



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN  
CALIENTE, PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PRODUCTO EN LA  
EMPRESA NOVACERO S.A”**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

**Autor:**

Herrera Astudillo Evelin Yajaira

**Tutor:**

Ing. Msc. Cristian Xavier Espín Beltrán

**Latacunga - Ecuador**

**SEPTIEMBRE 2020**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo HERRERA ASTUDILLO EVELIN YAJAIRA declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en caliente, para el control estadístico del producto en la empresa Novacero S.A”**, siendo el Msc. Ing. Xavier Espín tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....

Herrera Astudillo Evelin Yajaira

CI. 172392993-9



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en caliente, para el control estadístico del producto en la empresa Novacero S.A”**, de Herrera Astudillo Evelin Yajaira, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, septiembre del 2020

El Tutor

-----

Ing. Msc. Cristian Xavier Espín Beltrán



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, la postulante: Herrera Astudillo Evelin Yajaira con el título de Proyecto de titulación: **“Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en caliente, para el control estadístico del producto en la empresa Novacero S.A”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, septiembre 2020

Para constancia firman:

Atentamente,

---

Lector 1 (Presidente)  
Msc. Ing. Diana del Carmen Marín Veléz  
CC: 1204144503

---

Lector 2  
Ing. Angel Marcelo Tello Condor  
CC: 0501518559

---

Lector 3  
Ing. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin  
CC: 17175262253

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y regalarme el privilegio de tener una familia y trabajo para mi hogar.

A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas para enriquecer mis conocimientos, quien con sus docentes altamente calificados han logrado enseñarme lo necesario para poder encaminar mi carrera de la mejor manera.

A mi tutor Ing. Xavier Espín quien con su paciencia y conocimiento ha sabido guiarme durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mi jefa Ing. Cristina Changoluisa, quien me ha enseñado que las mujeres somos capaces de lograr todo aquellos que nos proponamos, gracias por ser un ejemplo profesional y humano, así como también su paciencia y su ayuda durante el desarrollo de este proyecto investigativo.

A los inspectores de calidad que me apoyaron de la mejor manera con sus conocimientos y enseñanzas.

**Evelin Herrera**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia; a mi mamita Mariela quien toda su vida a sabido estar a mi lado apoyándome en cada uno de mis proyectos, dándome el aliento que necesitaba para continuar y no desmayar jamás. A mi padre Wilver quien ha sabido ser un gran ejemplo de superación, quien de la nada formo un imperio junto a mi mami, gracias por siempre ver la manera de sacarnos adelante a mí y a mis hermanos.

A mis hermanos Joselyn y Mateo gracias por ser mis cómplices en todas las cosas que nos hemos propuesto juntos, a pesar de nuestras diferencias les deseo muchos éxitos y fortaleza para que puedan continuar con sus metas.

Y finalmente a mi pequeña Sophya, mi pequeño terremoto, gracias por ser mi mayor felicidad e impulso para continuar con mis metas y cumplirlas, llegaste en el momento que más te necesitaba, eres mi ángel y el freno de mis malas decisiones gracias mi amor por ser el ángel de mama.

**Evelin Herrera**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**TITULO:” Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en caliente, para el control estadístico del producto en la empresa Novacero S.A”**

**Autor:**

**Evelin Yajaira Herrera Astudillo**

### **RESUMEN**

En la empresa Novacero S.A. Planta Lasso, se fabrican distintos productos que son útiles para la construcción, entre ellos se encuentran los perfiles laminados en caliente como ángulos, pletinas, barra redonda, cuadrada y TEE´s, donde la línea de producción Tren 2 de laminación es la encargada de la fabricación de estos productos. Esta área a lo largo de su desarrollo ha presentado varios inconvenientes que afectan la productividad del área, entre ellos están las no conformidades los cuales se derivan en defectos de productos que no cumplen los estándares de calidad que exige la norma y la empresa, por esta razón se realizó un estudio que ayude a determinar la mejor herramienta de calidad para reducir las pérdidas por no conformidades y reprocesos. Este estudio consistió en la recolección de datos del ancho y espesor de ángulos de distintas medidas mismos que fueron analizados con el software Minitab y mediante gráficas de capacidad de proceso, histogramas, paretos se identificó cuáles son los productos que por lo general están fuera de especificación con respecto a lo que menciona la norma INEN 2224 donde se determinó que el Angulo de 100 es aquel que presenta más problemas, siendo “las dimensiones fuera de especificación”, uno de los defectos con mayor número de no conformidades. Además mediante la propuesta de la modificación de los límites de la carta de control realizado, se pudo controlar distintos factores que afectaban directa e indirectamente el proceso de fabricación de ángulos en el área tren 2 de laminación siendo la dirección de las casetas y la calibración de las mismas la causa principal para que el producto terminado presente defectos visuales y dimensionales, así como, también es importante la toma de datos iniciales para lograr controlar la continuación del proceso.

Palabras clave: productividad, laminación, control de calidad, no conformidades.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME:** “Study of the manufacturing process of hot rolled profiles, for the statistical control of the production in the “Novacero S.A.” company”

**Author:**

**Evelin Yajaira Herrera Astudillo**

### ABSTRACT

In the “Novacero S.A” Company, Lasso Factory, different products are manufactured that are useful for construction, among them are the hot rolled profiles such as angles, plates, round, square bars and TEE’s, where the production line Train 2 of rolling is responsible for the manufacture of these products. Throughout its development, this area has presented several disadvantages that affect the productivity of the area; among them are the nonconformities, which derive in product defects that do not meet the quality standards required by the norm and the company, for this reason, a study was conducted to determine the best quality tool to reduce losses due to nonconformities and reprocessing. This study consisted in collecting data of the width and thickness angles of different measures that were analyzed with Minitab software and through process capability graphs, histograms, parentheses identified which are the products that are generally out of specification what mentions the standard INNEN 2224 where it was determined that the angle of 100 is the one that presents more problems, being “the dimensions out of specification,” one of the defects with the highest number of nonconformities. In addition, through the limits modification proposal of the control chart, it was possible to control different factors that directly and indirectly affected the angle manufacturing process in the rolling mill train 2 area, being the direction of the stands and its calibration the main cause for the finished product to present visual and dimensional defects, as well as, it is also important to take initial data to be able to control the continuation of the process.

**Keywords:** productivity, rolling, quality control, nonconformities, process capability





## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: HERRERA ASTUDILLO EVELIN YAJAIRA**, cuyo título versa **“ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN CALIENTE, PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PRODUCTO EN LA EMPRESA NOVACERO S.A”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, SEPTIEMBRE del 2020

Atentamente,

**MARÍA FERNANDA AGUAIZA IZA**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050345849-9**



DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
TABLA DE CONTENIDOS .....	ix
INDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE GRÁFICOS .....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: .....	5
4.1. Planteamiento del problema .....	5
4.2. Formulación del problema .....	7
5. OBJETIVOS.....	7
5.1. Objetivo General.....	7
5.2. Objetivos Específicos .....	7
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	8
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	10
7.1. Antecedentes .....	10
7.1.2. Patio de chatarra.....	10
7.1.3. Acería .....	11
7.1.4. Horno Cuchara.....	11
7.1.5. Pulpito .....	11

7.1.6. Tren de laminación 2 .....	11
7.1.7. Productos.....	12
7.2. Fundamentación teórica.....	12
7.2.1. Productividad .....	12
7.2.2. Medición de la productividad.....	13
7.2.3. Control estadístico del proceso .....	13
7.2.3.1. Variabilidad.....	14
7.2.3.2. Causas de la variabilidad.....	14
7.2.3.2. Variabilidad de procesos.....	14
7.2.3.3. Disminución de la variabilidad .....	15
7.2.4. Capacidad de proceso .....	15
7.2.4.1. Comprobación de la normalidad de los datos .....	16
7.2.4.2. Análisis e interpretación de los datos .....	17
7.2.4.3. Índices CP y CPK.....	17
7.2.5. Gráfico de control .....	19
7.2.5.1. Desviación típica muestral. ....	19
7.2.5.2. Construcción del gráfico X -R.....	19
7.2.6. Control de Calidad .....	21
7.2.6.1. Circulo de Deming .....	21
7.2.6.2. Carta de Control.....	23
8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	23
8.1. Variable dependiente .....	23
8.2. Variable independiente.....	23
9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	23
9.1. Técnicas e instrumentos .....	23
TÉCNICAS.....	24

9.2. MÉTODOS .....	24
9.2.1. Método Cuantitativo:.....	24
9.2.2. Método Deductivo: .....	24
10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS):.....	25
10.1 Análisis .....	25
10.1.1 Análisis de la norma (INEN2215) para la elaboración de perfiles laminados en caliente. ....	25
10.1.1.1 Características químicas y mecánicas .....	25
10.1.2 Análisis de la norma (INEN2224) Perfiles angulares estructurales de acero al carbono laminados en caliente .....	27
10.2 Muestreo .....	28
10.2.1. Lote de muestreo.....	28
10.3 Recolección de datos .....	29
10.4 Análisis datos.....	30
10.4.1 Análisis del método actual.....	30
10.4.2 Análisis de datos recolectados .....	31
10.4.1 Análisis línea de producción tren 2 de laminación .....	32
10.5 Obtención de resultados de productos .....	33
10.5.1 Análisis para determinación de variabilidad en los productos.....	35
10.5.1.1 Análisis de AL 30X3 .....	35
10.5.1.2 Análisis de AL 40X4 .....	38
10.5.1.3 Análisis de AL 100X6 .....	41
10.5.2 Análisis comparativo de variabilidad .....	43
10.5.3 Análisis de Capacidad de proceso .....	44
10.5.4 Resumen de capacidad de proceso entre caliente y frio de AL100X6.....	46
10.5.5. Análisis de perdidas en AL 100 .....	47

<i>10.5.6 Comprobación de hipótesis</i> .....	48
<i>10.5.4. Método nuevo “CARTA DE CONTROL” en AL100X6</i> .....	51
<i>10.5.5. Capacitación de la nueva Carta de control</i> .....	52
11.IMPACTOS .....	53
<i>11.1 Impacto Técnico</i> .....	53
<i>11.2 Impacto económico</i> .....	53
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	54
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
<i>13.1 CONCLUSIONES</i> .....	55
<i>13.2 RECOMENDACIONES</i> .....	56
14. BIBLIOGRAFÍA .....	57
ANEXOS .....	59

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Objetivos y actividades .....	8
<b>Tabla 2:</b> Tabla de coeficientes .....	21
<b>Tabla 3:</b> Técnicas e instrumentos .....	24
<b>Tabla 4:</b> Composición química de la colada para grados ISO .....	26
<b>Tabla 5:</b> Requisitos mecánicos para grados ISO .....	26
<b>Tabla 6:</b> Especificación de colores .....	27
<b>Tabla 7:</b> Tolerancia de las dimensiones de los lados.....	28
<b>Tabla 8:</b> Tolerancia en espesor .....	28
<b>Tabla 9:</b> Flecha máxima .....	28
<b>Tabla 10:</b> Plan de muestreo sencillo para inspección normal .....	29
<b>Tabla 11:</b> Límites de especificación en base al tren 2. Ángulos .....	33
<b>Tabla 12:</b> Resultados de gráfica antes/ después en ancho de ala X en AL 30X3.....	36
<b>Tabla 13:</b> Resultados de grafica antes/ después en ancho de ala Y en AL 30X3.....	37
<b>Tabla 14:</b> Resultados de grafica antes/ después en espesor en AL 30X3.....	38
<b>Tabla 15:</b> Resultados de grafica antes/ después en ancho ala X en AL 40 X4 .....	39
<b>Tabla 16:</b> Resultados de grafica antes/ después ancho ala Y en AL 40X4 .....	40
<b>Tabla 17:</b> Resultados de la gráfica antes/después AL 100X6 ancho ala Y .....	42
<b>Tabla 18:</b> Resumen comparativo de variabilidad de proceso en AL 30X3, AL 40X4 y AL 100X6 .....	44
<b>Tabla 19:</b> Resumen de capacidad de proceso AL 100X6.....	46
<b>Tabla 20:</b> Análisis de perdidas .....	47
<b>Tabla 21:</b> Características del producto AL100.....	47
<b>Tabla 22:</b> Longitud y peso AL 100 .....	48
<b>Tabla 23:</b> Perdidas en AL 100 .....	48
<b>Tabla 24:</b> Limites de control .....	51
<b>Tabla 25:</b> Presupuesto del proyecto.....	54

