamente ¢21.000.000, lo cual representa una suma considerable para una empresa pequeña en estado de expansión. Este cálculo tiene como objetivo comprender que el monto o porcentaje de pérdida es elevado, por lo tanto, se requiere una intervención.

#### 4.2.2 Inspección inicial de calidad en el proceso de producción

Iniciando la medición del problema de errores en la producción, se realizó una inspección en las estaciones de corte y soldadura, que son los lugares donde se ha identificado la mayor cantidad de problemas.

Tabla 4.3: inspección de calidad estación de corte

INSPECCIÓN ESTACIÓN DE CORTE			
CERCHA HD14 - PROYECTO DM1			
Pieza	Corte torcido	Error en medida	Error en ángulo
H1	X		
H2			
H3	X		
H4		X	
H5			
H6			X
H7			
H8	X		
H9	X		
H10			X
H11			
H12			
H13			
H14			
H15	X		X
H16			
H17		X	
H18			X
H19			
H20	X		
H21			
H22			
H23			X
H24			
H25			
H26	X		
H27			
H28			X
H29			
H30			
H31			X
H32	X		X
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>8</b>

Se lleva a cabo una inspección de calidad en la estación de corte, donde se estaba trabajando en la producción de una cercha con el código HD14 para el proyecto DM1. Esta inspección consiste en el corte de 32 piezas, cada una de las cuales requiere un

total de 2 cortes, lo que da como resultado un total inspeccionado de 64 cortes para dicha estructura.

Se encontró un total de 18 errores distribuidos en 8 cortes torcidos, 2 errores de medida y 8 errores de ángulo. Esto corresponde a un 28.12 % del total de cortes. Lo anterior indica que casi el 30 % del trabajo requiere un retrabajo, lo que ocasiona pérdidas para la empresa. Además, una de las piezas tuvo que ser cortada nuevamente, ya que el ángulo presentaba una inclinación incorrecta. Si se intentaba corregir la pieza, no se obtendría la medida necesaria para la cercha, por este motivo, se envió a desecho.

Figura 4.15: inspección estación de corte Estructuras CEM

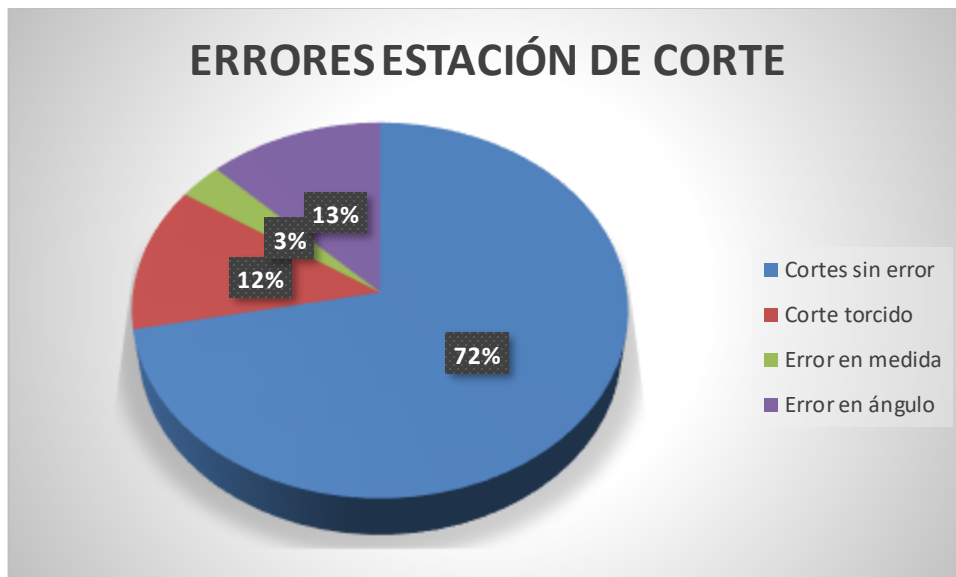


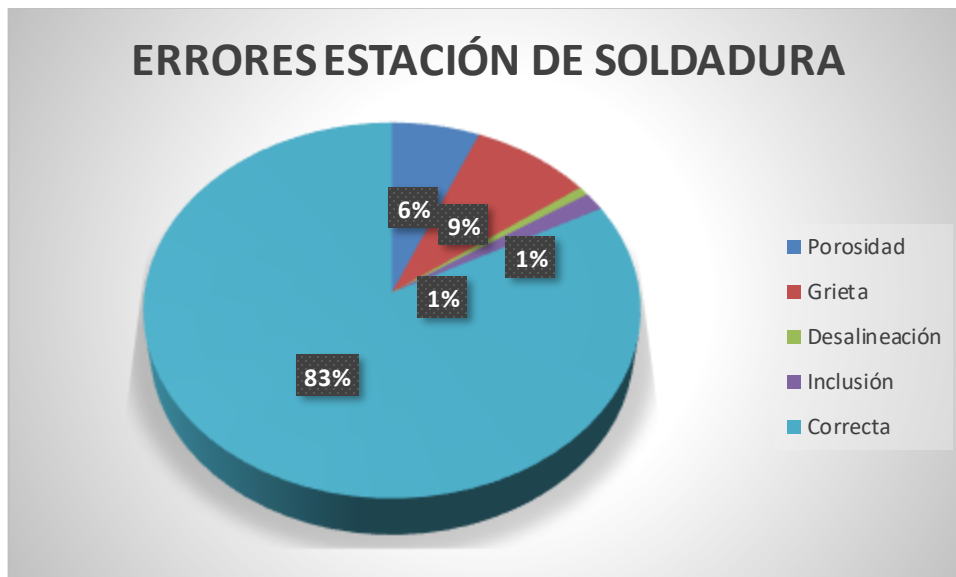
Tabla 4.4: inspección de calidad estación de soldadura

INSPECCIÓN ESTACIÓN DE SOLDADURA				
CERCHA HD14 - PROYECTO DM1				
Pieza	Porosidad	Grieta	Desalineación	Inclusión
HS1	X			
HS2				
HS3				
HS4	XX			
HS5				X
HS6		XX		
HS7				
HS8				
HS9				
HS10		X		
HS11				
HS12		XX		
HS13				
HS14	XX			
HS15			X	
HS16				
HS17		X		
HS18				
HS19				
HS20	X			
HS21		X		
HS22				
HS23				
HS24				X
HS25		XX		
HS26				
HS27				
HS28	X			
HS29				
HS30	X	XX		
HS31				
HS32				
TOTAL	8	11	1	2

Se realiza una inspección de calidad en la estación de soldadura para la producción de la cercha con código HD14, correspondiente al proyecto DM1. En esta estación, cada soldadura se codifica con HS y un número de soldadura; cada una de

estas debe estar soldada por los cuatro costados de cada tubo. Cuando aparece más de una 'x' en una casilla significa que más de una cara presenta problemas. En la revisión efectuada, se muestra un total de 32 piezas, cada una con 2 soldaduras, lo que da un total de 128 cordones de soldadura. En esta totalidad, se encontraron 22 errores en la soldadura, detallados como 8 cordones con porosidad, 11 cordones con grietas, 1 desalineación y 2 inconvenientes de inclusión de materiales extraños, lo que representa un 17.19 % del total de las soldaduras. Esto genera retrabajo para el soldador y pérdidas para la empresa.

Figura 4.16: inspección estación de soldadura Estructuras CEM



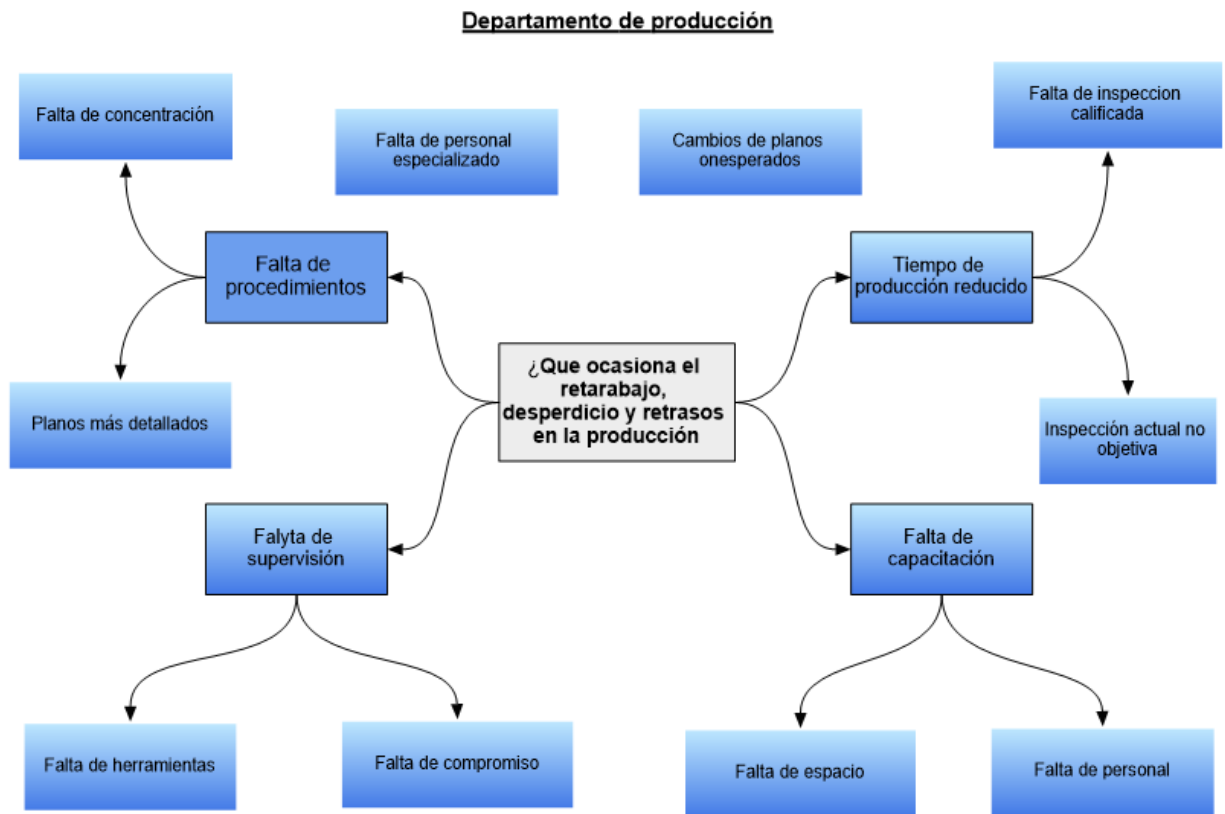
Al observar los porcentajes de las inconformidades detectadas en esta inspección de calidad, se nota que tener hasta un 30 % de defectos representa una cantidad muy alta y se relaciona con numerosos problemas. Estos pueden derivarse de cuestiones como la materia prima, la falta de capacitación de los operadores, la ausencia de procedimientos claros, las malas prácticas de los empleados o las técnicas inadecuadas de soldadura. Por esta razón, es necesario analizar cuáles pueden ser las causas que lo provocan.

## 4.3 ANALIZAR

### 4.3.1 Lluvia de ideas

Para analizar el problema, se realiza una lluvia de ideas con el personal del Área de Producción de la empresa Estructuras CEM. En este análisis intervinieron dos colaboradores de la estación de corte, dos de la estación de armado, dos de la estación de soldadura, dos de la estación de pintura, el gerente de producción y el encargado de taller.

Figura 4.17: inspección de la estación de soldadura Estructuras CEM



Fuente: personal producción CEM (2024).

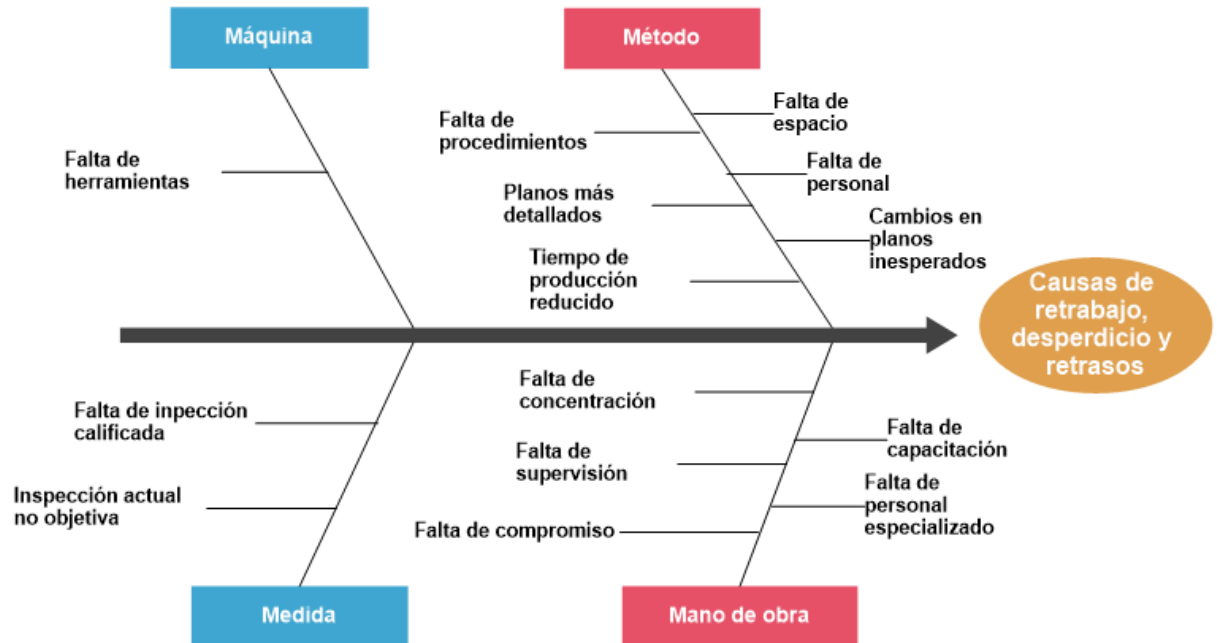
Las 10 personas reunidas para esta actividad presentaron un total de 14 ideas sobre las causas que ocasionan el retrabajo, el desperdicio de materia prima y los

retrasos en las entregas en el Área de Producción de la empresa Estructuras CEM, las cuales se detallan:

- Falta de procedimientos en el taller.
- Falta de concentración del personal.
- Necesidad de contar con planos más detallados.
- Necesidad de una mayor supervisión en el taller.
- Falta de herramientas en el taller.
- Falta de compromiso del personal con la empresa.
- Tiempo reducido para la producción adecuada.
- Falta de una inspección calificada.
- Inspección actual no objetiva.
- Falta de capacitación del personal.
- Falta de espacio en el taller.
- Falta de personal en el taller.
- Falta de personal especializado.
- Cambios inesperados en los planos.