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Cartas de control del tren de laminación Tren 2 .....	6
<b>Gráfico 2:</b> Organigrama de proceso de laminación del TREN 2.....	12
<b>Gráfico 3:</b> Descomposición de la variabilidad de un proceso .....	15
<b>Gráfico 4:</b> Grafica normal de probabilidad .....	16
<b>Gráfico 5:</b> Puntos de control grafica X-R.....	17
<b>Gráfico 6:</b> Índice Cp. ....	18
<b>Gráfico 7:</b> Índice Cpk .....	18
<b>Gráfico 8:</b> Circulo de Deming .....	22
<b>Gráfico 9:</b> Angulo.....	27
<b>Gráfico 10:</b> Carta de control del tren 2.....	30
<b>Gráfico 11:</b> Carta de control con graficas X -R.....	32
<b>Gráfico 12:</b> Factores que afectan el control.....	33
<b>Gráfico 13:</b> Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 en ancho lado X de caliente a frio .....	35
<b>Gráfico 14:</b> Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 en ancho lado Y de caliente a frio .....	36
<b>Gráfico 15:</b> Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 espesor de caliente a frio...	37
<b>Gráfico 16:</b> Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en ancho lado X de caliente a frio .....	38
<b>Gráfico 17:</b> Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en ancho lado Y .....	39
<b>Gráfico 18:</b> Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en espesor de caliente a frio .....	40
<b>Gráfico 19:</b> Comparación dimensional lado X de caliente a frio AL 100X6.....	41
<b>Gráfico 20:</b> Resultados de la gráfica antes/después AL 100X6 ancho ala X.....	41
<b>Gráfico 21:</b> Comparación dimensional lado Y de caliente a frio AL 100X6.....	42
<b>Gráfico 22:</b> Comparación dimensional espesor de caliente a frio AL 100X6.....	43

<b>Gráfico 23:</b> Capacidad de proceso en ancho ala X de AL 100X6 en frio .....	44
<b>Gráfico 24:</b> Capacidad de proceso en ancho ala Y de AL 100X6 en frio .....	45
<b>Gráfico 25:</b> Capacidad de proceso en ancho ala X de AL 100X6 en caliente.....	45
<b>Gráfico 26:</b> Capacidad de proceso en ancho ala Y de AL 100X6 en caliente.....	46
<b>Gráfico 27:</b> Diagrama de Pareto de defectos de las áreas .....	49
<b>Gráfico 28:</b> Análisis de capacidad con cálculo de % de defecto en AL100X6.....	50
<b>Gráfico 29:</b> Análisis de desempeño del proceso.....	50
<b>Gráfico 30:</b> Grafica de límites de control en caliente X -RX .....	51
<b>Gráfico 31:</b> Grafica de límites en caliente Y-RX .....	52



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:**

**Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en caliente, para el control estadístico del producto en la empresa Novacero S.A**

**Fecha de inicio:** 23 de septiembre del 2019

**Fecha de finalización:**

**Lugar de ejecución:**

Este estudio se lo realizara en la empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso, ubicada en la provincia de Cotopaxi, parroquia Tanicuchi, perteneciente a la ciudad de Latacunga en el Kilómetro 16 de la Panamericana Norte.

**Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Carrera de Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

No vincula a ningún proyecto vigente

**Equipo de Trabajo:**

- Herrera Astudillo Evelin Yajaira/ Autor del proyecto de investigación.

**Tutor:**

- Ing.MsC. Cristian Xavier Espín Beltrán/ Tutor del proyecto de investigación.

**Área de Conocimiento:**

- **Campo amplio**  
Ingeniería, industria y construcción
- **Campo específico**  
Industria y producción
- **Campo detallado**  
Producción Industrial

**Línea de investigación:**

Este proyecto corresponde a la línea de investigación de Procesos industriales

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

La sub línea a la cual se apegaba el proyecto corresponde a Control estadístico de la calidad

## 2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación va enfocado a realizar un estudio de control de calidad en los productos que fabrica la línea de laminación del TREN 2 (ángulo) en la empresa Novacero S.A, debido a la problemática que presenta, ya que en relación a las demás líneas de laminación, esta genera grandes porcentajes de perdidas cada mes, por diferentes inconvenientes que presenta, entre ellos esta los defectos visuales y dimensionales que se generan a lo largo de la línea de laminación; como alas desiguales, producto oleado, torcido o dimensiones fuera de especificación, este defecto principalmente es el más complicado de controlar, debido a que su inspección se lo hace después de que el producto se enfría, es decir se lamina el producto y ya en la mesa de enfriamiento se toman las medidas, en el caso de tener que corregir se debe ajustar el tren acabador el cual es el que determina las dimensiones que tendrá el producto final. Una parte muy importante es que cada uno de los productos que fabrica Novacero, debe cumplir con la normativa de acuerdo a su producto como son la INEN 2215, 2224.

Además, para lograr obtener un producto de calidad debe cumplir con los estándares de calidad que exige las normas correspondientes al proceso y producto, Novacero es muy exigente al momento de realizar inspecciones ya que las hace desde la elección correcta de materia prima, análisis químico de la colada a crear, palanquilla de elección, y finalmente el producto terminado. En cada una de estas fases existe una persona encargada de hacer las revisiones y correcciones respectivas según lo descrito en los planes de control, adicional los inspectores de calidad según como salga el producto lo liberan como producto de primera, como producto para reproceso o como producto no conforme el cual vuelve al patio de chatarra para ser procesado nuevamente.

Los inspectores de calidad están ubicados en cada una de las líneas de producción de la empresa, quienes deben revisar constantemente que el producto se esté fabricando de la mejor manera, para que se pueda evitar obtener producto no conforme, cada 30 minutos son encargados de revisar el dimensionamientos aleatorio del producto que sale a la mesa de enfriamiento en donde por medio de unas pinzas de sujeción y un calibrador van comprobando las medidas del producto, basándose en una carta de control que les indica dentro de que limites deben estar las medidas tomadas, caso contrario vuelve a ser

reprocesado y esto provoca grandes pérdidas para el área y la empresa en general ya que son costos de re proceso que se suman.

Las pérdidas por lo general ocurren cuando se tiene planificado producir AL100X6, AL100X10, AL100X12, ya que en este proceso se debe tomar medidas constantemente para evitar que el producto salga fuera de norma, cabe mencionar que al tomar las medidas el inspector de calidad avisa al jefe de turno que maneja el proceso de tal manera que él sabrá qué cambios hacer para que el producto salga con medidas a acordes a lo necesario para que una vez que el producto salga y se enfrié, cumpla con las características físicas que la norma NTE INEN 2224 emite.

En la fabricación de este Angulo antes mencionado sus pérdidas son desde el 20 % hasta el 70%, y es por esta razón que el tren 2 es el área que más pérdidas genera y más cuando la fabricación es Angulo de 100, es por ello que se creara una carta de control distinta a la que se maneja actualmente definiendo límites de control nuevos, donde el producto garantice sus dimensiones una vez que se encuentre frio, adicional esto ayudara a generar productividad en el área de tren 2 ya que se evitara de alguna manera emitir reprocesos por producto no conforme de dimensiones fuera de especificación y esto le generara menos gasto a la empresa, cabe mencionar que este proyecto es un estudio de cómo se encuentra el área del tren 2, esperando que otro proyecto se encargue de la implementación y obtención de cambios y mejoras dentro del área.

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **Directos:**

Los beneficiarios directos de este proyecto de investigación son los 3 inspectores de calidad de los distintos turnos pertenecientes al área del Tren 2, debido a que son quienes se encargan de llenar las cartas de control y hacer las distintas mediciones, para precautelar la calidad del producto terminado.

#### **Indirectos**

Gracias a este proyecto de investigación el beneficiario indirecto es la propia empresa NOVACERO S.A

## **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

### **4.1. Planteamiento del problema**

La empresa NOVACERO tiene tres plantas de producción: Acería, Laminación y Mallas. Cada planta se subdivide en líneas de producción donde cada una se encarga de realizar distintos tipos de productos y por ende cada proceso varía según sea el producto a fabricar, debido al método, personal y tiempo que requiere. En el área de calidad se considera que el Tren 2 es la que requiere mayor tiempo y esfuerzo para garantizar la calidad de producto y esto es gracias a que esta área es la que tiene mayor variedad de productos como son la fabricación de: ángulos, pletinas, barras redondas, barras cuadradas y Tees.

Para garantizar que cada uno de sus productos se fabriquen de la mejor manera, el área de control de calidad utiliza un método como es el registro de las cartas de control elaboradas para cada área, donde cada una debe cumplir con especificaciones diferentes debido al tipo de producto que va a fabricar, es aquí donde se genera el problema ya que el tren 2 es el área que más productos posee y la más difícil de controlar a nivel de las líneas de producción.

En el área del tren 2 para obtener la fabricación de ángulos y pletinas se procede a ingresar al horno la palanquilla correspondiente al material a fabricar, luego por medio de unos rodillos se traslada al tren desbastador proceso mediante el cual la palanquilla es aplastada constantemente hasta lograr una tira uniforme, misma que es enviada a los stands o matrices quienes se encargan de darle la forma final, por esta razón cada vez que se hace cambio de producto el área se demora de 4 a 6 horas ya que cada producto tiene su stand específico de fabricación, este proceso es controlado por los pulpiteros quien se encargan de manera las cabinas de control de todo el proceso y conjuntamente con los operativos e inspectores de control de calidad logran la obtención del producto final, el producto una vez que sale de la matriz, mediante rodillos se dirige a la mesa de enfriamiento en donde se van separando las unidades, inspeccionadas por los inspectores y luego trasladadas a la mesa de empaquetado y ubicadas en paquetes o montos dependiendo del producto luego se ubica las etiquetas la cual muestra, nombre, calibre, longitud, cantidad, grado, lote y colada. una vez hechos paquetes se proceden a ubicar en las plataformas de producción donde se envían a las bodegas o naves de producto terminado a ser almacenado el material según sea el producto.

Ahora bien los ángulos son el producto que más problemas presenta dentro del área tren 2, ya que los ángulos están formados por dos alas las cuales deben tener el mismo ancho y espesor en ambos lados, se ha determinado que la manera en la que se puede controlar este problema

es creando una carta de control donde el proceso se controle a tiempo con el producto en caliente de tal manera que permita avisar a tiempo al pulpitero para que ajuste o no la cabina por donde debe pasar el producto.

En la Fig. No.1. se puede observar el formato que utilizan los inspectores para registrar los datos tomados, de tal manera que les permita evitar a tiempo que el resto de productos salgan como no conformes y así poder cumplir con las especificaciones emitidas por las normas (NTE INEN 2215 y 2224.), las cuales ayudan a la fabricación de sus productos, cabe mencionar que entre las no conformidades se encuentran, alas desiguales, dimensiones fuera de especificación,

En esta carta de control, los inspectores de calidad, deben tomar medidas cada media hora para llenar una carta de control (Ver figura No. 01) de tal manera, que les permita identificar en que momento el producto está fuera de los límites permitidos, si es el caso el inspector de calidad deberá parar la producción e informar al jefe de turno para solucionar el problema según lo descrito en los planes de control.

Gráfico 1: Cartas de control del tren de laminación Tren 2

		REGISTRO																										
PRODUCTO: AL 100X6 TURNO: 1		INSPECTOR DE CALIDAD: ANGEL HIDALGO										PRODUCCIÓN DIARIA (TON): GRADO A 36										TREN: 2		PESO PALANQUILLA: DIMENSIONES PALANQUILLA:				
		PESO NOMINAL: 54.65 KG					LOTE: L119292					GRADO 50					FECHA: 2019/10/19											
		ANCHO LADO x					ANCHO LADO y					ESPESOR ALA DERECHA					ESPESOR ALA IZQUIERDA					Peso/Long	LONG.	# ANGULOS POR PALANQUILLA				
		HORA	Colada	x1	x2	x3	$\bar{X}$	Rx	y1	y2	y3	$\bar{Y}$	Ry	a1	a2	a3	$\bar{a}$	Ra	b1	b2	b3	$\bar{b}$	Rb	(kg/m)	(mm)			
TOLERANCIA ALAS (X-Y) ± 10mm MAX 101.5 MIN 98.5		6:00	REVISION				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		6:30	CHOO CC				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		7:00	CHOO CC				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		7:30	CHOO CC				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		8:00	35993	99.50	99.60	99.40	99.50	0.20	100.20	100.40	100.15	100.25	0.25	6.22	6.24		6.24	6.23	0.02	6.22	6.20	6.20	6.21	0.02			6050	8
		8:30	35993	100.10	100.20	100.22	100.17	0.12	100.00	100.02	99.96	99.99	0.06	6.20	6.20		6.22	6.21	0.02	6.20	6.22	6.26	6.23	0.06			5050	8
		9:00	36053	100.20	100.32	100.40	100.31	0.20	99.95	99.90	99.94	99.93	0.05	6.18	6.20		6.16	6.18	0.04	6.18	6.20	6.18	6.19	0.02			5050	8
		9:30	PARA ENH				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		10:00	PARA ENH				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		10:30	MESA LEH				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
TOLERANCIA ESPESORES (X-Y) ± 0.5mm MAX 6.5 MIN 5.5		11:00	36053	101.00	100.50	100.48	100.66	0.52	100.10	100.04	100.06	100.07	0.06	6.16	6.20		6.22	6.19	0.06	6.16	6.16	6.18	6.17	0.02			6050	8
		11:30	36053	100.20	100.30	100.40	100.30	0.20	99.80	99.96	99.88	99.88	0.16	6.20	6.18		6.16	6.18	0.04	6.20	6.16	6.18	6.18	0.04			6050	8
		0:00	36053	100.60	100.20	100.44	100.41	0.40	99.50	99.80	99.94	99.75	0.44	6.16	6.18		6.20	6.18	0.04	6.18	6.10	6.16	6.15	0.08			6055	8
		0:30	36053	100.06	100.10	100.20	100.12	0.14	100.60	100.50	100.54	100.55	0.10	6.18	6.18		6.18	6.18	0.00	6.20	6.18	6.22	6.20	0.04			6055	8
		1:00	ALMUERZ				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		1:30	MESA LEH				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		2:00	34522	100.50	100.40	100.60	100.50	0.20	99.00	98.90	98.98	98.96	0.10	6.22	6.22		6.20	6.21	0.02	6.30	6.30	6.30	6.30	0.00			6055	8
		2:30	34522	100.10	100.04	100.06	100.07	0.06	99.40	99.60	99.00	99.33	0.60	6.20	6.22		6.24	6.22	0.04	6.30	6.30	6.36	6.32	0.06			6055	8
		3:00	PARA VAL				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		3:30	34522	100.00	99.40	99.90	99.77	0.60	98.80	98.88	98.86	98.85	0.08	6.30	6.30		6.34	6.31	0.04	6.40	6.40	6.34	6.38	0.06			6040	8
		4:00	36018	100.10	100.40	100.12	100.21	0.30	99.00	98.90	98.94	98.95	0.10	6.34	6.34		6.36	6.35	0.02	6.38	6.36	6.34	6.36	0.04			6030	8
		4:30	CORTE DE				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		5:00	CAMBIO J				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		5:30	CAMBIO J				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00				#DIV/0!	0.00					#DIV/0!	0.00				
		HORA	6:00 - 6:30	6:30 - 7:00	7:00 - 7:30	7:30 - 8:00	8:00 - 8:30	8:30 - 9:00	9:00 - 9:30	9:30 - 10:00	10:00 - 10:30	10:30 - 11:00	11:00 - 11:30	11:30 - 12:00	12:00 - 12:30	12:30 - 13:00	13:00 - 13:30	13:30 - 14:00	14:00 - 14:30	14:30 - 15:00	15:00 - 15:30							
Defectos Visuales:							Alas desiguales				Alas desiguales																	
N° Unidades:							10.00				10.00												13.00					
Causas:							TENCIONES				TENCIONES												ENDEREZA DORA					

Fuente: Novacero S.A

El AL100 X 6, es el principal problema de perdidas en el Tren 2 ya que 14 de cada 100 unidades producidas tienen defectos, lo que en perdidas representa 37,63% los cuales se los envían a reprocesos.

## **4.2. Formulación del problema**

Luego de analizar la problemática se plantea la siguiente interrogante

¿Cómo mejorar los métodos de control estadístico para la fabricación de perfiles laminados en caliente en el área del TREN 2 y ayude a disminuir pérdidas en el proceso?

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Definir las herramientas de calidad adecuadas para el control estadístico de los perfiles laminados en caliente del área del tren 2 en la empresa NOVACERO S.A para que esta metodología ayude a evitar reprocesos.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el método actual bajo el que se realiza el control de dimensiones en el Tren 2. Por medio de los registros para determinar sus fallas.
- Determinar las herramientas adecuadas para el control estadístico en el Tren 2 de tal manera que asegure el cumplimiento de la normativa.
- Proponer el nuevo método de control para el producto de mayor dificultad en su control.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1:** *Objetivos y actividades*

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Analizar el método actual bajo el que se realiza el control de dimensiones en el Tren 2. Por medio de los registros para determinar sus fallas	Analizar los límites de control superior e inferior que se utilizan como referencia para que el producto este dentro del rango aceptable emitidas por el INEN	Obtención de los límites aceptables por las normativas de ángulos y pletinas	Revisar las normas INEN NTE 2215 para perfiles laminados en caliente y INEN NTE 2224 para la fabricación de ángulos
	Obtener los datos dimensionales de los productos AL30X3, AL40X4 y AL100X6 fabricados por el área del Tren 2.	Obtención de entre 50 a 100 datos por producto.	Obtener las dimensiones, en caliente y en frio como ancho y espesor de ángulos que se vayan a fabricar según el programa de producción.
	Calcular los nuevos límites de control en el Angulo de 100	Obtención de los límites del Angulo de 100 para garantizar las medidas en frio	Mediante los cálculos pertinentes se obtendrá los nuevos límites que permitan garantizar las medidas en frio.



Determinar las herramientas adecuadas para el control estadístico en el Tren 2 de tal manera que asegure el cumplimiento de la normativa.	Determinar el método correcto en el cual se pueda estandarizar los datos que se desea controlar	El método a utilizar será la creación de una nueva carta de control en donde se tome los datos del producto en caliente	Buscar una alternativa el cual permita registrar los datos dimensionales del producto en caliente para
	Determinar el tipo de grafico de control que ayude a visualizar aquellos productos que están fuera de limite y como controlarlos	Uso de grafico de control X-R	Hacer los cálculos respectivos en relación a los datos tomados de tal manera que determinen los nuevos límites con los que se va a trabajar sobre el área
	Calcular las perdidas obtenidas por parte del Tren 2	Datos y cifras de las perdidas obtenidas en el mes	Hacer un análisis de perdidas obtenidas en los meses
Proponer el nuevo método de control para el producto de mayor dificultad en su control.	Presentar al jefe de control de calidad e inspectores sobre el nuevo método.	Capacitar a los inspectores sobre como leer e ingresar los datos en la nueva carta de control.	Mostrar a los inspectores de calidad como funciona el nuevo método, el cual consta de una hoja de Excel correctamente modificada y programada que calcule automáticamente cuales son los límites con los que debe cumplir el producto estando caliente para que garantice su medida una vez frio

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1. Antecedentes**

Los estándares han existido desde el principio de la historia registrada. La estandarización se remonta a las antiguas civilizaciones de Babilonia y Egipto. Más de 20.000 años atrás, nuestros antepasados de la edad de hielo en Europa hicieron los primeros intentos para realizar un seguimiento de los días. Más tarde, los sumerios en el Tigris y el valle del Éufrates idearon un calendario muy similar al que se usa hoy en día. Hace 5.000 años, el agricultor sumerio usaba un calendario que dividía el año en meses, cada día se dividió en 12 horas y cada hora en 30 minutos. Los egipcios fueron los primeros en desarrollar el calendario de 365 días y puede ser acreditado con el registro 4236 a.C. (antes de Cristo) como el primer año de la historia (Buenrostro, 1996, pág. 702).

En los últimos años la calidad ha adquirido gran importancia en todos los campos de la sociedad en donde actualmente se define a la calidad como “satisfacción total de todas las partes del tejido de la sociedad” (Verdoy, Mahiques, & Pellicer, 2006). Las empresas cada vez más se han sumado a las políticas de calidad, ya no solo por el prestigio que otorga la concesión de una marca de calidad, sino por los grandes beneficios económicos que generan las inversiones en materia de calidad. (Verdoy, Mahiques, & Pellicer, 2006, pág. 341)

Con el paso del tiempo las grandes industrias han buscado implementar la calidad en cada uno de sus áreas de tal manera que esta ayude a la misma a ganar confiabilidad al garantizar sus servicios o productos que estén ofreciendo ante sus clientes.

En la empresa Novacero S.A. se han propuesto varios proyectos los cuales han buscado mejorar la productividad, ya que este es uno de los principales factores que afectan la parte económica de una industria, esta empresa cuenta con distintas sub líneas de producción como tren 1 de laminación, tren 2 de laminación y Laminados de productos pequeños LPP, cada una enfocada a la fabricación de diversos productos.

#### **7.1.2. Patio de chatarra**

Inicia con la recolección de materia prima o chatarra la cual proviene de distintas partes del Ecuador o del extranjero según sea la demanda del cliente o materia prima a obtener, y según sea el producto a fabricar, luego una vez ubicada en el patio de chatarra se procede a la clasificación y selección de la chatarra según el material, ya que dependiendo del producto a fabricar, la materia prima a utilizar debe contar con ciertas características y especificaciones

necesarias debido a que de eso dependerá tener un producto de calidad y sobre todo que cumpla con las normas en las que se basa.

### **7.1.3. Acería**

Una vez obtenida la materia prima pasa al proceso de Acería en donde se encuentra el horno que cuenta con una capacidad máxima de 35 toneladas, quien mediante un arco eléctrico transforma la chatarra en una colada uniforme con una temperatura de 1600 °C, este proceso le toma al horno entre 50 a 60 minutos.

### **7.1.4. Horno Cuchara**

En esta fase del proceso se procede a darle afinación al acero de tal manera que ayude a cumplir la composición química ideal para la creación de los distintos productos que fabrica la empresa, basándose en la norma INEN 2167 la cual se la utiliza para la creación de varilla y la norma INEN 2215 que se utiliza para perfiles.

Como materia prima para la fabricación de productos se tiene a la palanquilla misma que se fabrica en la empresa, esta debe cumplir con propiedades químicas y mecánicas que emiten las normas correspondientes según el material a elaborar, la materia prima para varilla debe cumplir con la norma SAE 1040, y para ángulos, barra cuadrada, barra redonda, platinas SAE 1015, y SAE 1018.