#### **4.3.2 Diagrama de Ishikawa**

Figura 4.18 diagrama de Ishikawa Estructuras CEM



Se desarrolla un diagrama de Ishikawa con la lluvia de ideas que suministró el personal de producción de Estructuras CEM. Estas ideas se dividen en cuatro pilares: máquina, método, medida y mano de obra.

### Máquina

- Falta de herramientas: se consideró que la falta de algunas herramientas puede entorpecer el trabajo diario.

### Medida

- Falta de inspección especializada: la inspección actual la realiza el mismo soldador y, en el mejor de los casos, el jefe de taller, quienes carecen de los conocimientos y de las herramientas necesarias para tal fin.
- Inspección actual no objetiva: cuando la inspección la realiza el mismo operador, no resulta objetiva para el beneficio de la empresa, ya que el personal tiende a omitir algunos detalles que se catalogan como inconformidades.

- Falta de procedimientos en el taller: en el momento de la realización de esta lluvia de ideas, los procesos actuales son muy ambiguos y no se aplican correctamente. Esto se considera una causa grave en el proceso de producción.

- Falta de planos más detallados: algunos operadores consideran que los planos deben ser más detallados, ya que ciertos aspectos se manejan mediante códigos que no son del conocimiento de todos.

- Tiempo de producción reducido: algunos operadores consideran que el tiempo asignado para producir las estructuras es, en muchas ocasiones, muy limitado, lo que provoca que se apresuren y, por ende, cometan errores.

- Falta de espacio en el taller: algunos operadores consideran que tener más espacio en el taller puede favorecer un trabajo más cómodo.

- Falta de personal: cuando la empresa contrata un nuevo proyecto, en ocasiones, en el momento de iniciar, es necesario contratar más personal para hacer frente al mismo. En varios casos, el personal nuevo llega hasta dos semanas después del inicio, lo que provoca que se presione al personal con el que ya se contaba en la compañía.

- Cambios inesperados en planos: en algunas ocasiones, los clientes solicitan realizar modificaciones en alguna estructura, lo que genera un impacto significativo en los planos. Algunos operadores consideran que dichos cambios entorpecen la producción.

### **Mano de obra**

- Falta de concentración de las personas colaboradoras: los operarios de la zona del taller presentan numerosos momentos de distracción, conversan en exceso con sus compañeros y están pendientes de sus teléfonos celulares, lo que provoca que cometan errores en su trabajo.

- Falta de supervisión: el supervisor dedica mucho tiempo a las inspecciones, recibe a los proveedores y participa en el despacho de las estructuras, lo cual le permite dedicar muy poco tiempo a la supervisión del personal.

- Falta de compromiso del colaborador: en el mundo de la construcción, en muchas ocasiones, el personal que se contrata presenta una baja escolaridad.

Muchos no toman sus trabajos en serio y no se identifican con la empresa. Esta situación puede ocasionar que no muestren interés al cometer errores.

- Falta de capacitación de las personas colaboradoras: los colaboradores del área de construcción, específicamente aquellos que pueden ser seleccionados para realizar trabajos en el taller de producción, en muchos casos presentan una escolaridad muy baja. Algunos realizan cursos en el INA para obtener un título básico de soldador. Otros, como los pintores y los del área de corte, no poseen ningún título, lo cual evidencia la falta de capacitación en términos más técnicos.

- Falta de personal especializado: el personal del Área de Producción tiene los conocimientos mínimos para realizar sus operaciones. La contratación de personal más calificado, por ejemplo, un soldador con certificación AWS, requiere que la empresa haga un desembolso significativo de dinero para pagar su salario. Al contar con personal que posee conocimientos mínimos, se pueden ocasionar numerosos errores técnicos en el Área de Producción.

### 4.3.3 Multivoto

A partir de las ideas recolectadas en la lluvia de ideas, se desarrolla un multivoto con el personal de producción. En este se otorgan 100 puntos posibles a cada colaborador para que los distribuya de acuerdo con la importancia que le asigna a cada una de las posibles causas del retrabajo, desperdicio y retrasos en las entregas de producción.

Figura 4.19 multivoto Estructuras CEM

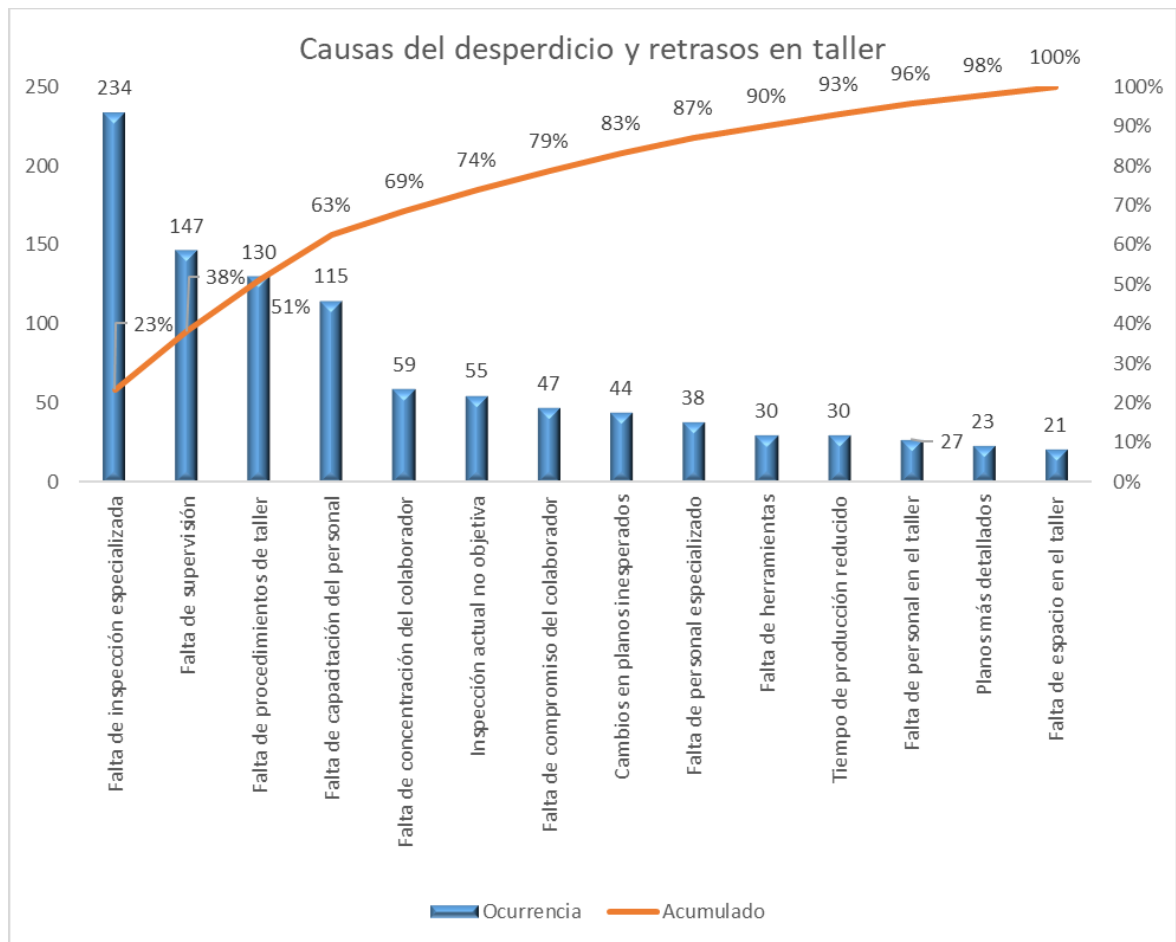
Causas posibles:	Multivotación:										
	Corte 1	Corte 2	Armado 1	Armado 2	Soldadura 1	Soldadura 2	Pintura 1	Pintura 2	Supervisor	Gerente	Total
Falta de procedimientos de taller	10	15	10	15	10	10	15	15	15	15	130
Falta de concentración del colaborador	5	5	5	2	2	5	10	5	10	10	59
Planos más detallados	2	3	5	3	2	2	2	2	2	0	23
Falta de supervisión	14	14	19	19	14	14	17	17	9	10	147
Falta de herramientas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
Falta de compromiso del colaborador	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	47
Tiempo de producción reducido	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
Falta de inspección especializada	25	27	27	17	27	22	24	19	22	24	234
Inspección actual no objetiva	5	3	2	5	5	5	5	5	10	10	55
Falta de capacitación del personal	10	10	10	10	15	15	10	15	10	10	115
Falta de espacio en el taller	4	2	2	5	2	2	2	2	0	0	21
Falta de personal en el taller	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	27
Falta de personal especializado	5	5	2	5	5	5	0	2	4	5	38
Cambios en planos inesperados	6	5	4	5	4	6	1	4	4	5	44
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000

De acuerdo con el multivoto, la causa principal del desperdicio es la falta de inspección especializada, seguida de la ausencia de supervisión.

#### 4.3.4 Diagrama de Pareto

Se desarrolla un diagrama de Pareto para definir cuáles son las causas principales del problema en cuestión.

Figura 4.20 diagrama de Pareto Estructuras CEM



En el diagrama de Pareto se pueden identificar cuatro causas primordiales para los problemas de desperdicio y retrasos provocados en el taller de la empresa Estructuras CEM:

La primera es la falta de personal especializado para llevar a cabo las inspecciones, las cuales actualmente se realizan, en algunos casos, por el jefe del taller. Cuando este se encuentra ocupado en otra parte del taller, el mismo soldador lleva a cabo la inspección. Con regularidad, este deja pasar defectos que, a su parecer, no son problemáticos. Además, no utiliza las herramientas necesarias, como la lupa para identificar grietas menores o el foco para apreciar adecuadamente cada soldadura. Carece de la experiencia técnica para ejecutar la labor, lo que provoca que las estructuras avancen a la siguiente estación.

Por ejemplo, una estructura pasa de la estación de soldadura a la de pintura con el visado de calidad del soldador. En la estación de pintura, se prepara y se pinta; algunos defectos se realzan con la pintura. Cuando se detectan, se detiene inmediatamente el proceso de pintado para devolver la estructura a la estación de soldadura y reparar el defecto. Deben esperar a que la pintura aplicada se seque antes de devolverla. Si se contabiliza la pintura que se gastó, el tiempo de secado para devolverla al reproceso, se pierde dinero en tiempo y en materiales, se retrasa la entrega final y se reduce la producción.

Como segunda causa, se tiene la falta de supervisión. Al existir solo una figura encargada del taller, no hay una supervisión directa en cada estación debido a la ausencia de tiempo del encargado. Esto puede significar que el operador no ejecute su trabajo de la mejor manera posible.

En tercer lugar, la falta de procedimientos de taller se manifiesta en que los procesos actuales son muy superficiales y no detallan con claridad los pasos que se deben seguir en el proceso. Esto provoca que el procedimiento de cada estación no esté estandarizado, lo que lleva a que las personas colaboradoras trabajen de la manera que mejor les parezca y no de la forma más adecuada.

En cuarto lugar, se destaca la falta de capacitación del personal existente. En el ámbito de la construcción encontrar buenos operarios resulta difícil; se exigen ciertos requisitos, pero en cuestiones técnicas, estos presentan numerosas carencias. Se sabe

que la mayoría de los operadores contratados poseen baja escolaridad y apenas cuentan con un curso básico de soldadura. Aquellos que laboran en las estaciones de corte y pintura no muestran ningún título que los respalde. Por esto, es completamente necesario capacitarlos de manera adecuada para evitar errores en la producción.

Además, se identifican tres causas adicionales que repercuten, aunque en un menor porcentaje, que son:

- La falta de concentración del colaborador: al no existir una concentración adecuada, el operador puede cometer numerosos errores que repercuten en la falla de piezas, en cortes inadecuados, en cordones de soldadura no continuos y en muchos otros defectos. La cercanía de las estaciones de trabajo propicia que las personas colaboradoras conversen con sus compañeros y el hecho de mantener su celular con ellos los lleva a estar más pendientes de este dispositivo que de su trabajo.