### **7.1.5. Pulpito**

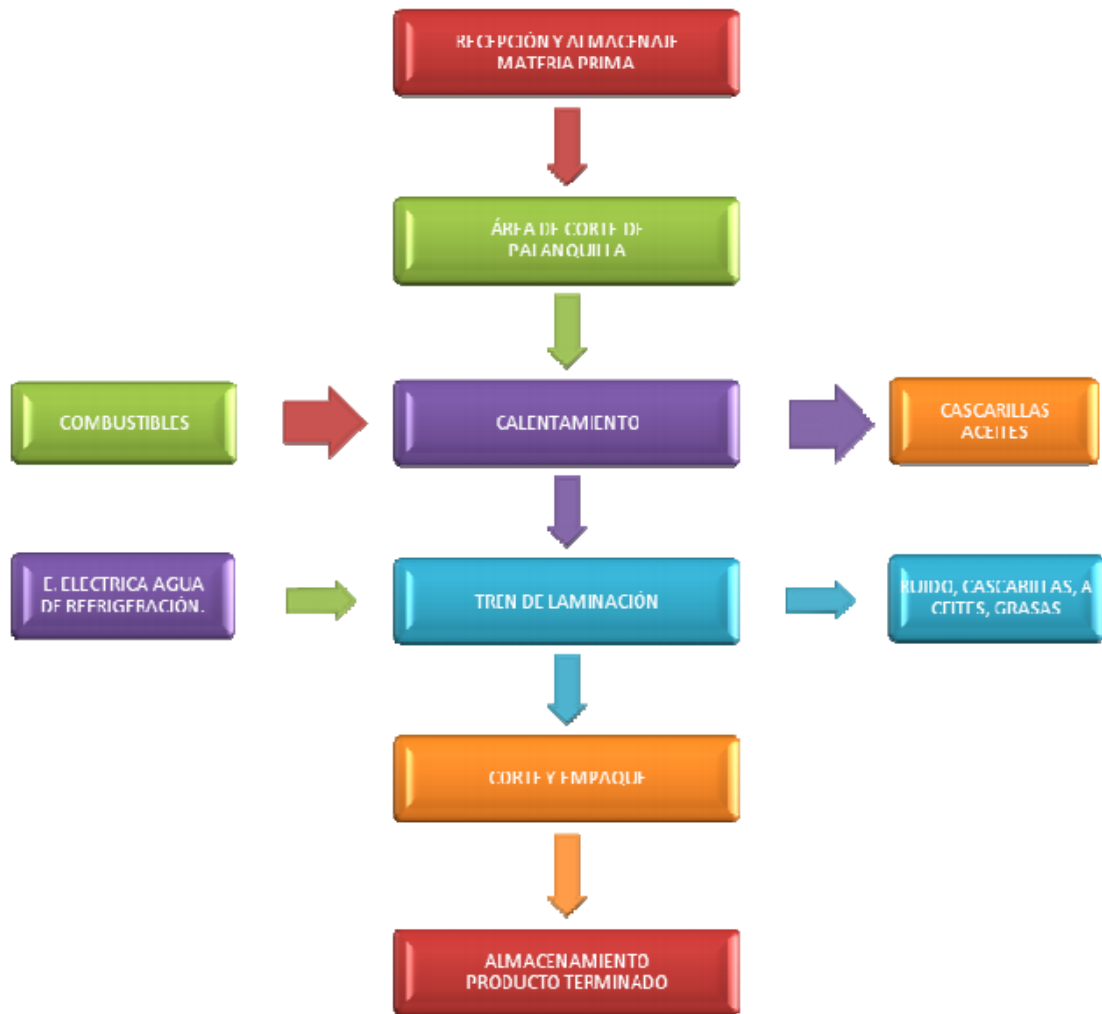
En esta etapa se procede a enfriar el acero líquido para transformarlo a palanquilla, en donde mediante unos rodillos sale la palanquilla y es cortada por oxicorte a las dimensiones requeridas o por lo general de 4500 milímetros de longitud.

### **7.1.6. Tren de laminación 2**

Una vez obtenida la palanquilla específica con la composición química requeridas para la fabricación de los productos de esta área se procede al ingreso al horno el cual se encuentra a una temperatura de 1500 °C, este calienta a la palanquilla y mediante rodillos es transportada al tren desbastador el cual va deformándole hasta que llegue a los cilindros ver *Anexo No.2.* en donde se le dará la forma específica ya sea redonda, ovalada, plancha o mariposa luego por medio de rodillos es transportada a la mesa de enfriamiento ver *Anexo No.6.* saliendo en tiras de 6 metros, después pasa por la enderezadora y finalmente a la mesa empaquetadora en donde se ubica al producto en tiras de 41 unidades cada paquete.

Se puede visualizar la Fig. No.2. la cual muestra mediante un diagrama de flujo, el proceso de fabricación para la obtención del producto requerido.

**Gráfico 2:** Organigrama de proceso de laminación del TREN 2



*Fuente: Novacero S.A*

### 7.1.7. Productos

El área del TREN 2 específicamente se dedica a la fabricación de Ángulos, Perfiles, barras redondas, barras cuadradas y TEES, estos productos se los reconoce con su marca comercial denominada PRESSISO, Esta es la línea más completa de perfiles laminados en la siguiente tabla se indica sus dimensiones de área y espesor, su peso en kilogramos por metro, y el área de su sección transversal.

## 7.2. Fundamentación teórica

### 7.2.1. Productividad

“La productividad es una medida de qué tan eficientemente utilizamos nuestro trabajo y nuestro capital para producir valor económico” (Galindo & Ríos, 2015). Una alta productividad implica que se logra producir mucho valor económico con poco trabajo o poco

capital. Un aumento en productividad implica que se puede producir más con lo mismo (Galindo & Ríos, 2015, pág. 3).

“La productividad implica la mejora del proceso productivo y la mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicio producidos” (Carro & Gonzalez, 2014, pág. 38).

### 7.2.2. Medición de la productividad

1. **Productividad parcial:** la productividad parcial es aquella que relaciona todo lo producido por un sistema (salida) con uno de los recursos (insumos o entrada).

*Ecuación 1*

$$\text{Productividad parcial} = \frac{\text{salida}}{\text{entrada}}$$

2. **Productividad total:** Es aquella que involucra a todos los recursos utilizados para tener un resultado final

*Ecuación 2*

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{bienes y servicios}}{\text{mano de obra} + \text{capital} + \text{materias primas} + \text{otros}}$$

### 7.2.3. Control estadístico del proceso

“Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan para transformar entradas en salidas pro medio de las 6M” (Rodrigo, 2017).

- Medición (aseguramiento metrológico)
- Maquinaria y equipo
- Materia prima
- Métodos y procedimientos
- Medio ambiente: aspectos geográficos, clima laboral
- Mano de obra (Rodrigo, 2017)

Para que un producto siempre cumplas con los requerimientos deberá fabricare bajo un proceso estable. (Rodrigo, 2017, pág. 11)

‘Es un método que ayudar a identificar las causas especiales que producen variaciones en el proceso y suministrar información necesaria para tomar decisiones’ (Alvarez, 2012, pág. 60)

Control estadístico de procesos o SPC (Statistical Procesos Control) es un método efectivo de control mismo que ayuda a controlar mediante graficas de control, estos permiten usar criterios objetivos para distinguir la variabilidad que existe entre los datos que se pretende controlar. (Perez, 1999)

### **7.2.3.1. Variabilidad**

“La variabilidad se refiere a que tan lejos están un conjunto de datos del promedio, misma que mide cuanto mayor sea este valor, mayor será la variabilidad, cuanto menor será el promedio” (Qualiplus, 2004).

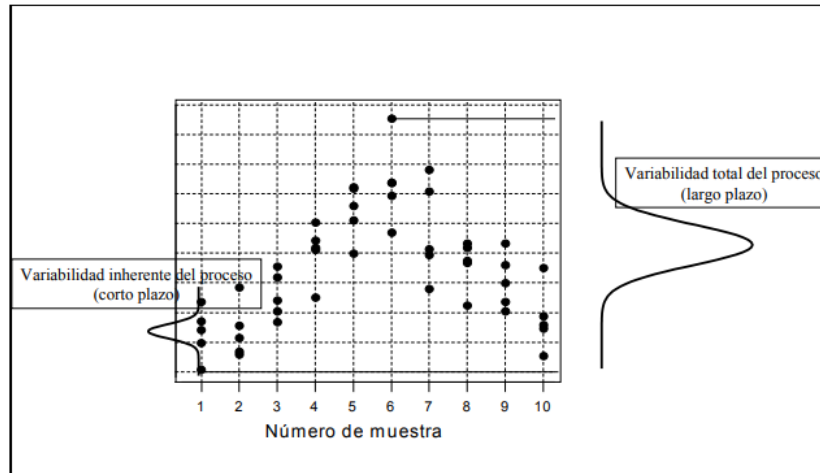
### **7.2.3.2. Causas de la variabilidad**

Dentro de cualquier proceso industrial existen distintos factores que afectan la productividad como la poca experiencia de los operativos, el mal posicionamiento de las maquinas o accesorios, la mala comunicación, etc. De tal manera que estos son causas suficientes para que los productos obtenidos salgan como no conformidad, debido a que por estas causas pueden presentar un sin fin de efectos negativos sobre el producto. (Victor, 2015)

### **7.2.3.2. Variabilidad de procesos**

- Las causas comunes de la variabilidad: estas suceden en forma aleatoria, representando entre el 80 y 95% de la variabilidad de cualquier proceso.
- Este tipo de variabilidad puede reducirse sólo por medio de un cambio del sistema o método del proceso. En el segundo caso existe un control mucho mayor sobre las variables de producción. (Rojas, Marzo 2006)
- Un segundo tipo se conoce como **variabilidad por causas especiales o asignables**, producida por fuentes externas al proceso. Aparecen en forma esporádica, afectando al patrón aleatorio de las causas comunes y sacando al proceso de control. Debido a ello, son más fácilmente reconocibles y presentan una menor dificultad para su corrección. Este tipo de causas se analizan y se corrigen de modo que, en lo posible, no sucedan nuevamente. (Tafolla, 2000 )

**Gráfico 3:** Descomposición de la variabilidad de un proceso



*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

### 7.2.3.3. Disminución de la variabilidad

Para disminuir la variabilidad se debe empezar por atacar a las causas especiales ya que, si se ataca a la parte más complicada de un proceso, se puede solucionar el resto de problemas presentes (Rojas, Marzo 2006).

El mejoramiento en el caso de causas comunes es más complejo ya que requiere hacer un análisis de todo el conjunto de datos, conocimientos profundos sobre el proceso, y los distintos factores que indirecta o directamente pueden atacar al proceso.

### 7.2.4. Capacidad de proceso

De acuerdo con él (Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos: Guía de Bolsillo con las Herramientas para el Mejoramiento, 1990), “la capacidad del proceso, es la determinación, de si dicho proceso es capaz de satisfacer las especificaciones que generalmente se establecen con el cliente, dada la variación natural”.

Es esencial resaltar que la variabilidad natural del proceso,  $6\sigma$ , es intrínseca a él e independiente de las tolerancias que se asignen. Por lo tanto, si  $6\sigma$  es menor que el intervalo de las tolerancias a cumplir, necesariamente algunos productos fabricados estarán fuera de tolerancia y serán no conformes. Si no se tiene en cuenta este hecho y se pretende corregir a base de reajustar el proceso, es decir modificar el centrado, lo único que se consigue es aumentar la variabilidad del mismo (Ruiz, Marzo 2006, pág. 45)

Para el análisis de la capacidad de proceso se debe conocer la estimación de la distribución a estudiar o a su vez los parámetros que definen la variabilidad de la misma, de tal manera que

en base a esto se pueda crear gráficos de control que ayuden a determinar la capacidad de proceso, así como también los límites del mismo

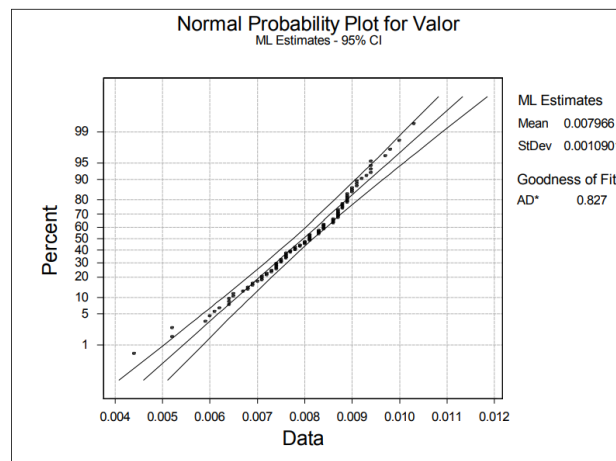
Por tanto, en el análisis de la capacidad del proceso se suelen utilizar las siguientes herramientas:

- Histogramas.
- Diagramas de probabilidades.
- Gráficos de control.
- Diseño de experimentos.

#### 7.2.4.1. Comprobación de la normalidad de los datos

Una vez obtenidos los datos se debe comprobarse la normalidad. Al menos deben ser normales los datos correspondientes al mismo GHR (en caso de que los datos en su conjunto no sean normales, pero si lo sean los datos de los GHR, quiere decir que alguno de los criterios seguidos en la estratificación de las muestras es una causa especial).