- Inspección de calidad actual no objetiva: la inspección de calidad que se ejecuta en la actualidad carece de un procedimiento definido, lo que permite que muchos errores se pasen por alto durante el proceso de inspección. En numerosas ocasiones, estos errores se identifican en otra estación de trabajo, lo que requiere devolver la estructura a la estación correspondiente para su corrección. Frecuentemente, la persona que realiza la inspección es el mismo soldador, quien carece de criterio técnico, no utiliza las herramientas de inspección adecuadas y no tiene un objetivo claro.

- La falta de compromiso del colaborador: cuando la persona colaboradora no presenta un compromiso adecuado con la empresa, se convierte en una persona desinteresada en realizar su trabajo de la mejor manera, lo que permite que se presenten defectos debido a su falta de interés.

#### **4.3.5 Datos de inspección iniciales**

Se lleva a cabo una inspección del 100 % en las estaciones de corte y soldadura, donde se presentan las incidencias más significativas. Esta actividad se realizó en un período de 22 días, durante el cual se fabricaron 19 cerchas de 18 m de largo cada una. Los datos se muestran divididos por estación.

Tabla 4.3: datos de inconformidades en estructuras producidas

INCONFORMIDADES		
Estructura	Estación corte	Estación soldadura
HD14	18	22
HD15	22	24
HD16	21	13
HD17	15	18
HD18	13	21
HD19	23	19
HD20	14	21
HD21	21	14
HD22	18	17
HD23	24	15
HD24	26	21
HD25	21	18
HD26	18	17
HD27	13	14
HD28	22	23
HD29	17	24
HD30	16	21
HD31	12	20
HD32	23	16
Total	357	358

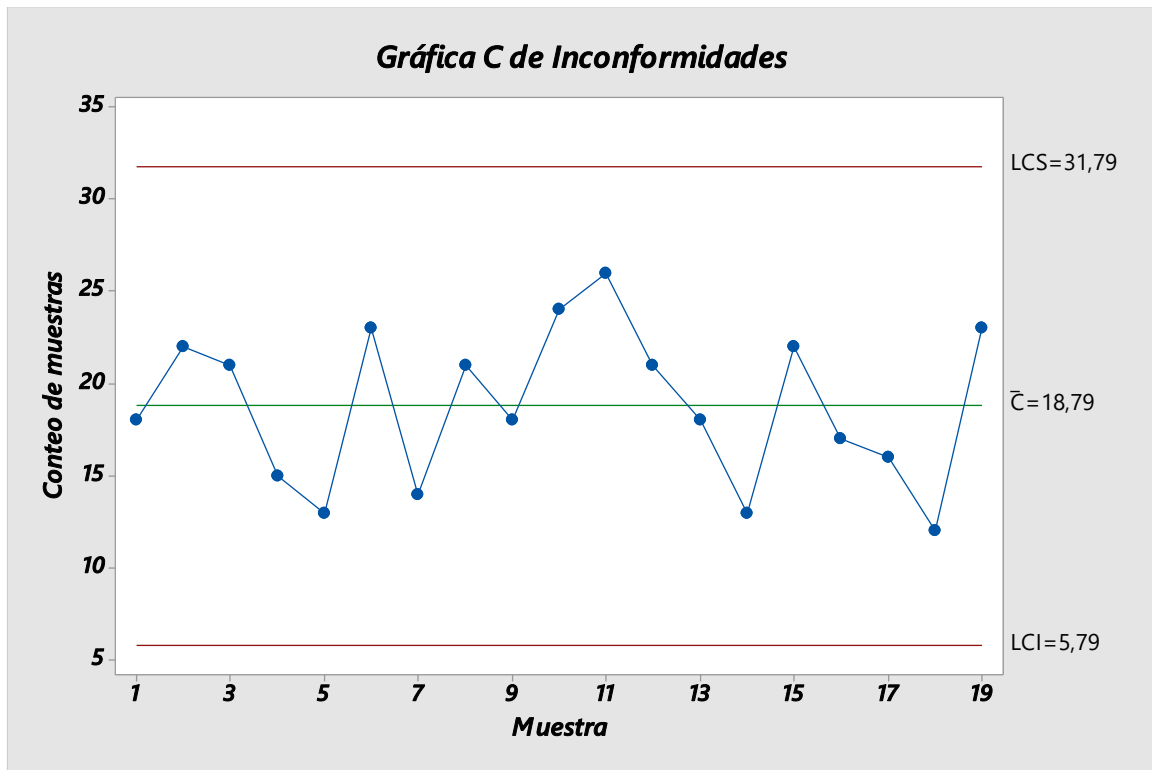
En las 19 cerchas inspeccionadas en la estación de corte se obtuvo un total de 357 inconformidades, tales como cortes torcidos, errores en las medidas y en los ángulos de las piezas. En la estación de soldadura se encontró un total de 358 inconformidades, las cuales se observaron como porosidad, grietas, desalineación e inclusión.

Tabla 4.4: datos de inconformidades estación de corte

ESTACIÓN DE CORTE	
Estructura	Inconformidades
HD14	18
HD15	22
HD16	21
HD17	15
HD18	13
HD19	23
HD20	14
HD21	21
HD22	18
HD23	24
HD24	26
HD25	21
HD26	18
HD27	13
HD28	22
HD29	17
HD30	16
HD31	12
HD32	23

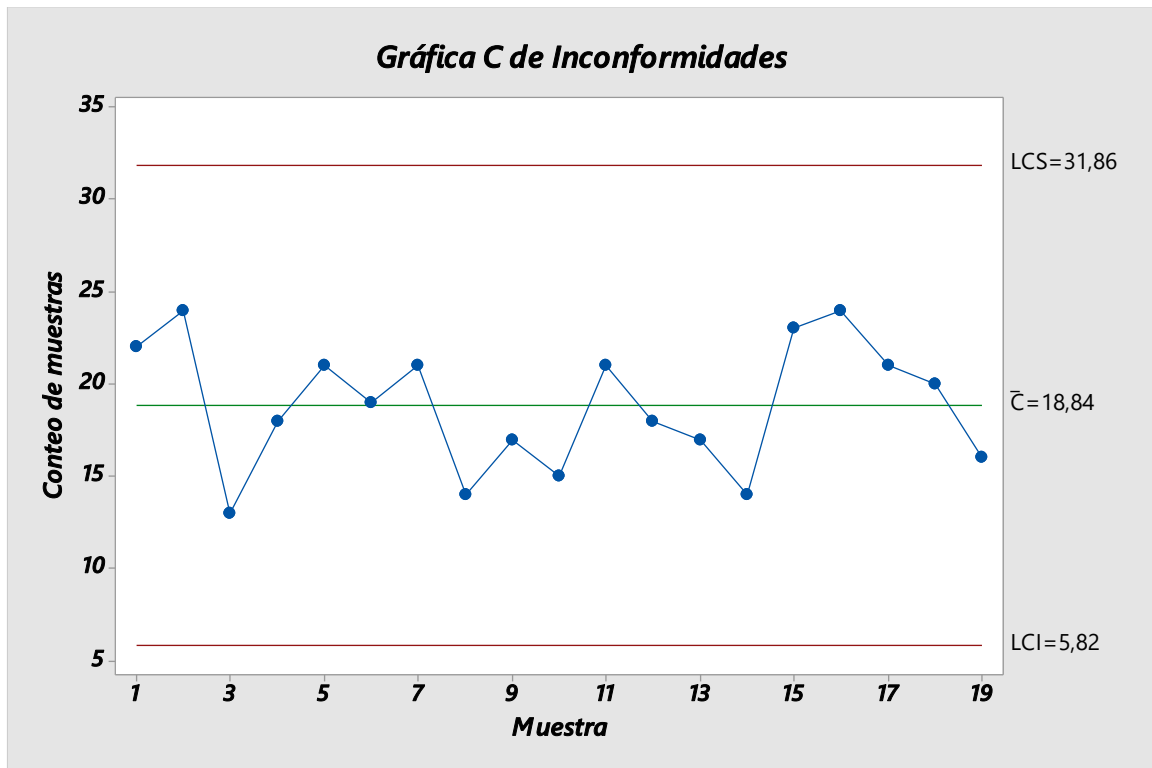
La tabla de datos se utiliza para alimentar los gráficos de control de calidad del *software* Minitab.

Figura 4.21 Gráfico de control Minitab estación de corte



Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se obtiene una cantidad promedio de 18,79 defectos por muestra, con un límite de control superior de 31,79 defectos y un límite de control inferior de 5,79 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, por lo tanto, el proceso se encuentra bajo control estadístico en cuanto al total de defectos por muestra. El procedimiento es estable.

Figura 4.22 Gráfico de control Minitab estación de soldadura



Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se obtiene una cantidad promedio de defectos por muestra de 18,84, con un límite de control superior de 31,86 defectos y un límite de control inferior de 5,82 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, por lo tanto, el proceso se encuentra bajo control estadístico en cuanto al total de defectos por muestra. El procedimiento es estable.

A pesar de que los datos en Minitab reflejan procesos estables, las inconsistencias económicas representan un alto costo para la empresa, lo que se traduce en pérdidas monetarias significativas debido a retrabajos, retrasos y desperdicios de materia prima. Con las causas identificadas que se traducen en estos problemas, se presentan propuestas para reducir dichas causas e implementar un manual de inspección.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

## **5.1 MEJORAR**

En el análisis realizado, se determinaron las principales causas del desperdicio y retraso en las entregas de los proyectos estructurales de la empresa Estructuras CEM. Para abordar estos aspectos, se detallan las propuestas formuladas a la compañía.

### **5.1.1 Contratación de un inspector de calidad**

Se identifican diversas causas que explican la falta de una inspección especializada. La inspección actual carece de objetividad y para solucionarlo se propone contratar un inspector de calidad que cuente con los estudios necesarios y la experiencia pertinente en el área de estructuras metálicas. Lo anterior tiene el fin de mejorar la calidad de la inspección y garantizar su especialización. Esto permite aplicar un procedimiento claro para llevar a cabo las inspecciones, así como la posibilidad de tomar decisiones de manera inmediata, como solicitar capacitación para un operador, identificar materia prima defectuosa y solicitar su reemplazo, entre otras situaciones que puedan surgir en el momento.

### **5.1.2 Implementación de un manual de inspección**

Para que todas las inspecciones de calidad sean uniformes y cuenten con el grado de especialidad necesario, se propone un manual de inspección que se detalla enseguida:

#### **Manual de inspección**

##### **Generalidades**

##### **a) Objetivo**

Realizar una inspección visual uniforme en las estaciones de corte, armado, soldadura y pintura del taller de estructuras CEM, basada en las especificaciones de cada área, para la identificación de las piezas con defectos en cada estación para su eventual corrección o envío a desecho, garantizando la calidad en todas las estructuras fabricadas.

## **b) Alcance**

Manual específico para la inspección de calidad del área de taller en las estaciones de corte, armado, soldadura y pintura.

### **Proceso**

#### **a) Método de inspección**

Con el fin de garantizar resultados óptimos posteriores al proceso de inspección visual, primero se debe examinar lo siguiente:

- La superficie que se intervino en el proceso debe estar limpia y libre de escoria o residuos.
- La superficie debe estar seca y libre de grasa.
- La superficie debe estar libre de salpicaduras e impurezas.

Se realiza una inspección directa a una distancia no mayor de 60 cm.

### **Equipos**

Los equipos se definen y utilizan en función del defecto que se pretenda buscar.

- Lente de aumento

Figura 5.1 Lupa



- Galga Cambridge

Figura 5.2 Galga Cambridge



- Pie de rey o calibrador

Figura 5.3 Calibrador



- Linterna

Figura 5.4 Linterna



- Marcador

Figura 5.5 Marcador



- Transportador

Figura 5.6 Transportador



- Cinta métrica

Figura 5.7 Cinta métrica



### Inspección

Examinar la calidad de la superficie intervenida.

#### Estación de corte:

- Revisión de los cortes, rectos y continuos.
- Revisión de los ángulos de acuerdo con la especificación de los planos.
- Revisión de las medidas de acuerdo con la especificación de los planos.
- Revisión de la nomenclatura de acuerdo con la especificación de los planos.

Figura 5.8 Corte de estructura metálica



#### Estación de armado

- Revisión del armado de acuerdo con la especificación de los planos.
- Revisión de las medidas de acuerdo con la especificación de los planos.
- Revisión de los ángulos de las piezas.
- Revisión de la ausencia de piezas torcidas.