**Gráfico 4:** *Grafica normal de probabilidad*



*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

Es preciso tener en cuenta que, si los datos no son normales, no son válidas las predicciones de fracción defectuosa realizadas en el estudio. se indica cómo proceder en casos en los que los datos no sean normales. Para comprobar la normalidad se pueden emplear los contrastes de ajuste habituales La prueba de normalidad más sencilla y utilizada en ingeniería de calidad es la que se basa en el “papel probabilístico normal”. Este papel tiene la escala de ordenadas



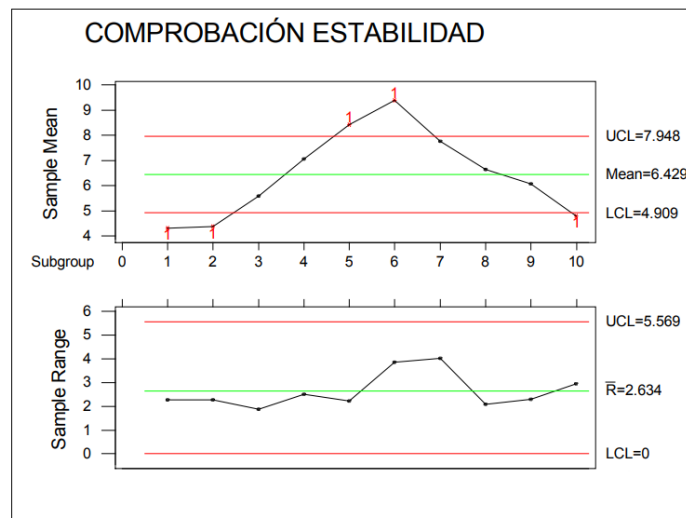
modificada de manera que las probabilidades acumuladas de datos de una muestra procedente de una distribución normal, resulten alineados (Rojas, Marzo 2006, pág. 17).

#### 7.2.4.2. Análisis e interpretación de los datos

A continuación, debe comprobarse la estabilidad del proceso para lo que debe realizarse un gráfico de control a las medias de los Grupos Homogéneos Racionales comprobando que no existen puntos fuera de control. En caso de que exista algún punto fuera de control, debe estudiarse la causa para su eliminación (Rojas, Marzo 2006). Una vez hecho esto, debe realizarse la estimación de la desviación típica. En general deben seguirse los siguientes criterios:

- Si el tamaño de los grupos es igual o mayor que 10, no se empleará nunca el método del recorrido medio.
- Si se sospecha que la desviación típica es sensiblemente constante, se puede emplear el método de la desviación típica promediada.

**Gráfico 5:** Puntos de control grafica X-R



*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

#### 7.2.4.3. Índices CP y CPK

“Con objeto de comparar la capacidad del proceso y la amplitud de las tolerancias a satisfacer, se define el índice de capacidad de proceso” (Rojas, Marzo 2006).

*Ecuación 3*

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{6\sigma}$$

Si se pretende que la producción esté dentro de tolerancia, es necesario que  $C_p > 1$ .

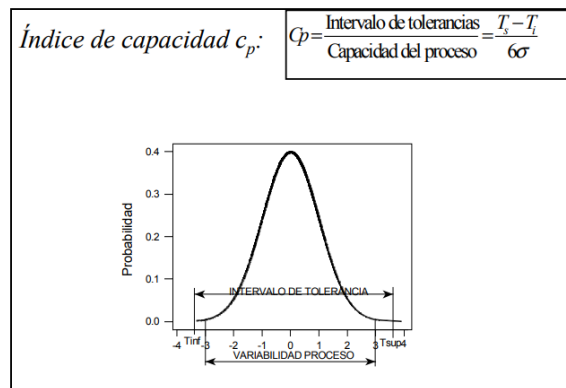
Según (Rojas, Marzo 2006) Si el proceso no estuviese centrado, el valor de este índice falsearía el grado de cobertura con respecto a fabricar piezas fuera de tolerancias. En estos casos es más significativo el índice  $C_{pk}$  que se define:

Ecuación 4

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{T_s - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - T_i}{3\sigma} \right\}$$

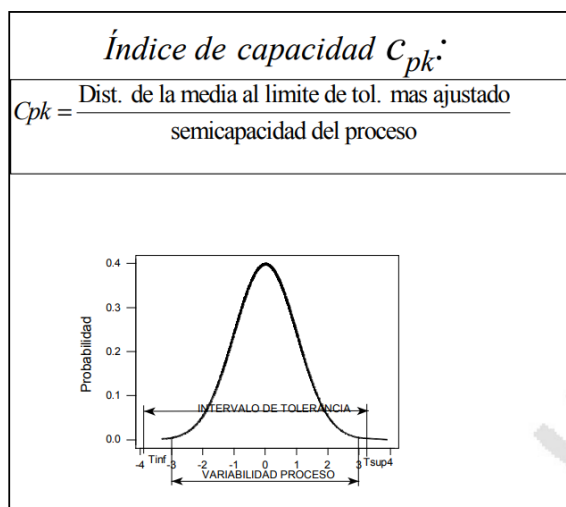
Según (Rojas, Marzo 2006) de este modo se define un proceso capaz como aquel que  $C_{pk} > 1$ . Aplicando estos mismos conceptos a la variabilidad atribuible de una máquina de las que integran el proceso de fabricación, podemos definir la capacidad de máquina, el índice de capacidad de máquina CM y CMk

**Gráfico 6:** Índice  $C_p$ .



*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

**Gráfico 7:** Índice  $C_{pk}$



*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

### 7.2.5. Gráfico de control

Según (Rodrigo, 2017) El Control Estadístico de Procesos se basa en repetir esta toma de muestras de manera periódica, calcular la media muestral y representar un gráfico de una manera similar a la Figura No.6, de modo que si la media cae fuera de los límites de control existe la evidencia de que hay una causa asignable presente (proceso fuera de control). A este gráfico se le denomina Gráfico de Medias o simplemente Gráfico X.

#### 7.2.5.1. Desviación típica muestral.

Es conveniente recordar que en los textos se utilizan dos estadísticos distintos. El primero de ellos se define:

*Ecuación 5*

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Para procesos normales, la esperanza matemática de la varianza muestral es:

*Ecuación 6*

$$E(s^2) = \frac{n-1}{n} \sigma^2$$

Según (Gutiérrez, 2014) Por lo que es un estimador sesgado de la varianza poblacional  $\sigma^2$ . Por esta razón algunas veces se toma como varianza muestral al estimador insesgado definido:

*Ecuación 7*

$$s^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

#### 7.2.5.2. Construcción del gráfico X -R

##### a) Caso $\mu, \sigma$ conocidos.

Si  $\mu$  y  $\sigma$  son conocidos entonces la construcción del gráfico de medias es inmediata a partir de su definición:

Ecuación 8

$$LCS = \mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu + A\sigma$$

$$LC = \mu$$

Ecuación 9

$$LCI = \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu - A\sigma$$

b) **Caso  $\mu, \sigma$  desconocidos.**

Si alguno de los dos fuera conocido sería un híbrido de los dos casos i) y II). Puesto que en este caso no se tiene ningún conocimiento previo, es preciso estimar  $\mu$  a partir de la media de las medias ( $\bar{x}$ ) y  $\sigma$  a partir del recorrido medio ( $R$ ) de  $k$  (por ejemplo,  $k=25$ ) muestras iniciales. A partir de  $\bar{x}$  y  $R$  se trazarían los límites provisionales de la manera siguiente (Rojas, Marzo 2006). En el gráfico de medias:

Ecuación 10

$$LCS = \bar{x} + 3 \frac{R}{d_2} \frac{1}{\sqrt{n}} = \bar{x} + A_2 R$$

$$LCS = \bar{x}$$

Ecuación 11

$$LCS = \bar{x} - 3 \frac{R}{d_2} \frac{1}{\sqrt{n}} = \bar{x} - A_2 R$$

y los límites del gráfico de recorridos serían:

Ecuación 12

$$LCS = \left(1 + 3 \frac{d_3}{d_2}\right) R = D_4 R$$

$$LSC = R$$

$$LCS = \left(1 - 3 \frac{d_3}{d_2}\right) R = D_4 R$$

Una vez establecidos los límites de control provisionales para ambos gráficos, se comprobaría si alguna de las muestras está fuera de los límites. En caso afirmativo se procedería a buscar la

causa asignable que pudiera explicar esa anomalía y se recalcularían los límites. Estos límites deben recalcularse periódicamente, por ejemplo, cada 25 muestras.

**Tabla 2:** *Tabla de coeficientes*

TABLA DE COEFICIENTES																		
n	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2.121	3.760	1.880	2.659	0.5642	0.7979	0	1.943	0	3.267	0	2.606	1.128	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	1.954	0.7236	0.8862	0	1.858	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	1.880	0.729	1.628	0.7979	0.9213	0	1.808	0	2.266	0	2.088	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	1.427	0.8407	0.9400	0	1.756	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	1.410	0.483	1.287	0.8686	0.9515	0.026	1.711	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	1.277	0.419	1.182	0.8882	0.9594	0.105	1.672	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.205	5.203	0.076	1.925
8	1.061	1.175	0.373	1.099	0.9027	0.9650	0.167	1.638	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	1.094	0.337	1.032	0.9139	0.9693	0.219	1.609	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	1.028	0.308	0.975	0.9227	0.9727	0.262	1.584	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.973	0.285	0.927	0.9300	0.9754	0.299	1.561	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.925	0.266	0.886	0.9359	0.9776	0.332	1.541	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.884	0.249	0.850	0.9410	0.9794	0.359	1.523	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.848	0.235	0.817	0.9453	0.9810	0.384	1.507	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	0.775	0.816	0.223	0.789	0.9490	0.9823	0.406	1.492	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	0.750	0.788	0.212	0.763	0.9523	0.9835	0.427	1.478	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	0.728	0.762	0.203	0.739	0.9551	0.9845	0.445	1.465	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	0.707	0.738	0.194	0.718	0.9576	0.9854	0.461	1.454	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	0.688	0.717	0.187	0.698	0.9599	0.9862	0.477	1.443	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	0.671	0.697	0.180	0.680	0.9619	0.9869	0.491	1.433	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.679	0.173	0.663	0.9630	0.9876	0.504	1.424	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.662	0.167	0.647	0.9655	0.9882	0.516	1.415	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.647	0.162	0.633	0.9670	0.9887	0.527	1.407	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.632	0.157	0.619	0.9684	0.9892	0.538	1.399	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.619	0.153	0.606	0.9696	0.9896	0.548	1.392	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
>25	3/√n	3/√n	....	....	....	....	1-3/√2n	1+3/√2n	1-3/√2n	1+3/√2n	....	....	....	....	....	....	....	....

*Fuente:* (Rojas, Marzo 2006)

## 7.2.6. Control de Calidad

Según la National Symposium on Reability and Quality de 1959:

Garantía de calidad es una denominación amplia que abarca tanto el control de calidad como la ingeniería de control de calidad aunque el concepto de garantía de calidad es más amplio que la propia definición y comprende todos los métodos encaminados a garantizar la calidad (Gutiérrez, 2014).

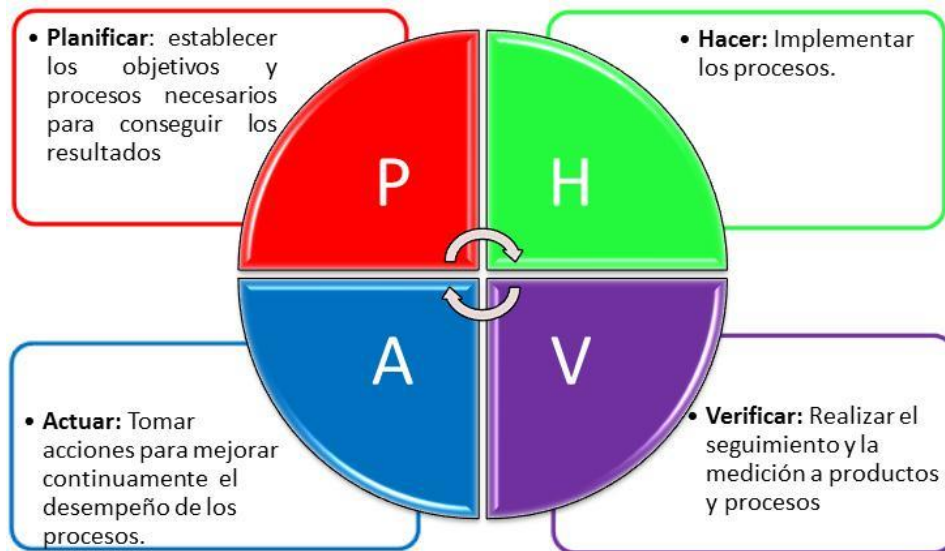
Es el conjunto de técnicas y procedimientos del que se sirve la dirección para la obtención de un producto de la calidad deseada, a su vez es una inversión que debe producir rendimientos adecuados y en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa (Gutiérrez, 2014, pág. 16).

### 7.2.6.1. Circulo de Deming

Según las (TECNICAS, 2009) Este ciclo sirve para diversas actividades como la planificación estratégica de una empresa, o la mejora del proceso de distribución del correo interno en la misma. Se podría resumir la definición de este ciclo PDCA como: la estrategia que se debe

seguir en cualquier actividad de mejora constante en una organización de los estándares existentes.

**Gráfico 8:** *Circulo de Deming*



*Fuente:* (TECNICAS, 2009)

En la empresa Novacero el área de control de calidad es sumamente importante el PHVA, ya que esta se encarga de brindar a los clientes el producto correcto debido a que existen una serie de actividades que se deben cumplir, antes de que el producto salga a la venta, empezando por elegir la materia prima adecuada en base a su composición química y elección del tipo de producto que se va a fabricar. Cada producto tiene sus componentes ideales para lograr que el mismo sea apto para lo que se ha establecido, luego una vez que se ha obtenido la palanquilla o MP ideal se procede a ubicar en las líneas de producción como puede ser el TREN 1 o TREN 2, las mismas se encargan de laminar y darle una forma específica al producto como puede ser varilla o perfil, luego una vez que el producto ha sido fabricado se revisa si posee algún defecto que a simple vista se lo pueda identificar y de ser así, se lo separa y se ubica como producto no conforme el cual es vendido como producto de segunda o a su vez se lo envía a reproceso, una vez que ya se tiene el producto se lo procesa a hacer las pruebas de tracción las cuales determina las especificaciones mecánicas del mismo y si este es apto para su venta y distribución ya que este debe cumplir con requerimientos mecánicos establecidos por el instituto ecuatoriano de normalización con parámetros de pruebas como fluencia, resistencia y alargamiento, una vez realizado estas pruebas se decide si el producto es apto para su distribución.

### **7.2.6.2. Carta de Control**

La carta de control es el formato F-PCLCC.03.01 que utiliza el área de control de calidad para controlar el proceso de fabricación de sus distintos productos a fabricar, una distribución de tiempos por turno cada turno está encargado de registrar una carta de control sea que exista o no producción se la debe llenar cada media hora y una vez terminado el turno enviársela al supervisor de calidad para que este tenga constancia de que se realiza un correcto seguimiento a los productos fabricados, en esta carta de control consta como encabezado: nombre del inspector, producción, lote, área, turno, producto, peso, tipo de materia prima y fecha, como parte del desarrollo consta las tolerancias, límites mínimos y máximos, graficas del espesor, ancho y longitud del producto las cuales según los registros que se vaya dando a lo largo de la producción se puede verificar si los productos están cumpliendo con los límites permitidos, caso contrario se envía la señal de calibrar el tren de tal manera que les permita al área ajustarse para obtener el producto de acorde al rango permitido. Cabe mencionar que cada producto tiene su carta de control especifica la cual permite verificar las medidas con las cuales ha sido fabricado un producto.

## **8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

¿Cómo mejorar el método de control estadístico para la fabricación de perfiles laminados en caliente en el área del TREN 2 de tal manera que ayude a disminuir las pérdidas de producto no conforme por dimensiones incorrectas?

### **8.1. Variable dependiente**

Disminuir las pérdidas de producto no conforme por dimensiones incorrectas

### **8.2. Variable independiente**

Mejorar el método de control estadístico para la fabricación de perfiles laminados en caliente en el área del TREN 2.

## **9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **9.1. Técnicas e instrumentos**

**Tabla 3:** *Técnicas e instrumentos*

N°	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	<b>TÉCNICAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	Recolección de información de distintas fuentes bibliográficas como libros, revistas para la correcta realización del proyecto, además se revisó tesis y proyectos anteriores de tal manera que se pueda evidenciar el problema para generar la solución adecuada.
2	<b>TÉCNICAS DE CAMPO</b>	Se recolecto los distintos datos dimensionales necesarios para poder realizar el cálculo respectivo de tal manera que ayude a calcular la variabilidad del proceso del TREN2.

*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

## 9.2. MÉTODOS

Para la elaboración del presente trabajo de titulación se utilizaron los métodos que a continuación, junto con su respectiva descripción de aplicación, se muestran:

### 9.2.1. Método Cuantitativo:

Este método se lo aplico al momento de trabajar con los datos históricos que permitieron plantear correctamente el problema. La carta de control que se tiene en el área del tren 2 ayudo a la recolección de datos necesarios para poder visualizar los productos con más problemas.

### 9.2.2. Método Deductivo:

Este método fue muy útil para determinar los principales problemas que ocasionan la no conformidad en el producto final, de tal manera que en base a eso se pueda evidenciar cuales son los lugares sobre los que se debe actuar para generar un cambio positivo que ayude a obtener un producto de calidad.



## **10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS):**

Se utilizará el software Minitab de tal manera que ayude a calcular todos y cada uno de los datos que se pretende obtener

Para la obtención de resultados se utilizará las herramientas del Control Estadístico de Procesos, medidas de tendencia central, gráficos de control y cálculo de capacidad de proceso con la herramienta Minitab de tal manera que ayuda a calcular de mejor manera todos y cada uno de los datos que se pretende obtener

### **10.1 Análisis**

#### **10.1.1 Análisis de la norma (INEN2215) para la elaboración de perfiles laminados en caliente.**

Según el (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2215, 2012), los perfiles de acero deben ser laminados en caliente mediante un proceso de laminación controlado el cual este adecuado al tipo de producto a fabricar mismos que deben cumplir con características físicas, químicas y mecánicas tal como indica la norma.

Novacero fabrica perfiles laminados en caliente rigiéndose a los límites emitidos para cada grado, el grado dependerá de la composición que tenga ya que para algunos productos depende de la composición química para que el producto sea más fuerte.

##### **10.1.1.1 Características químicas y mecánicas**

El (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2215, 2012), menciona que la fabricación de perfiles de acero debe cumplir con características físicas mecánicas y químicas, especificadas en la norma de tal manera que ayude a cumplir con los estándares de calidad. Además, establece que existen distintos grados por los cuales se clasifica el producto como:

- E185
- E235
- E275
- E355

Los requisitos químicos son:

**Tabla 4:** Composición química de la colada para grados ISO

GRADO	Calidad	Análisis de colada Elementos de la composición química													Otros elementos
		C máx. %	Mn %	S máx. %	P máx. %	Si %	Cu %	Ni %	Cr %	Mo máx. %	Nb máx. %	V %	CE <sup>1)</sup> máx. %		
A 36	Grado 36*	0,26	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
A 572	Grado 42*	0,21	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
	Grado 50	0,23	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
	Grado 55*	0,25	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
	Grado 60*	0,26	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40	≤0,40								
	Grado 65*	0,23 <sup>4)</sup>	≤1,65	0,05	0,04	≤0,40	≤0,40								
A 588	Grado B*	0,20	0,75-1,35	0,05	0,04	0,15-0,50	0,20-0,40	≤0,6	0,40-0,70			0,01-0,10			
	Grado C*	0,15	0,80-1,35	0,05	0,04	0,15-0,40	0,20-0,50	0,25-0,50	0,30-0,50			0,01-0,10			
A 709	Grado 36*	0,26	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
	Grado 50	0,23	≤1,35 <sup>2)</sup>	0,05	0,04	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,40 <sup>3)</sup>								
	Grado 50S	0,23	0,50-1,60 <sup>2a)</sup>	0,045	0,035	≤0,40 <sup>3)</sup>	≤0,60	≤0,45	≤0,35	0,15	0,05	≤0,15	0,45 <sup>4)</sup>	2) <sup>5)</sup>	
A 913	Grado 50	0,12	≤1,80	0,030	0,040	≤0,40	≤0,45	≤0,25	≤0,25	0,07	0,05	≤0,06	0,38		
	Grado 65	0,16	≤1,80	0,030 <sup>6)</sup>	0,030	≤0,40	≤0,45	≤0,25	≤0,25	0,07	0,05	≤0,06	0,43		
A 992	Grado 50	0,23	0,50-1,60 <sup>2)</sup>	0,045	0,035	≤0,40	≤0,60	≤0,45	≤0,35	0,15	0,05	≤0,15	0,45 <sup>4)</sup>		

1)  $CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$ .  
2) Véanse las restricciones específicas en la norma.  
3) Para perfiles con espesor de ala > 75 mm (3 pulg.): Si mín. 0.15% a 0,4%, (Mn 0.85 - 1.35% para A709 y A36).  
4) Previo acuerdo: requisito adicional S77 según ASTM A 913/A913M: Azufre máx. 0.010%, aplicable a Calidad 65.  
5)  $Nb + V \leq 0.15\%$ , ( $N \leq 0.015\%$  para A992).  
6) Máx. CE = 0.47% para perfiles con un espesor de ala superior a 2 pulg. (50 mm).  
7) Si se acuerda una calidad con cobre,  $Cu \geq 0.20$ .

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2215, 2012)

Los requisitos mecánicos son:

**Tabla 5:** Requisitos mecánicos para grados ISO

Normas	Calidades	Esfuerzo de fluencia Re	Resistencia a la tracción Rm	Ratio Re/Rm	Alargamiento mínimo A		Ensayo de flexión por choque <sup>3)</sup>	
					mín. 200 mm [8 in.]	mín. 50 mm [2 in.]	ASTM A673, a la longitudinal	
		MPa[ksi]	MPa[ksi]		%	%	Temperatura °C (°F)	Energía media J[ft-lbf]
A36	Grado 36*	≥250[36]	400-550 <sup>2)</sup> [58-80]		20 <sup>1)</sup>	21 <sup>2)</sup>		
A572	Grado 42*	≥290[42]	≥415[60]		20 <sup>1)</sup>	24 <sup>1)2b)</sup>		
	Grado 50	≥345[50]	≥450[65]		18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)2b)</sup>		
	Grado 55*	≥380[55]	≥485[70]		17 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)2b)</sup>		
	Grado 60*	≥415[60]	≥520[75]		16 <sup>1)</sup>	18 <sup>1)2b)</sup>		
	Grado 65*	≥450[65]	≥550[80]		15 <sup>1)</sup>	17 <sup>1)2b)</sup>		
A588	Grado B*	≥345[50]	≥485[70]		18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)2a)</sup>		
	Grado C*	≥345[50]	≥485[70]		18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)2a)</sup>		
A709	Grado 36*	≥250[36]	400-550 <sup>2)</sup> [58-80]		20 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)2)</sup>		5) 5) 5)
	Grado 50	≥345[50]	≥450[65]		18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)2)</sup>		
	Grado 50S	345-450 [50-65]	≥450[65]	≥0,85	18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)</sup>		
A913	Grado 50	≥345 <sup>4)</sup> [50]	≥450[65]	≥0,85 <sup>4)</sup>	18	21	21 [70]	≥54[40]
	Grado 65	≥450[65]	≥550[80]		15	17	21 [70]	≥54[40]
A992	Grado 50	345-450 [50-65]	≥450[65]	≥0,85	18 <sup>1)</sup>	21 <sup>1)</sup>		

1) Véanse los ajustes relativos a los requisitos de elongación en el apartado "Ensayos de Tensión" de la norma A6/A6M  
2) Para perfiles con espesor de ala > 75 mm (3 pulg): A mín. 19% en 2 pulg. (50mm), Gr. 36 exento de Rm máx.  
2a) Para perfiles con espesor de ala > 75 mm (3 pulg): a mín. 18% en 2 pulg. (50 mm).  
2b) Para perfiles superiores a 634 kg/m (426 lbs/ft): A mín. 19% en 2 pulg. (50 mm).  
3) Previo acuerdo: requisito adicional 530 según ASTM A 6/A 6M: "CVN test, alternate core location" = "Ensayo CVN, intersección núcleo-ala", resiliencia media mín. 27J [20ft-lbf] a 21°C. [70°F], aplicable a espesor del ala ≥ 38.1 mm [1.5 pulg.], (anteriormente AISC Sup. 2 para secciones de los grupos 4 y 5 de A6).  
4) Previo acuerdo: requisito adicional S75 según ASTM A 913/ A913M: Re/Rm máx. 450 MPa [65 ksi], aplicable a Calidad 50.  
5) Previo acuerdo: requisito adicional: ensayo de resiliencia conforme a la tabla de A709:07.

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2215, 2012)

Novacero, para la elaboración de materia prima específicamente en palanquilla para perfiles laminados en caliente, posee dos grados A36 y 50 de tal manera que en cada uno cambia su composición química en base a las propiedades que le otorga al producto, cabe mencionar que todo producto denominado con grado 50 es mucho más fuerte este principalmente se lo fabrica bajo pedidos especiales para grandes estructuras y construcciones.