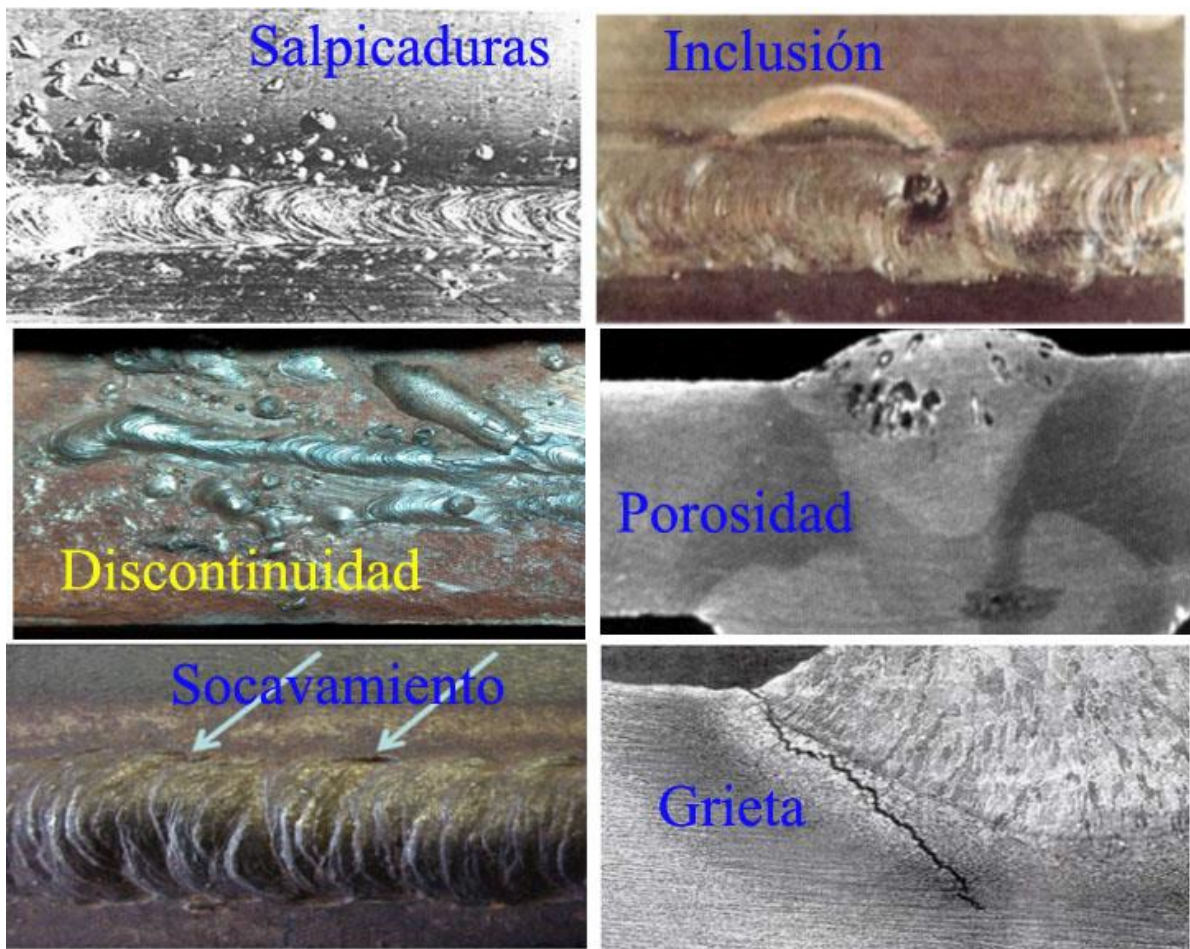
Figura 5.9 Armado de estructuras



#### Estación de soldadura

- Verificar fusión completa.
- Verificar que no haya porosidad.
- Verificar la ausencia de grietas.
- Verificar la linealidad del cordón.
- Verificar que no se presenten socavones relevantes.
- Verificar que no se presente inclusión.
- Verificar que no tenga salpicaduras.

Figura 5.10 Errores en soldadura



#### Estación de pintura

- Verificar que la pintura sea uniforme.
- Verificar que no haya pintura chorreada ni salpicaduras.
- Verificar que todas las áreas cuenten con su capa de pintura.

Figura 5.11 Pintura de estructura metálica



### **Reporte de inspección**

Se genera un informe de inspección para cada estación del taller y para cada estructura fabricada.









elaborar los gráficos de control y así analizar los resultados. Estos reportes se archivarán junto con su respectiva inspección.

### **Aceptación**

Todos los defectos que se encontraron se comunicarán al operador. Cada defecto debe corregirse inmediatamente después de finalizar la inspección. Una vez corregidos, se realiza una segunda inspección de la estructura; si el inspector la acepta puede trasladarse a la siguiente estación de trabajo. Para tal efecto, el inspector de calidad cuenta con un formato de aceptación de la estructura, en el cual se registran los datos de la cantidad media de inconformidades, así como el límite superior de defectos. Si el total de inconformidades en una estructura supera el límite superior o se aproxima a este, el inspector puede realizar un análisis inmediato.

Por ejemplo, los discos de corte adquiridos pueden ser de baja calidad, lo que repercute en el corte de la materia prima; las varillas de soldadura son de baja calidad, lo que afecta los cordones; o el operador puede necesitar capacitación, entre otros aspectos. Estos detalles se incluyen en el reporte y se informa, ya sea al jefe de taller sobre el resultado, al encargado de la compra de materiales o a recursos humanos, de acuerdo con las observaciones descritas.

Figura 5.16 Reporte de aceptación estación de corte


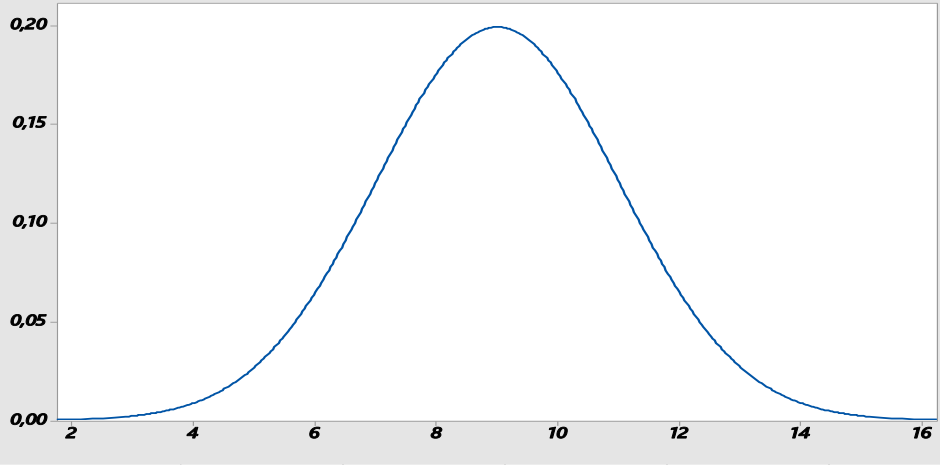
REPORTE DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL					
ESTACIÓN DE CORTE					
Reporte:		Fecha:			
Estructura:		Proyecto:			
Inspector:		Operador			
TIPO DE INSPECCIÓN VISUAL					
Rutinaria		Especial			
Directa		Remota			
Límites de inconformidades					
Gráfica de distribución					
					
Media	9	Superior	16	Inferior	0
Observaciones					
Firma de inspector					
Firma de operador					

Figura 5.17 Reporte de aceptación estación de armado


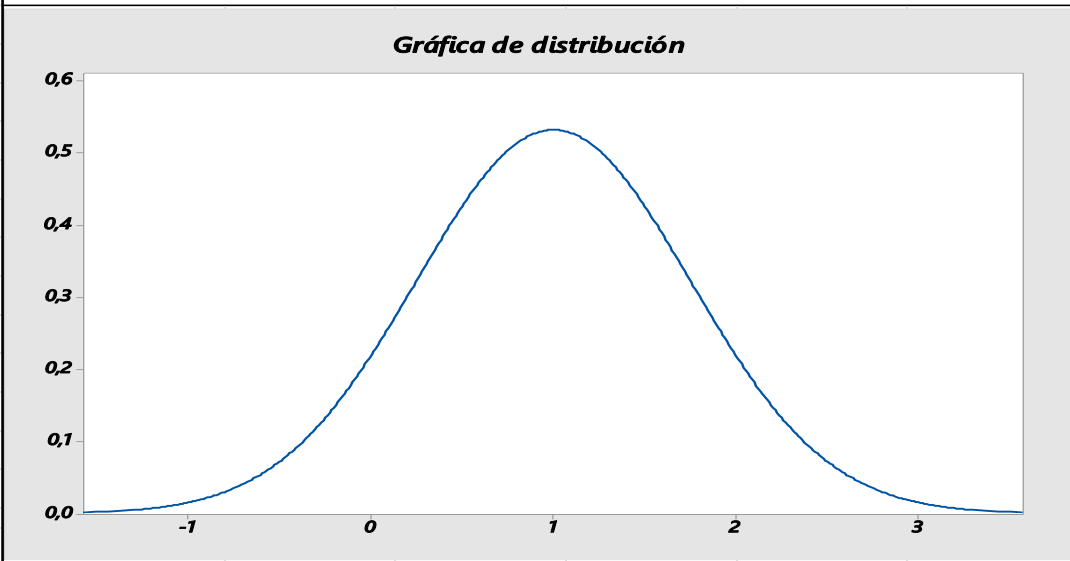
REPORTE DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL			
ESTACIÓN DE ARMADO			
Reporte:		Fecha:	
Estructura:		Proyecto:	
Inspector:		Operador:	
TIPO DE INSPECCIÓN VISUAL			
Rutinaria		Especial	
Directa		Remota	
Límites de inconformidades			
<b>Gráfica de distribución</b>			
			
Media	1	Superior	3
		Inferior	0
Observaciones			

Figura 5.18 Reporte de aceptación estación de soldadura

REPORTE DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL			
ESTACIÓN DE SOLDADURA			
<b>Reporte:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Estructura:</b>		<b>Proyecto:</b>	
<b>Inspector:</b>		<b>Operador</b>	
<b>TIPO DE INSPECCIÓN VISUAL</b>			
<b>Rutinaria</b>		<b>Especial</b>	
<b>Directa</b>		<b>Remota</b>	
<b>Límites de inconformidades</b>			
<b>Gráfica de distribución</b>			
<b>Media</b>	<b>11</b>	<b>Superior</b>	<b>17</b>
		<b>Inferior</b>	<b>0</b>
<b>Observaciones</b>			
<b>Firma de inspector</b>			
<b>Firma de operador</b>			

Figura 5.19 Reporte de aceptación estación de pintura

REPORTE DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL			
ESTACIÓN DE PINTURA			
<b>Reporte:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Estructura:</b>		<b>Proyecto:</b>	
<b>Inspector:</b>		<b>Operador</b>	
<b>TIPO DE INSPECCIÓN VISUAL</b>			
<b>Rutinaria</b>		<b>Especial</b>	
<b>Directa</b>		<b>Remota</b>	
<b>Límites de inconformidades</b>			
<b>Gráfica de distribución</b>			
<b>Media</b>	<b>1</b>	<b>Superior</b>	<b>3</b>
		<b>Inferior</b>	<b>0</b>
<b>Observaciones</b>			
<b>Firma de inspector</b>			
<b>Firma de operador</b>			

### **5.1.3 Capacitación del personal**

Se recomienda efectuar una capacitación al personal sobre el corte de las estructuras y la soldadura para minimizar los defectos que se encontraron en las estaciones de corte y soldadura, respectivamente.

Este estudio se llevó a cabo en un momento en que la empresa estaba atravesando una reestructuración. Uno de los puntos que se ejecutó fue la compra de una máquina de disco industrial para el corte de metal y una mesa especial para esta. La compañía Carbone Costa Rica, que suministró la máquina, ofreció una capacitación gratuita al personal para explicar su funcionamiento.

Se aprovechó dicha capacitación para enfocarla también en el correcto corte que se requiere según el trabajo del Área de Producción, así como en la colocación de los ángulos correctos en la máquina de acuerdo con las especificaciones de los planos. Esta máquina permite eliminar casi en su totalidad los cortes torcidos; si se utilizan adecuadamente los ángulos de corte serán exactos, aunque se necesita práctica para aprender a colocar las piezas de la forma específica.

Se llevó a cabo una capacitación al personal de la estación de soldadura, impartida por un experto en soldadura de la empresa Cecatec, en la que se explicó, punto por punto, cómo realizar todos los tipos de soldadura y de qué forma evitar los defectos. La explicación técnica abarcó los defectos de fusión, las grietas, la forma de llevar a cabo cordones de soldadura limpios y continuos, así como el acomodo correcto de la varilla de soldadura según el ángulo en el que se soldará. Se aplicó práctica a los soldadores de la compañía de manera rápida.

Estas capacitaciones ampliaron el conocimiento, tanto de los operadores como del supervisor, lo que repercute en la mejora del trabajo diario. Aunque la cantidad de horas de capacitación no se considera suficiente, es lo que la empresa Estructuras CEM pudo costear en el momento.

### **5.1.4 Supervisión**

Con la contratación de una persona para el manejo de las inspecciones en las diferentes estaciones, el supervisor actual, quien es el jefe de taller, obtuvo dos horas

diarias de tiempo libre que anteriormente dedicaba a la inspección de calidad. Este tiempo se utiliza para mejorar la supervisión del personal del taller.

En la revisión de las labores diarias del jefe de taller se encontró que se encargaba de la recepción de la materia prima y de los suministros para el taller, así como del despacho de las estructuras terminadas. La recepción de la materia prima se encargó al bodeguero y el despacho de las estructuras al encargado de despacho. Al delegar estas tareas, se liberó un mayor tiempo para el supervisor, en promedio 2 horas más diarias.

Con las 4 horas libres, el jefe de taller puede dedicar este tiempo a realizar rondas directas de supervisión al personal, verificar el uso de las herramientas de trabajo y asegurarse de que se cuente con los materiales necesarios para cada labor, entre otros aspectos.

#### **5.1.5 Procedimientos de taller**

Es necesario contar con un procedimiento claro para cada estación del taller, lo cual permite estandarizar los procesos. Al iniciar este trabajo, la empresa Estructuras CEM había comenzado una reestructuración, durante la cual se elaboraron nuevos procedimientos con la ayuda de una persona subcontratada. Estos procesos abarcaron las estaciones de taller, la bodega de herramientas, la bodega de materia prima y el despacho.

En la primera semana de diciembre, después de realizar una lluvia de ideas con el personal de la compañía, donde se destacó como una causa la falta de procedimientos claros, la persona contratada implementó los nuevos procesos y llevó a cabo una capacitación al personal de cada área. La empresa asegura que estos procedimientos son claros y estandarizan todos los procesos, de manera que cualquier persona pueda realizarlos exactamente de la misma manera.

A pesar de la solicitud realizada en este proyecto para disponer de los procedimientos y de que esa persona se encontraba elaborando diferentes procesos en otras áreas de la empresa, se negó a incluirlos en este trabajo por motivos de derechos de autor. Confiando en la palabra de los representantes de la empresa, se puede afirmar que esta causa se cubrió y resolvió en la organización.

### **5.1.6 Concentración del colaborador**

Como parte de la reestructuración que la empresa implementó, también se reestructuró cada estación de trabajo, cambiando muebles, soportes y levantando una especie de pared que divide una estación de otra, pero sin obstaculizar el tránsito de las piezas que se trabajan. Lo que logró este trabajo fue que los operadores no tuvieran visión directa hacia los compañeros de las otras estaciones de trabajo, delimitando el contacto visual y obstaculizando que hablen con sus compañeros y se desconcentren. Adicionalmente, la mayor permanencia y supervisión del jefe de taller hace que las personas colaboradoras realicen menos labores de distracción y estén más inmersos en el trabajo asignado.

### **5.1.7 Poka Yoke**

En la estación de corte, con la instalación de la nueva máquina de corte industrial, se instaló un Poka Yoke, el cual consiste en una guía en ambos lados de la máquina para el corte del metal. La pieza se coloca en paralelo a la guía, lo que produce un corte exacto de 90°. Si la máquina se coloca en algún ángulo, al estar la pieza alineada con la guía, el ángulo resultante es exacto. De este modo, se evita cometer errores en el ángulo del corte y se eliminan cortes torcidos.

### **5.1.8 Resultados de implementación**

La primera semana de diciembre la empresa ejecutó un análisis e implementó nuevos procedimientos para todas las áreas mediante un asesor subcontratado. Se capacitó al personal el día 6 de diciembre de 2024 y se pusieron en práctica dichos procesos. Con esto se logró que el trabajo se realizara de una manera uniforme y fluida. Debido a temas de derechos de autor, ya que el asesor aún trabaja en la compañía en la creación de procedimientos para otras áreas, no se pudo contar con los procesos instaurados para su análisis. La empresa asegura que los procedimientos responden completamente a la solución de esta causa.

Al mismo tiempo, la primera semana de diciembre se inició una reestructuración física del taller, en la cual se delimitaron mejor las estaciones, se pintaron las zonas de seguridad y se cambió una parte del mobiliario. Esto logró un mejor flujo de materiales,

piezas y estructuras entre estaciones. Además, contribuye a una mejor concentración del personal al obstaculizar la visión entre estaciones y evita, hasta cierto punto, que los operadores hablen entre ellos.

La capacitación de la estación de corte se realizó el día 13 de diciembre de 2024 por parte de la empresa Carbone Costa Rica. El personal amplió su conocimiento acerca del uso de la nueva máquina adquirida por la compañía, la forma correcta de utilizarla y cómo realizar los cortes exactos necesarios en la producción. Se formularon numerosas preguntas para que el tema quedara completamente claro. Además, se llevaron a cabo pruebas prácticas con el personal. Asistieron el gerente general, el jefe de taller y ocho operadores del taller.

La capacitación en la estación de soldadura se realizó el 20 de diciembre de 2024 por parte de la empresa Cecatec. En esta, el personal amplió su conocimiento técnico y práctico sobre todo lo referente a la soldadura. Asistieron el gerente general, el jefe de taller y seis operadores del taller.

El día 10 de enero ingresó a la empresa el nuevo inspector de calidad. La primera semana de trabajo se dedicó a capacitaciones, revisión de procedimientos y revisión del manual de inspección, para comenzar de lleno con las inspecciones en el taller.

La tercera semana de enero de 2025, el jefe de taller elaboró un plan de supervisión, ya que con la incorporación del inspector de calidad y la delegación de algunas funciones al personal de bodega de materia prima y despacho, recuperó aproximadamente 4 horas diarias para ejercer una mejor supervisión. Debido a esta implementación, el personal del taller mantiene una mayor concentración en su trabajo. Esto causó que la producción aumentara en un 8 %.

Para el inicio de febrero de 2025, el Departamento de RR. HH. inició el plan propuesto en esta investigación para mejorar el sentido de pertenencia de las personas colaboradoras hacia la empresa, comenzando con la identificación de barreras en todas las áreas de la compañía. A la fecha, este departamento trabaja en este análisis.

En las últimas dos semanas de enero se ejecutó un plan piloto de inspección de calidad a cargo del inspector y dueño de la empresa. Esto reflejó una disminución en la cantidad de inconformidades. Enseguida, se detalla el análisis de la inspección.

Tabla 5.1: datos de inconformidades después de implementación

INCONFORMIDADES				
Estructura	Estación corte	Estación armado	Estación soldadura	Estación pintura
HI01	7	2	10	1
HI02	12	1	9	1
HI03	16	3	10	0
HI04	8	1	11	0
HI05	5	0	12	0
HI06	5	0	14	0
HI07	7	0	16	2
HI08	9	1	9	2
HI09	11	2	8	0
HI10	9	1	7	0
HI11	12	2	9	0
HI12	10	1	11	3
HI13	8	0	12	0
HI14	6	0	8	0
HI15	8	1	16	0
HI16	9	0	12	1
HI17	7	0	14	1
HI18	9	1	15	0
HI19	11	1	9	0
Total	169	17	212	11

Como se puede apreciar, las inconformidades en las estaciones de armado y pintura son mínimas. En la estación de corte y en la de soldadura, se observa una reducción considerable de inconformidades.

En la inspección documentada en la estación de corte, se registró un total de 357 inconformidades (Tabla 4.4) en la misma cantidad de estructuras fabricadas. En la inspección actual, se encontró un total de 169 inconformidades, lo que ocasiona una reducción de casi el 53 % en el total de inconformidades. Esta disminución se debe al uso de la nueva máquina de corte que la empresa incorporó para agilizar el proceso, así como a la capacitación impartida al personal, quienes se muestran más concentrados en su trabajo y cuentan con una mejor supervisión. Se prevé que, con el paso del tiempo y una mayor práctica con la nueva máquina, esta cantidad de defectos disminuya aún más.

Si se toma el total de los cortes realizados en las 19 cerchas, el porcentaje de cortes con inconformidades es del 13.90 %, en contraste con el casi 30 % documentado (véase la Figura 4.15).

En la inspección documentada en la estación de soldadura, se registró un total de 358 inconformidades (Tabla 4.4). En la actualidad, se documentan 212 inconformidades, lo que representa una reducción del 41 % en la cantidad de defectos. Esta disminución se debe a la capacitación impartida y a una inspección de calidad objetiva. Si se considera el total de soldaduras realizadas en las 19 cerchas fabricadas, la cantidad actual de inconformidades corresponde al 8.71 %, en contraste con el 17 % documentado (véase la Figura 4.16).

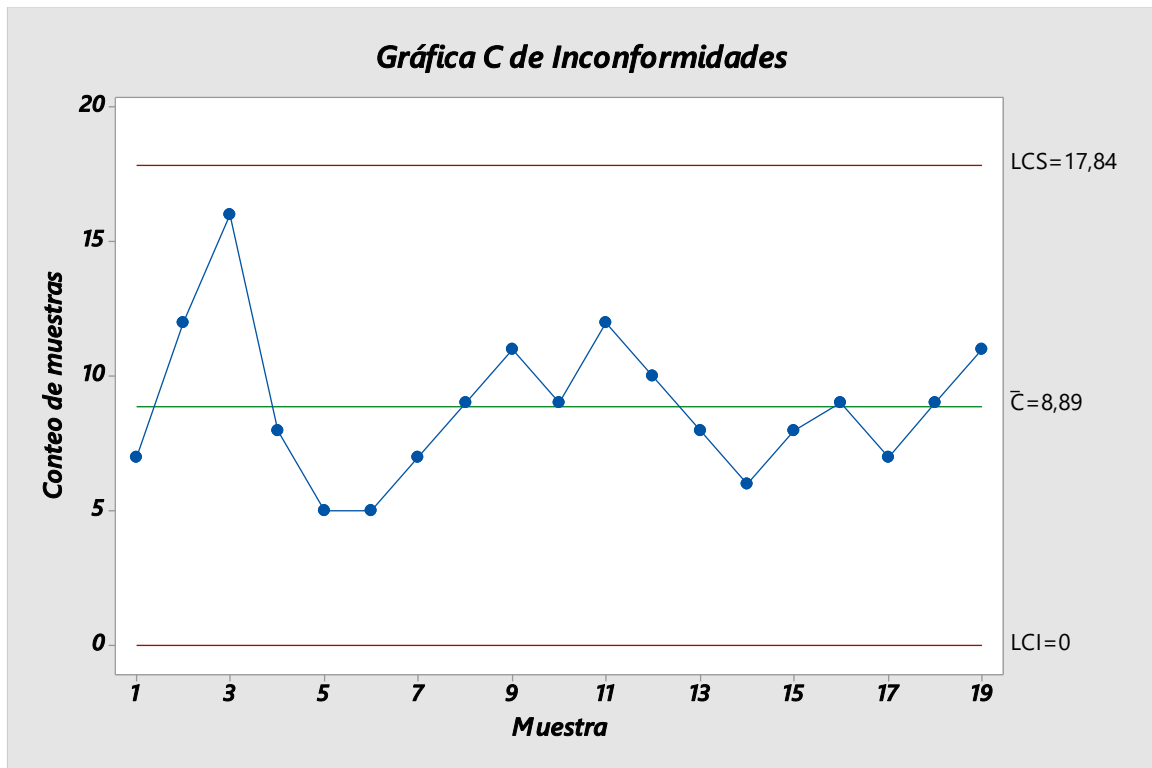
#### **5.1.9 Resultados Minitab**

Los resultados en las diferentes estaciones se incluyen en el *software* Minitab para ejecutar los gráficos de control, los cuales se archivan junto con los documentos de la inspección para un seguimiento documentado.

Tabla 5.2: datos de inconformidades estación de corte

ESTACIÓN DE CORTE	
Estructura	Inconformidades
HI01	7
HI02	12
HI03	16
HI04	8
HI05	5
HI06	5
HI07	7
HI08	9
HI09	11
HI10	9
HI11	12
HI12	10
HI13	8
HI14	6
HI15	8
HI16	9
HI17	7
HI18	9
HI19	11

Figura 5.15 Gráfico de control estación de corte

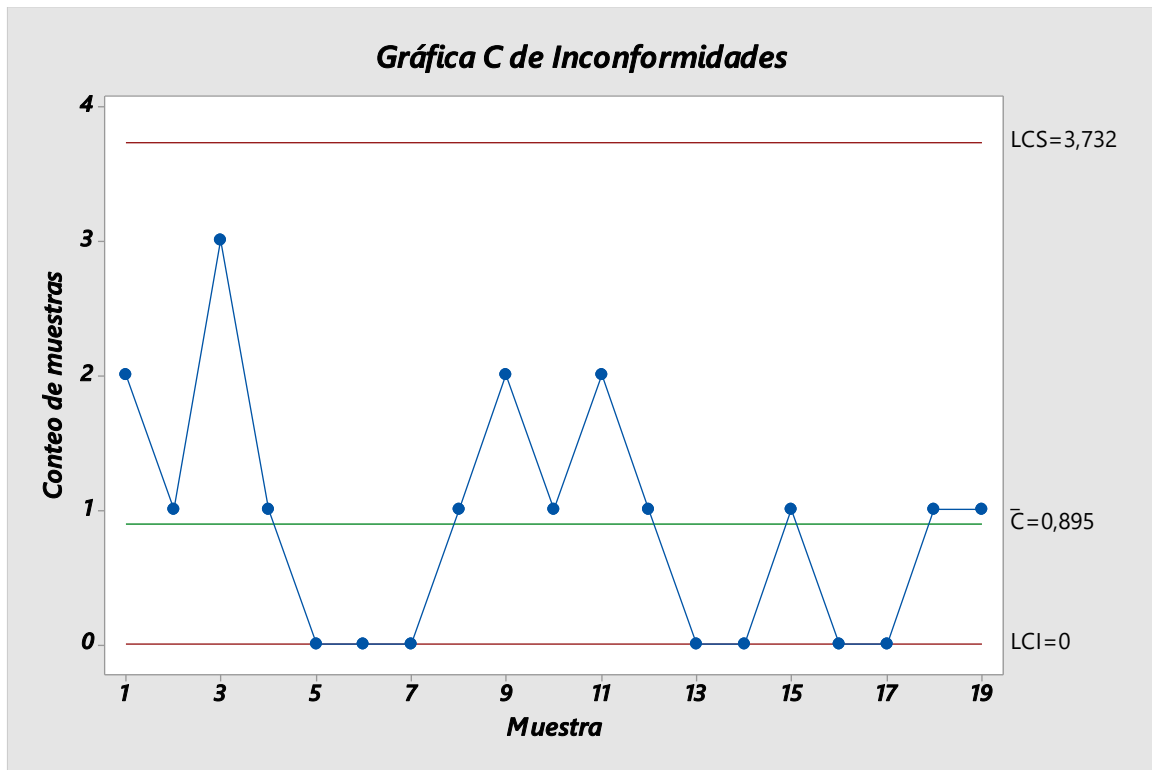


Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se obtiene una cantidad promedio de 8,89 defectos por muestra, con un límite de control superior de 17,84 defectos y un límite de control inferior de 0 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, por lo tanto, el proceso se encuentra bajo control estadístico en el total de defectos por muestra. El procedimiento es estable.