Una vez que el producto es fabricado, en las bodegas se los identifica pintándolos con colores de tal manera que es mucho más fácil encontrar el producto que se busca.

**Tabla 6:** Especificación de colores

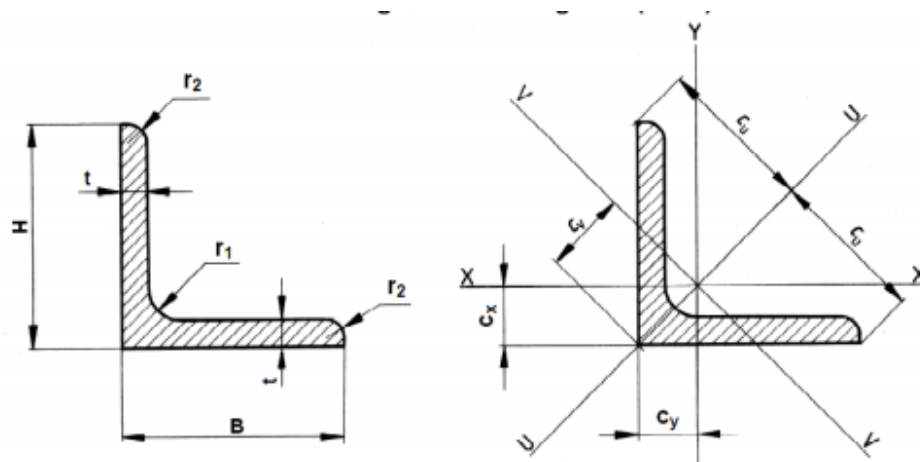
TIPO	COLOR	PRODUCTO	NORMA PALANQUILLA
Grado 50	Blanco	Perfiles	SAE 1015
Grado A36	Verde	Perfiles	SAE 1018

*Fuente:* (NOVACERO, 2019)

### 10.1.2 Análisis de la norma (INEN2224) Perfiles angulares estructurales de acero al carbono laminados en caliente

El perfil angular es una pieza de acero en forma de L, se utiliza principalmente en estructuras metálicas, este posee una abertura de 90° dos lados sean iguales o desiguales según su defecto de fabricación, cabe mencionar que la tolerancia en sus dimensiones debe ser la mínima, tal como indica la tabla a continuación.

**Gráfico 9:** Angulo



*Fuente:* (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2224, 2013)

Donde:

B: ancho de lado

H: altura total

t: espesor de lado

r1: radio de filete

r2: radio de pie

**Tabla 7:** Tolerancia de las dimensiones de los lados

Altura total H (mm)	Tolerancia (mm)
$H \leq 50$	$\pm 1,0$
$50 < H \leq 100$	$\pm 1,5$
$100 < H \leq 150$	$\pm 2,0$
$150 < H \leq 200$	$\pm 3,0$

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion 2224, 2013)

**Tabla 8:** Tolerancia en espesor

Altura total (H)	Tolerancia
$H \leq 50$	$\pm 0,5$
$50 < H \leq 100$	$\pm 0,8$
$100 < H \leq 150$	$\pm 1,0$
$150 < H \leq 200$	$\pm 1,2$

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion 2224, 2013)

**Tabla 9:** Flecha máxima

Altura total H (mm)	Valor máximo
$H \leq 150$	0,4% de longitud del perfil
$150 < H \leq 200$	0,25% de longitud del perfil

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion 2224, 2013)

## 10.2 Muestreo

### 10.2.1. Lote de muestreo

Según la Tabla Military Estándar, con una producción normal entre 500 y 10000 unidades diarias en el tren 2 y grado de inspección normal se debería tomar entre 50 y 200 unidades diarias. (Perez, 1999).



mencionar que existe una carta de control por cada medida de producto, de tal manera que, una vez hecho el análisis, este pueda controlarse a tiempo si es que existen puntos que se encuentren fuera de los limite.

Gráfico 10: Carta de control del tren 2

PRODUCTO: AL 30x4		JEFE DE TURNO: PESO NOMINAL:		PRODUCCIÓN DIARIA (TON): LOTE:												TREN: FECHA:		PESO PALANQUILLA: DIMENSIONES PALANQUILLA:		kg mm												
TURNO:		ANCHO LADO X				ANCHO LADO Y				ESPESOR A LA DERECHA				ESPESOR A LA IZQUIERDA				Peso/Long	LONG.	# ANGULOS POR PALANQUILLA	LONG. Después	Observaciones	Cuadratura	FLECHA	HORA							
HORA	Colada	x1	x2	x3	$\bar{x}$	Rx	y1	y2	y3	$\bar{y}$	Ry	s1	s2	s3	$\bar{s}$	R <sub>s</sub>	b1	b2	b3	$\bar{b}$	R <sub>b</sub>	(kg/m)	(mm)									
6:00		29,00	29,40		29,15	0,15	30,00	30,10	29,70	29,90	0,40	4,00	3,90	3,90	0,20	4,00	4,10	3,90	4,00	0,20												6:00
6:30	3	29,20	29,70	29,40	29,10	0,20	29,70	30,00	29,90	29,80	0,10	4,10	3,90	4,00	0,20	3,20	4,00	4,10	3,90	3,90	0,20											6:30
7:00	4			30,00	29,60	0,20	30,00	29,60	29,90	0,20		3,70	4,00	3,85	0,20	4,10				3,70	3,90	0,40										7:00
7:30	g				#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										7:30
8:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										8:00
8:30	2				#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										8:30
9:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										9:00
9:30	2				#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										9:30
10:00	2				#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										10:00
10:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										10:30
11:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										11:00
11:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										11:30
0:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										0:00
0:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										0:30
1:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										1:00
1:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										1:30
2:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										2:00
2:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										2:30
3:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										3:00
3:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										3:30
4:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										4:00
4:30					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										4:30
5:00					#####	0,00				#####	0,00				#####	0,00					#####	0,00										5:00

Fuente: (NOVACERO, 2019)

Para el estudio que se pretende lograr; los datos fueron recolectados ancho y espesor, apenas salieron del tren acabador hacia la mesa de enfriamiento, es decir, cuando aún estaban a altas temperaturas de entre 60 y 70 °C, así como también una vez que el producto se encontraba en la mesa de empaquetado ya frio.

Las medidas que se van a analizar en ángulos son AL 100X6.

### 10.4 Análisis datos

#### 10.4.1 Análisis del método actual

En el método actual los inspectores de calidad toman datos cada media hora mismos que son ingresados a una carta de control que posee límites para ángulos con una tolerancia de 1mm y 1,5 mm para anchos lado X y Y, espesor con tolerancia de 0,5mm. Cabe mencionar que este método se lo aplica una vez que el producto reduce su temperatura a +-30° C ya que de esta manera si el producto no cumple, únicamente se notifica al jefe de turno el cual revisa y soluciona el problema garantizando que el material que está por salir cumpla con las tolerancias requeridas por la norma.

Cabe mencionar que en este método involucran muchos factores externos como son el control del proceso de parte desde que la palanquilla ingresa al horno hasta que sale a la mesa de

enfriamiento, donde los señores pulpiteros, operativos, aquellos que manejan las cajas de control e inspectores de calidad tengan una buena comunicación, así como también depende de factores internos como la composición la cual en base a eso se determinara la rigidez que tenga el producto final.

#### **10.4.2 Análisis de datos recolectados**

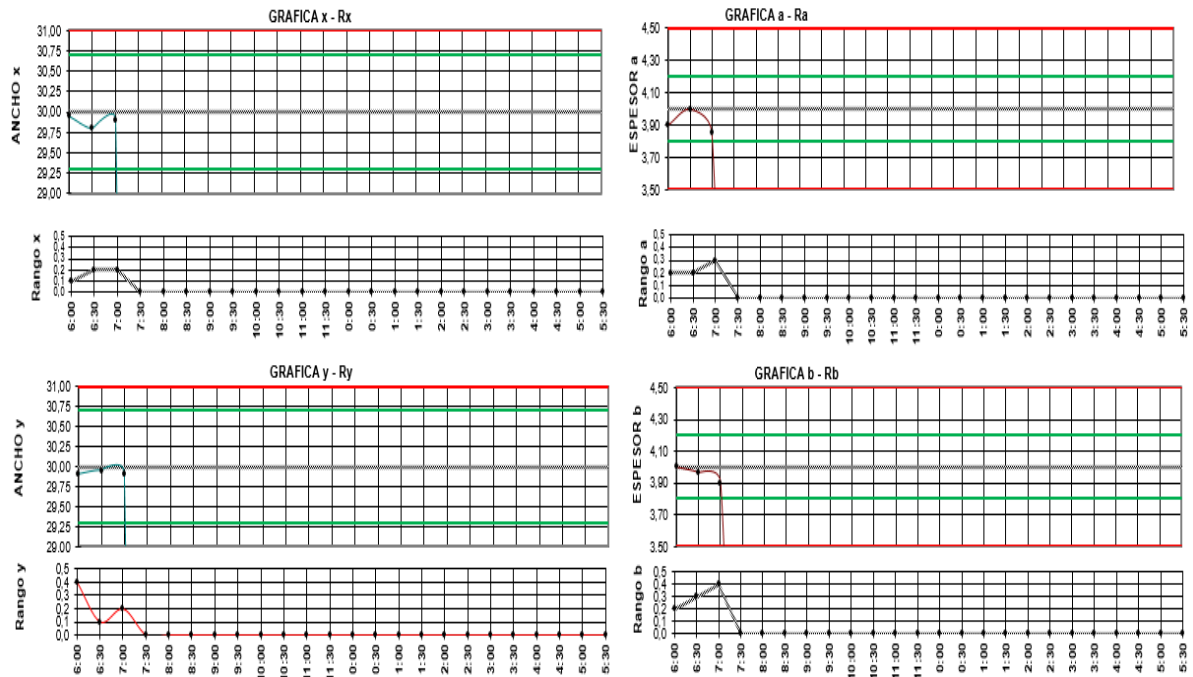
Los datos recolectados se los clasificó según el tipo de producto y consecuentemente por las dimensiones que posee ya que cada uno es diferente y sus límites variaran según el dimensionamiento que posean.

Para la obtención de los resultados se utilizó la herramienta Minitab misma que ayuda a simplificar y visualizar los datos de mejor manera usando principalmente la técnica de control estadístico de procesos.

El análisis estadístico se lo realizo creando estadígrafos, medidas de tendencia central (media, mediana, moda) mismas que permiten determinar la dirección del proceso que se desea analizar, de tal manera que se pueda visualizar fácilmente donde existe mayor problema y como se puede solucionarlo. La variabilidad del proceso se la analizo en base a la dispersión de datos obtenidos en el grafico mismo que nos ayuda a determinar la diferencia que hay entre medidas de caliente y frio.

Finalmente se determinó los nuevos límites de control relacionados al ancho y espesor del material, y en base a eso se generó una nueva carta de control que ayudara a garantizar las medidas del producto una vez que el producto este frio, evitando así la no conformidad por el defecto del producto fuera de dimensiones.

Gráfico 11: Carta de control con graficas X -R



Fuente: (NOVACERO, 2019)

#### 10.4.1 Análisis línea de producción tren 2 de laminación

Una vez obtenido los datos se clasificó según el tipo de producto de tal manera que se los separo para poder analizarlos de mejor manera de los productos AL 30X3, AL 40X4 y AL 100X6, se contabilizo 50 datos por dimensión, de tal manera que se deben analizar 3 productos en Minitab.