Tabla 5.3: datos de inconformidades estación de armado

ESTACIÓN DE ARMADO	
Estructura	Inconformidades
HI01	2
HI02	1
HI03	3
HI04	1
HI05	0
HI06	0
HI07	0
HI08	1
HI09	2
HI10	1
HI11	2
HI12	1
HI13	0
HI14	0
HI15	1
HI16	0
HI17	0
HI18	1
HI19	1

Figura 5.16 Gráfico de control estación de armado

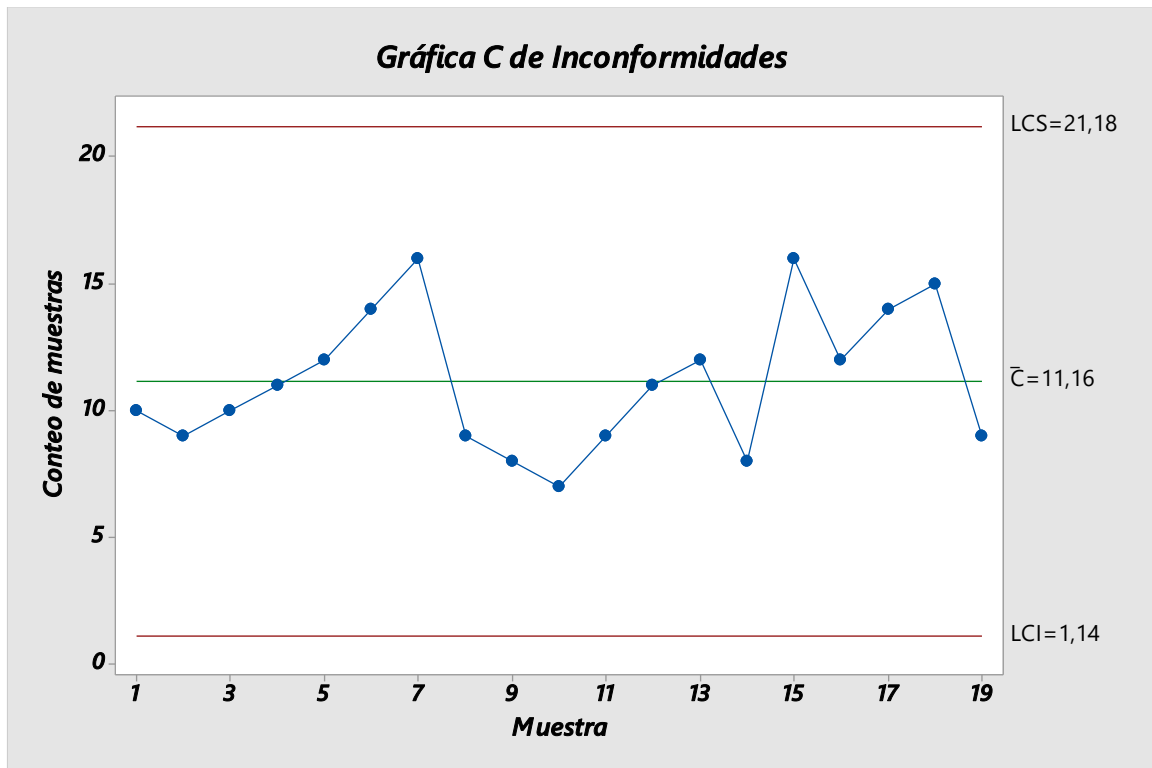


Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se obtiene una cantidad promedio de defectos por muestra de 0,895, con un límite de control superior de 3,732 defectos y un límite inferior de control de 0 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, por lo tanto, el proceso se encuentra bajo control estadístico en el total de defectos por muestra. El procedimiento es estable.

Tabla 5.4: datos de inconformidades estación de soldadura

ESTACIÓN DE SOLDADURA	
Estructura	Inconformidades
HI01	10
HI02	9
HI03	10
HI04	11
HI05	12
HI06	14
HI07	16
HI08	9
HI09	8
HI10	7
HI11	9
HI12	11
HI13	12
HI14	8
HI15	16
HI16	12
HI17	14
HI18	15
HI19	9

Figura 5.17 Gráfico de control estación de soldadura

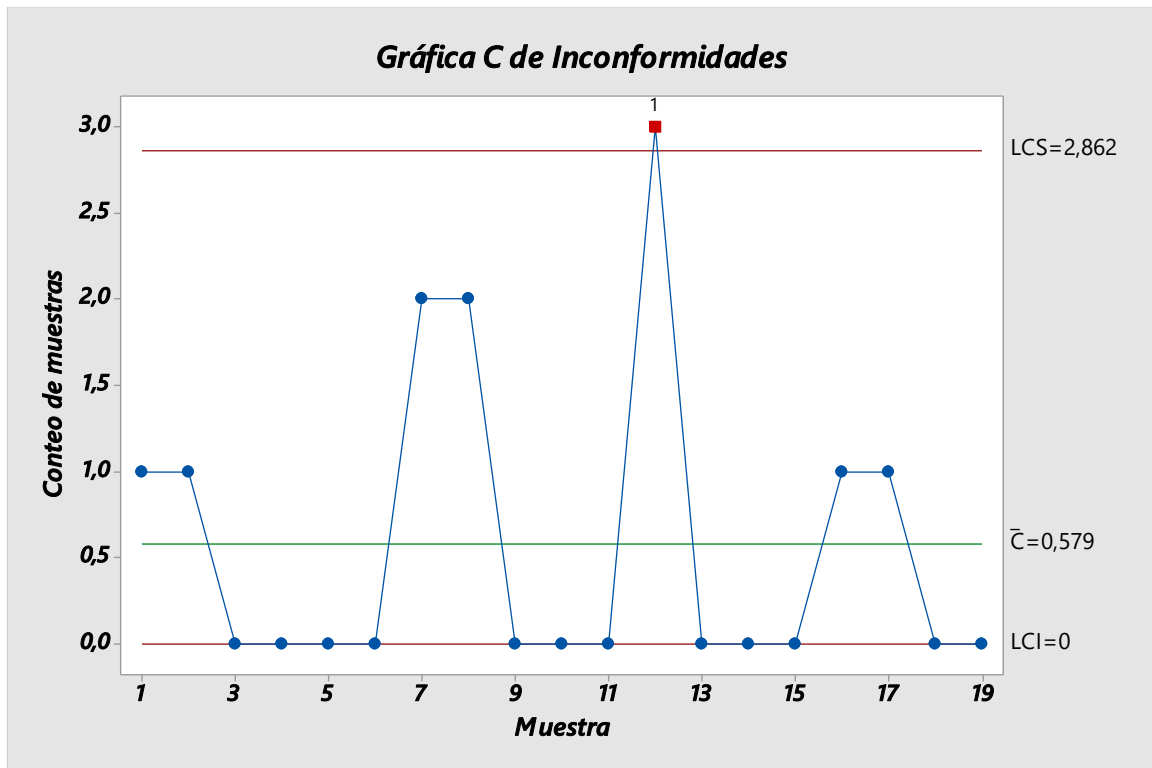


Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se obtiene una cantidad promedio de defectos por muestra de 11,16, con un límite de control superior de 21,18 defectos y un límite de control inferior de 1,14 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, por lo tanto, el proceso se encuentra bajo control estadístico en cuanto al total de defectos por muestra. El procedimiento es estable.

Tabla 5.5: datos de inconformidades estación de pintura

ESTACIÓN DE PINTURA	
Estructura	Inconformidades
HI01	1
HI02	1
HI03	0
HI04	0
HI05	0
HI06	0
HI07	2
HI08	2
HI09	0
HI10	0
HI11	0
HI12	3
HI13	0
HI14	0
HI15	0
HI16	1
HI17	1
HI18	0
HI19	0

Figura 5.18 Gráfico de control estación de pintura



Observando el gráfico c de la cantidad de defectos, se determina que el total promedio de defectos por muestra es de 0,579, con un límite de control superior de 2,862 defectos y un límite de control inferior de 0 defectos. No se observan tendencias ni peculiaridades, sin embargo, se identifica un punto que excede el límite superior, correspondiente a la muestra 12. Por lo tanto, el proceso no se encuentra bajo control estadístico en cuanto a la cantidad de defectos por muestra, lo que indica que el procedimiento es inestable. Se debe revisar la muestra 12 para identificar qué ocurrió ese día y tratar de corregir y evitar las inconformidades en otras muestras.

Los resultados que se alcanzaron son bastante favorables para la empresa. En general, la cantidad de inconformidades encontradas en el Área de Producción disminuyó en un 49 % y se mejoró la producción en un 8 % gracias a las mejoras aplicadas.

El proyecto en el que la empresa trabaja en este momento inició en noviembre de 2024 y se termina aproximadamente en abril de 2025. A la fecha de la revisión de datos

para la presente investigación, la compañía estima que el porcentaje promedio de pérdidas en las ganancias debido a retrabajos, desperdicios y retrasos, para este proyecto en el que se implementaron mejoras, se reduce en un 40 %. El tiempo de entrega del proyecto se estima en una semana antes de lo previsto. En virtud de que el proyecto aún no se ha cerrado, no se puede cuantificar en términos monetarios cuánto crecerá la ganancia.

## **5.2 CONTROLAR**

El problema principal que originó este estudio es la pérdida de tiempo y materiales que generan los retrabajos y errores, lo que se traduce en una pérdida económica para la empresa. Para mejorar los procesos y reducir los retrabajos y errores, la compañía debe aplicar una capacitación al personal en las dos estaciones donde son más comunes. En la estación de corte, la adquisición de la nueva máquina hace necesario capacitar al personal. En la estación de soldadura, se debe implementar una capacitación sobre la forma correcta de ejecutar la soldadura y cómo evitar los errores por parte de los operarios.

Además, es necesario actualizar los procedimientos de taller, que en el momento del estudio ya eran reestructurados y que se implementan por la empresa. La compañía debe contratar a una persona que se dedique al 100 % a la inspección en las diferentes estaciones. Esta persona debe implementar el manual de inspección descrito para los distintos procesos. Con la contratación de esta persona, el jefe de taller dispondrá de dos horas de tiempo libre y, al delegar otras funciones, cuenta con dos horas más libres.

Este tiempo debe usarse para ejercer una mayor supervisión y tratar de evitar la desconcentración de los diferentes colaboradores. A la vez, el Departamento de Recursos Humanos debe iniciar un análisis de todo el personal de la empresa para tomar acciones que mejoren el sentido de pertenencia que deben tener los empleados y, así, ejecutar mejor sus labores.

### 5.2.1 Actividades por ejecutar

✓ 1- Implementar nuevos procedimientos de taller: en el momento del inicio de esta investigación, la empresa inició un proceso de reestructuración en varias áreas; una de estas fue el taller, en el cual se implementaron nuevos procesos para cada estación del procedimiento de producción.

✓ 2- Capacitaciones al personal: se dividieron en dos partes.

- Capacitación en la estación de corte: con la compra de la nueva máquina se debe capacitar a todo el personal del taller en su uso y en los parámetros necesarios para ejecutar los cortes requeridos para la fabricación de las estructuras. El encargado de la capacitación es el jefe de taller, quien es asistido por personal técnico de la empresa Carbone Costa Rica. La preparación dura 1 semana.

- Capacitación en la estación de soldadura: capacitar a las personas colaboradoras que se dedican a la soldadura dentro del taller en todas las técnicas de soldadura y en cómo evitar los defectos. El responsable de la capacitación es el jefe de taller. Esta es impartida por el personal de Cecatec y tiene una duración de 1 semana.

✓ 3- Contratación de un inspector de calidad: debe llevarse a cabo para que haga las inspecciones necesarias en cada estación con criterio profesional y objetividad. Responsable: gerencia de recursos humanos. Duración: 22 días.

✓ 4- Mejorar la supervisión: al contratar a una persona que se dedique exclusivamente a la inspección de calidad, el jefe de taller dispondrá de 2 horas libres para supervisar de manera efectiva al personal a su cargo. Se debe generar un plan de supervisión. Responsable: jefe de taller. Duración de preparación del plan: 1 semana.

✓ 5- Reestructuración física del taller: en la reestructuración que se lleva a cabo en la empresa, se incluye la modificación física de los espacios de trabajo en el taller. Esta modificación resultará en una menor visibilidad entre las estaciones de trabajo, lo que fomentará una mayor concentración por parte de las personas colaboradoras, ya que les impedirá mantener conversaciones con sus compañeros. Además, la supervisión más cercana por parte del jefe de taller

obligará a los empleados a enfocarse en sus tareas. Responsable: jefe de taller.  
Duración: 22 días.

✓ 6- Mejorar el sentido de pertenencia de las personas colaboradoras: a recursos humanos se le trasladó un documento con los pasos para investigar las posibles causas de un bajo sentido de pertenencia en los colaboradores. Igualmente, el documento incluye los pasos para comenzar a reforzar ese sentido de pertenencia en todos los niveles. Responsable: gerente de Recursos Humanos.  
Duración: 3 meses.

✓ 7- Plan piloto de inspección: se ejecuta un plan piloto de inspección para medir los resultados con las capacitaciones realizadas y los cambios que se implementan en el taller. Responsable: jefe de taller. Duración: 15 días.

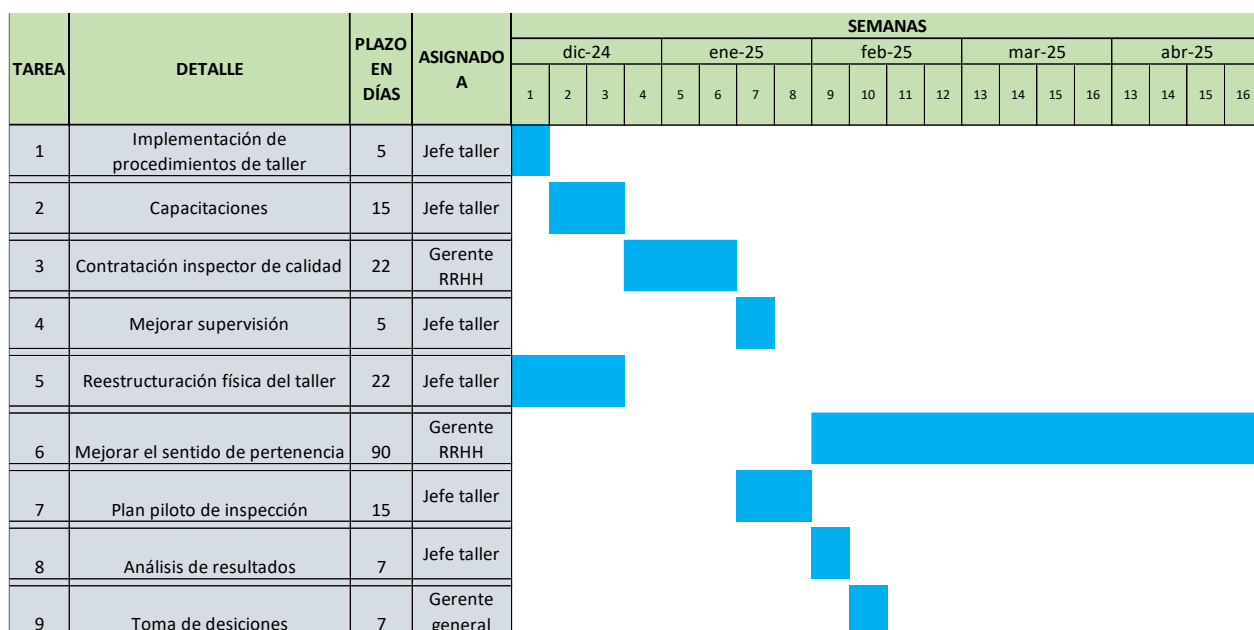
✓ Análisis de los resultados: se lleva a cabo un análisis de resultados de la inspección efectuada. Responsable: jefe de taller. Duración: 1 semana.

✓ Toma de decisiones: con los resultados de la inspección, se ejecuta un análisis para definir las acciones por tomar. Responsable: gerente general.  
Duración: 1 semana.

### **5.2.2 Diagrama de Gantt**

Por medio del diagrama de Gantt, se muestra la distribución temporal de las actividades que sustentan las principales causas del retrabajo y desperdicio en el taller de la empresa.

Figura 5.19 Gráfico de Gantt de actividades



El gerente general de la empresa llevó un control exhaustivo de todas las mejoras aplicadas y sus resultados, encontrando un alto beneficio con esta implementación. Para ejercer un mejor control, se planeó llevar a cabo una auditoría de procesos para verificar que se continúe ejecutando de la mejor forma lo implementado. Esta se realiza una vez terminado el proyecto de construcción actual en el que participa la empresa, aproximadamente en la primera semana de mayo de 2025.

De igual forma, se explica el término y la forma de ejecutar una mejora continua. Con la persona contratada para la inspección de calidad, se pueden valorar y analizar datos sobre cómo mejorar los procesos.

Una vez ejecutadas todas las actividades, se puede indicar que el objetivo general del presente estudio se cumple. Se analizaron las principales causas que ocasionan el retrabajo y el desperdicio en el área de taller, se utilizaron diferentes técnicas ingenieriles y se llevó a cabo un proceso de inspección de calidad estandarizada, donde se pueden tomar decisiones en el momento de realizarla y también soluciones para largo plazo.

Las inconformidades encontradas en la producción, que se verificaron en el plan piloto de inspección, revelaron una disminución cercana al 49 % de defectos, se mejoró la producción en un 8 % y la pérdida económica promedio derivada de los retrasos, el

retrabajo y la pérdida de materiales disminuyó un 40 % en el presente proyecto que ejecuta la empresa.

### 5.2.3 Costos de implementación

Inicialmente, la empresa inició una reestructuración en lo físico y los procedimientos. Estos costos se describen a continuación:

Tabla 5.6: Costos reestructuración

Reestructuración taller	₺ 650 000,00
Elaboración y capacitación procedimientos taller	₺ 29 470,00
<b>Total</b>	<b>₺ 679 470,00</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

La reestructuración física del taller tuvo un costo total de ₺650.000, que incluyó el ajuste de las estaciones de trabajo, la incorporación de algunos muebles y la pintura en ciertas áreas. Los nuevos procedimientos de taller los elaboró el jefe de taller, al igual que la capacitación dirigida a las personas colaboradoras de cada área, con un costo de ₺29.470. Esto suma un total de ₺679.470. La estación de corte requirió la compra de una sierra circular industrial y una mesa metálica especial para su colocación.

Tabla 5.7: costos sierra y mesa

Estación corte	
Sierra de corte	₺ 225 000,00
Mesa metálica especial	₺ 275 000,00
<b>Total</b>	<b>₺ 500 000,00</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

La sierra de corte industrial tuvo un costo de ₺225.000 y la mesa especial para el montaje de la sierra costó ₺275.000, lo que suma un total de ₺500.000. Una de las principales causas del problema es la falta de capacitación de las personas colaboradoras. Esta se dividió en dos fases: capacitación en la estación de corte y capacitación en la estación de soldadura.

Tabla 5.8: costos de capacitación estación de corte

Capacitación estación de corte	
Refrigerio	₡ 25 000,00
Horas del personal	₡ 87 126,00
<b>Total</b>	<b>₡ 112 126,00</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

Esta capacitación se llevó a cabo de manera gratuita por parte de personal especializado de la empresa Carbone Costa Rica, como parte de la compra de la sierra circular industrial y su respectivo soporte. Se incurrió en costos de refrigerio de ₡25.000 y se contó con la presencia de 8 colaboradores del área del taller, el gerente general y el jefe de taller. Durante las 4 horas que tardó el evento, el monto en salarios fue de ₡87.126, lo que da un total de ₡112.126.

Tabla 5.9: costos de capacitación estación de soldadura

Capacitación estación de soldadura	
Refrigerio	₡ 20 000,00
Capacitador	₡ 75 000,00
Horas del personal	₡ 75 405,00
<b>Total</b>	<b>₡ 170 405,00</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

Para la capacitación en la estación de soldadura se requirieron ₡20.000 en refrigerios. El capacitador, quien es personal de la empresa técnica Cecatec, cobró un monto de ₡75.000. Asistieron cuatro soldadores, el gerente general y el jefe de taller, lo que generó un costo total de ₡75.405 en 5 horas del evento. En total, tuvo un costo de ₡170.405.

Tabla 5.10: costos de contratación del inspector de calidad

Contratación inspector de calidad	
Salario inspector calidad	₡ 653 427,21
Tiempo selección personal RRHH	₡ 165 000,00
<b>Total</b>	<b>₡ 818 427,21</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

Para la contratación del nuevo inspector de calidad de la empresa, se incurrió en un costo relacionado con la selección de la persona de ₡165.000 y en el salario del nuevo colaborador de ₡653.427,21, lo que da un total de ₡818.427,21.

Tabla 5.11: costos totales de la implementación

Costo total	
Sierra de corte	₡ 225 000,00
Mesa metálica especial	₡ 275 000,00
Reestructuración taller	₡ 650 000,00
procedimientos taller	₡ 29 470,00
Refrigerio	₡ 25 000,00
Horas del personal	₡ 87 126,00
Refrigerio	₡ 20 000,00
Capacitador	₡ 75 000,00
Horas del personal	₡ 75 405,00
Salario inspector calidad	₡ 653 427,21
Tiempo selección personal RRHH	₡ 165 000,00
<b>Total</b>	<b>₡ 2 280 428,21</b>

Fuente: Departamento Financiero CEM (2025).

El costo total de implementar el manual de inspección y soluciones para las principales causas del retrabajo y desperdicio en el área de taller es de ₡2.280.428,21.

### 5.2.3 Cálculo del ROI

Es necesario conocer en cuánto tiempo la empresa recuperará la inversión de esta implementación.

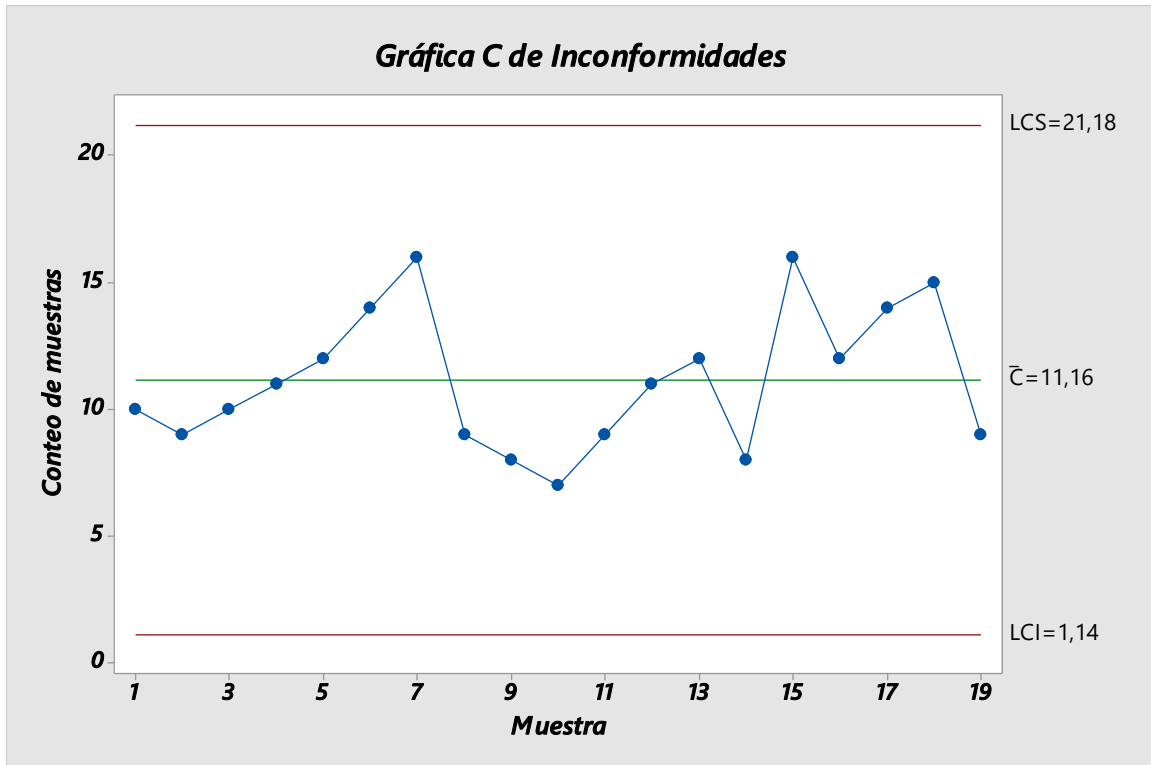
$$\text{ROI} = \frac{2280428,21}{350000} = 6,51.$$

La empresa calcula que, por mes, puede recuperar ₡350.000 del monto de esta inversión, lo cual indica que el total se recuperará aproximadamente en 6.5 meses. Este es un lapso considerable, sin embargo, si se toma en cuenta que implementar el manual de inspección se realiza en 1 año y el aumento de proyectos que ha experimentado la

compañía, esto puede significar que se eviten pérdidas millonarias y la recuperación de la confianza de todos sus clientes.

### 5.2.4 Gráficas de control

Figura 5.19 Gráfico de control



Para mantener el control de las implementaciones, se utiliza el *software* Minitab para graficar las inspecciones mediante la gráfica C de inconformidades, lo que permite tener una visión más clara de la situación y tomar decisiones oportunas.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

### **Conclusiones**

- Se capacitó al personal de la estación de corte y soldadura. Con esto se amplió el conocimiento, tanto técnico como práctico de las personas colaboradoras, lo que evitó errores en la producción y contribuyó con la reducción de las inconformidades en un 49 %.

- Se contrató un inspector de calidad que se dedica exclusivamente a la inspección en las estaciones del taller, con el objetivo de mejorar la calidad de todos los productos fabricados y garantizar una inspección objetiva y profesional.

- Se implementó un manual de inspección de calidad para todas las estaciones del taller, en el cual se presentan todos los parámetros necesarios para realizar una inspección adecuada y estandarizada.

- Se ejecutó un plan piloto de inspección que reveló una reducción del 49 % en la cantidad de inconformidades encontradas en la producción del taller.

- Se mejoró la supervisión debido a que se liberaron 4 horas diarias de trabajo del jefe de taller, que las dedicaba a participar en las inspecciones y otras funciones que se delegaron. Al mismo tiempo, esto repercutió en una mayor concentración del colaborador por la mayor presencia del jefe. Esto mejoró la producción en un 8 %.

- Se cumplió el objetivo de este estudio, ya que se implementó el manual de inspección y, según los cálculos de la empresa, se redujo en un 40 % la cantidad de pérdidas económicas causadas por el retrabajo, el desperdicio y los retrasos. El tiempo de entrega del proyecto de construcción se calcula para una semana antes de lo previsto, lo que revela que los atrasos que ocasionaban las inconformidades se redujeron.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda al Departamento de Recursos Humanos aplicar el plan para mejorar el sentido de pertenencia de las personas colaboradoras hacia la empresa, el cual se encuentra anexo en el Apéndice 1.
- Se recomienda a la empresa migrar los datos a un nuevo *software* para el manejo de la información de forma paralela entre departamentos.
- Se recomienda a la empresa continuar con la mejora continua, tanto en el área de taller como en otras áreas de esta.
- Se recomienda a la empresa automatizar algunos procesos para mejorar el tiempo de producción.
- Se recomienda a la empresa que, en cada ocasión en que se contrate a un nuevo colaborador para el área de taller, este reciba las capacitaciones aplicadas y se asegure la calidad en la producción.

## REFERENCIAS

- Aiteco Consultores. (2019). *Multivotación, un excelente instrumento para seleccionar las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas>
- Álvarez Herrera, H. (2011). *Sistematización de los procesos de inspección de obras especiales desarrolladas en Recope*.
- Aprende estadísticas fácilmente. (2024). *Qué es: análisis de datos históricos*. <https://es.statisticseasily.com/glosario/%C2%BFQu%C3%A9-es-el-an%C3%A1lisis-de-datos-hist%C3%B3ricos%3F/#:~:text=Los%20datos%20hist%C3%B3ricos%20sirven%20como%20base%20para%20la,del%20mercado%20para%20hacer%20predicciones%20sobre%20escenarios%20futuros>
- Araya, D. (2015). *Mejoramiento de los procesos de mantenimiento y control de calidad en la infraestructura de los recintos portuarios del Incop, particularmente Caldera*. Proyecto de Graduación (Licenciatura en Ingeniería en Construcción) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6740>

- Asana, Inc. (2024). *Project charter: qué es y cómo crearlo con una plantilla*.  
<https://asana.com/es/resources/project-charter>
- Beranda. (2022). *Cómo se hace una lluvia de ideas: ejemplos y consejos para ser más creativo*.  
<https://educationtrendco.blogspot.com/2023/03/como-se-hace-una-lluvia-de-ideas.html>
- Castillo Mena, O. (2019). *Elaboración e implementación de un manual de control de calidad en obras viales municipales para el cantón de Cartago*. Proyecto de Graduación (Licenciatura en Ingeniería en Construcción) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción.  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10748>
- Conduce tu empresa. (2023). *Poka-Yoke: Definición, Componentes, Características y Beneficios*. <https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/07/poka-yoke.html>
- Consuunt. (2024). *¿Qué es un árbol de calidad?* <https://www.consuunt.es/arbol-de-calidad/>
- Cornejo Campos, A. (2022). *Plan de capacitación*. <https://milformatos.com/empresas-y-negocios/plan-de-capacitacion/?msckid=08343157c69411ecbdf92525c87a654b>
- Deingenierias.com. (2024). *Soldadura eléctrica | Qué es, Tipos, máquinas, equipamiento, técnicas, aplicaciones, ventajas y desventajas*. <https://deingenierias.com/todo-sobre-soldadura/>
- E2M Couth Vision System. (2023). *Sistemas de inspección para el control de calidad*.  
<https://e2mcouth.com/blog/sistemas-de-inspeccion-para-el-control-de-calidad>
- Enciclopedia concepto. (2024a). *Diagrama de flujo*. <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>
- Enciclopedia concepto. (2024b). *Organigrama*. <https://concepto.de/organigrama/>
- Equipo Editorial, Etecé. (2020). *Entrevistas*. *Enciclopedia concepto*.  
<https://concepto.de/entrevista/>
- Equipo Editorial, Etecé. (2022). *Lluvia de ideas*. <https://concepto.de/lluvia-de-ideas>
- Equipo Editorial, Etecé. (2024). *Observación*. *Enciclopedia concepto*.  
<https://concepto.de/bitacora/>
- Estamática consultoría estadística. (2024). *Control Estadístico de la Calidad con Minitab*. (2024). <https://estamatica.net/control-estadistico-de-la-calidad-con-minitab>

- Farías, G. (2024). *Bitácora*. Enciclopedia concepto. <https://concepto.de/bitacora/>
- Giani, C. (2024). *Diagrama de Ishikawa*. <https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa>
- González, E. (2016). *Diseño de plan de mejoramiento en la inspección de calidad en la recepción de materia prima (telas) en la empresa Inducon*.
- Grupo Atico34. (2024). *Stakeholders: qué son, tipos y ejemplos*. <https://protecciondatos-lopd.com/empresas/stakeholders/>
- Ines de Azkue. (2023). *Análisis FODA*. <https://humanidades.com/analisis-foda/>
- Investigadores. (2020). *Fuentes de información primarias, secundarias y terciarias*. <https://tecnicasdeinvestigacion.com/fuentes-de-informacion-primaria-y-secundaria-y-terciaria/>
- Kanban Tools. (2024). *¿Qué es un Diagrama SIPOC?* <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-un-diagrama-sipoc>
- Lesnik, G. (2024). *Estructuras metálicas: definición, tipos y características*. <https://construccionenseco.net/estructuras-metalicas-definicion-tipos-y-caracteristicas/>
- Llamas, J. (2020). *Costos históricos: qué es y cómo afectan tu negocio*. <https://economipedia.com/definiciones/costos-historicos.html>
- López, J. F. (2020). *Reunión*. <https://economipedia.com/definiciones/reunion.html>
- López. (2022). *El Diagrama de Gantt: para qué sirve y cómo puedes hacer uno*. <https://www.occamagenciadigital.com/blog/el-diagrama-de-gantt-para-que-sirve-y-c%C3%B3mo-puedes-hacer-uno>
- Lucidchart. (2024). *Que es un diagrama de flujo*. <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>
- Martins, J. (2022). *Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos*. <https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>
- Masterlogística. (2021). *Diagrama de Pareto 80/20*. <https://www.masterlogistica.es/diagrama-de-pareto-80-20/>
- Milformatos by LaComuna. (2024). *Plan de capacitación*. <https://milformatos.com/empresas-y-negocios/plan-de-capacitacion>
- Moreno, S. (2023). *Control estadístico de procesos en el área de pintura para reducir los productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022*.

- Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Industrial. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109225>
- Mungfali. (2017). *Project charter*. <https://mungfali.com/post/1463763EB2F885B53520E4774F79D7F95278D412/Ejemplos+De+Project+Charter>
- Navarro, A. (2014). *Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización*. Proyecto de Graduación (Licenciatura en Ingeniería en Construcción) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6216>
- Ortega, C. (2022). *Análisis estadístico: Qué es, usos y cómo realizarlo*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-estadistico/>
- Pérez, J. (2022). *Definición de recorrido*. <https://definicion.de/recorrido/>
- Probabilidad y estadística. (2024). *DMAIC*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/dmaic/>
- Procesamiento administrativo. (2024). *Los stakeholders de una empresa con ejemplos*. <https://procesoadministrativo.net/stakeholders-de-una-empresa-ejemplos/>
- Prodan, C. (2023). *Plan operativo para Autoservicio Prodan*. Universidad Abierta Interamericana. <https://dspaceapi.uai.edu.ar/server/api/core/bitstreams/b19fbd0a-7e44-4971-a2fb-045ac9500876/content>
- Ramírez Rapalo, C. M. y Reyes Moran, C. G. (2018). *Aplicación de la metodología seis sigma para la reducción del defecto mal corte en la planta de corte, Hanes Brands Inc*. Máster en Finanzas y Dirección Empresarial, Universidad Tecnológica Centroamericana, Facultad de postgrado, San Pedro Sula, Honduras. <https://repositorio.unitec.edu/items/1bfa5073-f681-448f-8ed4-d0e9f51bd939>
- Riquelme Leiva, M. (2016). *FODA: Matriz o Análisis FODA - Una herramienta esencial para el estudio de la empresa*. <https://www.analisisfoda.com/>
- Rodó, P. (2020). *Gráfico circular*. <https://economipedia.com/definiciones/grafico-circular.html>
- Rodríguez, H. (2021). *Plan de calidad para la soldabilidad de estructuras metálicas con la finalidad de evitar rechazos y no conformidades en la fabricación de un módulo*

- prefabricado fijo de dos niveles para uso de Testigoteca*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Trabajo de Investigación y Suficiencia IM. <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/801>
- Rojas, H. (s. f.). *Fuentes de informaciones primarias, secundarias y terciarias*. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-autonoma-de-santo-domingo/introduccion-a-la-metodologia-de-la-investigacion-de-la-salud/fuentes-de-informaciones-primarias-secundarias-y-terciarias/24738225>
- Sánchez, J. y Coll, F. (2016). *Presupuesto: qué es, tipos y ejemplos*. *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/presupuesto.html>
- Santos, D. (2024). *Plan de capacitación empresarial: fases, objetivos y ejemplos*. <https://blog.hubspot.es/marketing/plan-de-capacitacion>
- Segura, L. (2007). *Automatización del proceso pevi-post epoxy visual inspection-para la línea de ensamble de componentes INTEL de Costa Rica* (Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciado en Ingeniería Industrial). Universidad Latinoamericana de Ciencia y tecnología sede San José. <https://repositorio.ulacit.ac.cr/discover?scope=%2F&query=Segura+Chavarr%C3%ADa%2C+L.+%282007%29.+Automatizaci%C3%B3n+del+proceso+pevi%E2%80%93post+epoxy+visual+inspection-para+la+l%C3%ADnea+de+ensamble+de+componentes+INTEL+de+Costa+Rica.&submit=>
- Spiegato. (2024). *¿Qué es un árbol CTQ?* <https://spiegato.com/es/que-es-un-arbol-ctq>
- Studocu. (2023). *Definición, ventajas y desventajas muestreo inspección 100%*. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-irapuato/control/definicion-ventajas-y-desventajas-muestreo-inspeccion-100/77913047>
- Suárez, L. (2022). *Manual de procedimientos para la inspección visual de soldadura en aceros al carbón y estructural de acuerdo con la norma AWS D.1.1:2020*. Trabajo de monografía para optar por el título de Ingeniero Mecánico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería Mecánica, Bogotá, D.

C. <https://repository.udistrital.edu.co/items/be62dc76-f843-4d02-a547-e63ed03e78a9>

Timesheets.com. (2024). *Reporte de historial de registros*.  
<https://support2.timesheets.com/knowledge-base/9-reporte-de-historial-de-registros-2/?lang=es>

Velázquez, A. (2023). *¿Qué es el diagrama de Pareto?*  
<https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>

Wikidot. (2016). *Multivotación*.  
<http://calidadafacemepico2016ii.wikidot.com/wiki:multivotacion-2>

## **APÉNDICES**

## **APÉNDICE 1: procedimiento recomendado para mejorar el sentido de pertenencia**

Para mejorar el sentido de pertenencia del colaborador, se recomendó el siguiente procedimiento:

### **Identificación de barreras**

Inicialmente, el Área de Recursos Humanos de la empresa debe analizar lo que sucede en la organización e identificar en cuáles aspectos es necesario profundizar para elevar el sentido de pertenencia a la compañía. Enseguida se detallan las áreas por revisar:

#### **a- Comunicación deficiente**

La falta de canales de comunicación abiertos y efectivos puede ocasionar que las personas colaboradoras se sientan desinformadas y desconectadas.

#### **b- Falta de reconocimiento**

La invisibilidad laboral constituye una barrera significativa para el sentido de pertenencia.

#### **c- Diversidad, equidad e inclusión son insuficientes**

Las prácticas del DEI que no se implementan de manera efectiva pueden excluir a individuos o grupos, impidiendo que todos se sientan valorados y aceptados.

#### **d- Liderazgo y gestión deficientes**

Los líderes y gerentes desempeñan un papel crucial en fomentar el sentido de pertenencia.

#### **e- Cultura organizacional rígida o negativa**

Una cultura organizacional que no evoluciona con las necesidades de sus empleados puede constituir una barrera significativa.

#### **f- Falta de oportunidades y desarrollo**

La ausencia de caminos para el crecimiento personal y profesional puede hacer que los empleados se sientan estancados y desvinculados.

### **Estrategias para fomentar el sentido de pertenencia:**

#### **a- Cultivar una cultura organizacional inclusiva**

Comienza por definir y vivir los valores de la empresa.

**b- Promover la comunicación y la colaboración**

Establecer canales de comunicación transparentes y bidireccionales. Fomentar el diálogo abierto. Reconocer las ideas y las contribuciones de todos.

**c- Reconocer la contribución individual**

Implementar programas de reconocimiento que valoren el rendimiento, el compromiso y la colaboración.

**d- Desarrollar el liderazgo y la gestión participativa**

Invertir en la formación de líderes que fomente el sentido de pertenencia.

**e- Iniciativas de Team Building y eventos sociales**

Organizar actividades que permitan la interacción y el conocimiento mutuo fuera del contexto laboral.

**f- Diversidad, equidad e inclusión**

Trabajar para integrar la diversidad en todos los niveles de la empresa.

**g- Feedback continuo y participación**

Establecer mecanismos para recolectar y actuar sobre el *feedback* de las personas colaboradoras es fundamental. La participación en la toma de decisiones que afectan su trabajo aumenta la conexión emocional de los empleados con la empresa.