A continuación la Tabla No.16. indica los límites de especificación superior e inferior

PRODUCTO	DIMENSIÓN	ESPECIFICACIÓN	LES	LEI
AL 30X3	Ancho	30	31	29
	Espesor	3	3,5	2,5
AL 40X4	Ancho	40	41	39
	Espesor	4	5,5	4,5
AL 100X6	Ancho	100	101,5	98,5
	Espesor	6	6,5	5,5



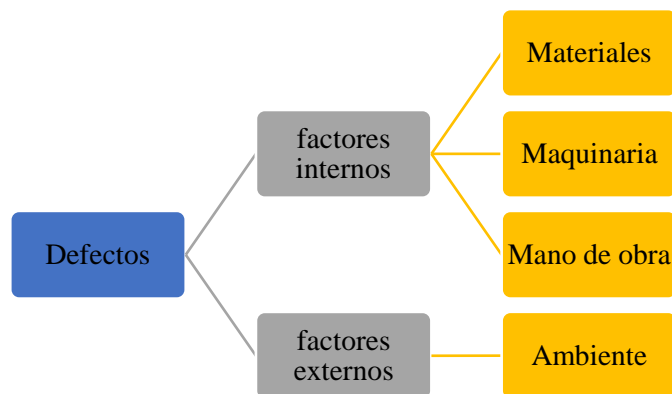
**Tabla 11:** Límites de especificación en base al tren 2. Ángulos

*Fuente:* (Changoluisa, 2020)

### 10.5 Obtención de resultados de productos

Este estudio pretende controlar todos los puntos que se encuentra fuera de los límites de especificación establecidos por la norma INEN 2224, de tal manera que para que un proceso sea controlado y no tenga gran número de defectos, tiene que ver todos los factores que pueden dañar el proceso directa o indirectamente, entonces gracias al análisis se pudo determinar varios factores:

**Gráfico 12:** Factores que afectan el control



*Elaborado por:* Evelin Herrera (2020)

#### Factores internos

Para un correcto control se deben tomar en consideración varios factores como en este caso los factores internos.

Los materiales, novacero es estricto al momento de seleccionar la materia prima ideal para la elaboración de cada uno de sus materiales, de tal manera que en el patio de chatarra se separa el material que será electo para crear la colada y consigo la palanquilla correspondiente al producto a fabricar, cabe mencionar que se los clasifica en dos tipos de palanquillas que son electas para el tren 2, mismas que deben cumplir con la composición química ideal para que se designe el grado al que pertenece, y dependerá de esto, la fluencia resistencia y alargamiento que tenga el producto final.

La palanquilla de color verde contiene entre sus componentes al carbono equivalente, carbono, silicio, manganeso, potasio y azufre mismos elementos que son los principales a tomar en consideración al momento de crear una colada, el carbono equivalente debe tener

como mínimo 0,225 y máximo 0,284 para que la palanquilla sea liberada como grado A36, así también está el grado 50 mismo que debe cumplir en carbono equivalente mínimo de 0,305 y máximo de 0,354, cabe mencionar que si la palanquilla no cumple con estos límites se debe liberar con otro color, ya que cada color esta designado a qué tipo de productos se pueden fabricar ya que depende de la composición y esta dependerá para que el producto cumple o no con las características físicas y mecánicas.

La maquinaria por ejemplo tiene mucho que ver ya que en el caso de novacero el tren 2 de laminación es manual de tal manera, que el proceso no está estandarizado mismo que funciona únicamente de manera empírica, esto quiere decir que, solamente una persona que conozca mucho el área y su funcionamiento podrá predecir o calibrar de correcta manera para que el producto salga en lo posible si tanta cantidad de defectos. La calibración correcta de las casetas o stands debe ser precisa para que el producto terminado salga en buenas condiciones. Además, es importante mencionar que para probar el tren y su calibración se pasan 3 palanquillas de pruebas hasta que se logre obtener el producto terminado correcto sin ningún tipo de defecto, dependiendo del defecto que presente se controla el área en donde se cree que se está fallando, en el anexo No.3. se puede observar una tabla de los defectos que se presentan en el tren 2.

La mano de obra, se toma mucho en consideración ya que como se mencionó anteriormente, depende mucho del conocimiento y habilidades que tenga cada uno de los jefes de turno del área, la experiencia que tienen es indispensable para controlar de mejor manera y en el menor tiempo posible, ya que siempre que se hace cambio de producto el tren se demora alrededor de 8 horas la calibración del tren.

### **Factores externos**

El ambiente se considera importante pero no indispensable ya que la planta está ubicada en la provincia de Cotopaxi, y por el volcán los vientos y las heladas son fuertes, razón por la cual cada vez que se fabrica un producto este al instante se enfría.

A continuación de realizar un análisis de AL 30X3, AL 40X y AL 100X6, en donde los dos primeros productos demostraran que la variabilidad o el control dentro de estos no es tan significativo como al crear AL 100X6 ya que el producto es mucho más grande y su control es mucho más complicado de controlar.

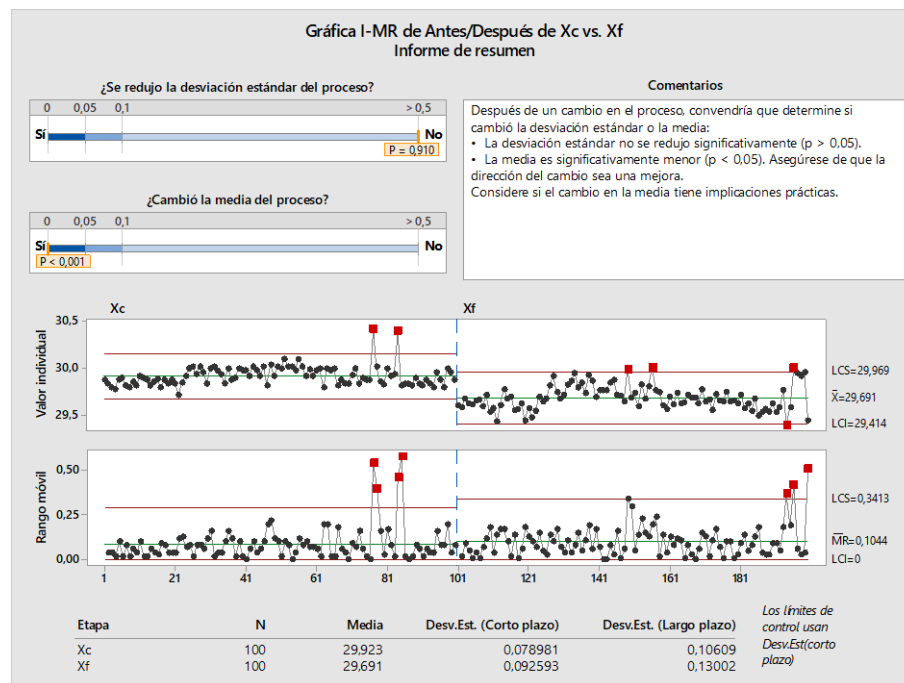
## 10.5.1 Análisis para determinación de variabilidad en los productos

### 10.5.1.1 Análisis de AL 30X3

A continuación, se mostrará distintas graficas que analizan el producto AL 30X3, donde se determinara si el índice de variabilidad es muy alto o no, y con respecto a eso poder calcular o buscar una solución para estandarizar las medidas del producto en donde la variabilidad no sea tan representativa.

- Ancho ala X caliente vs frio

**Gráfico 13:** Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 en ancho lado X de caliente a frio



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

### Análisis de la gráfica

Como se muestra en la tabla No. 12, la media que existe entre frio y caliente tiene una diferencia de 0,232, y la desviación a largo plazo se representa de manera negativa con un valor de diferencia -0,02393 dando a entender que la variación existente entre caliente y frio es muy variable esto se debe a que muchos de los datos están fuera de los límites o también por que los datos de frio son muchos más altos que los de caliente, cuando en realidad debería de ser al revés.

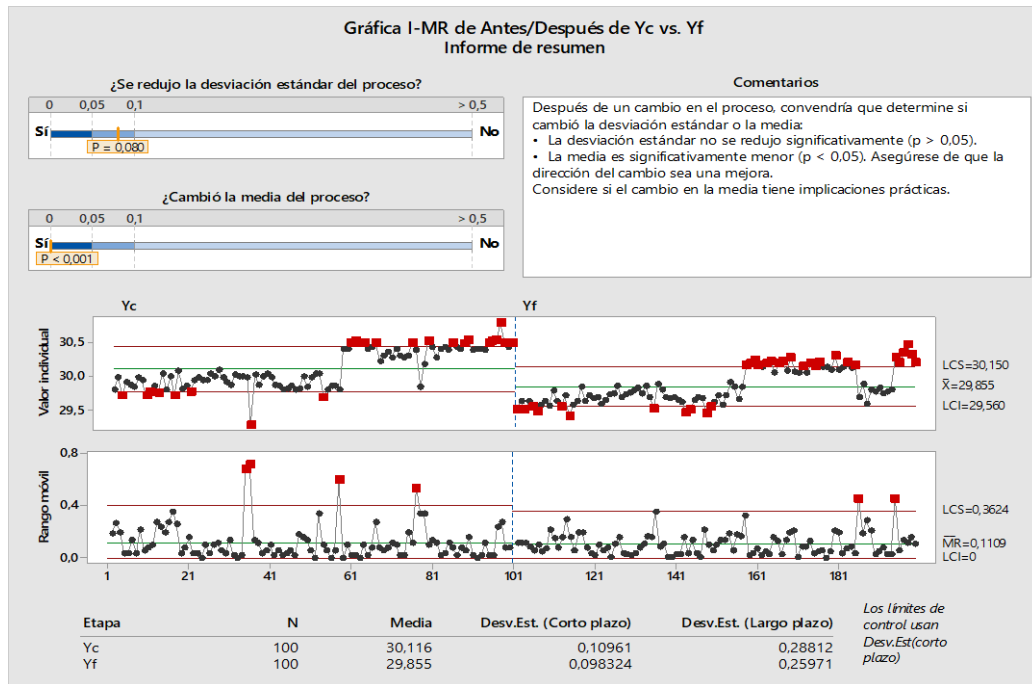
**Tabla 12:** Resultados de gráfica antes/ después en ancho de ala X en AL 30X3

ANCHO	MEDIA	DESVIACION A LARGO PLAZO
Xc	29,923	0,10609
Xf	29,691	0,13002
Diferencia	0,232	-0,02393

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

• **Ancho ala Y caliente vs frio**

**Gráfico 14:** Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 en ancho lado Y de caliente a frio



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

**Análisis de la grafica**

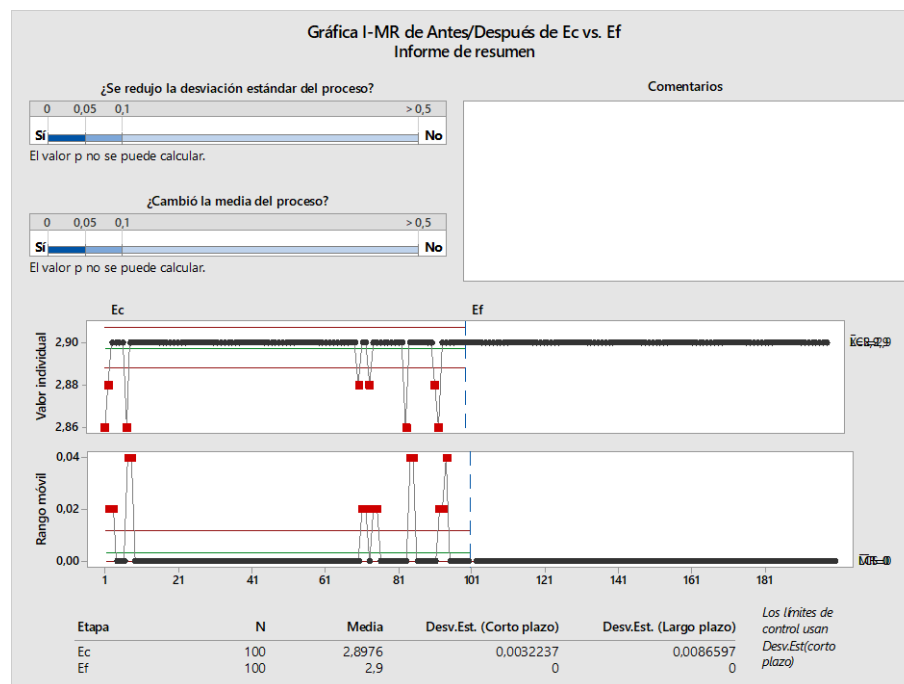
Como se puede apreciar en la tabla No.13 , La media tiene un diferencia de 0,261 entre caliente y frio, y la desviacion a largo plazo posee una diferencia de apenas el 0,02841.

**Tabla 13:** Resultados de grafica antes/ después en ancho de ala Y en AL 30X3

ANCHO	MEDIA	DESVIACION A LARGO PLAZO
Yc	30,116	0,28812
Yf	29,855	0,25971
Diferencia	0,261	0,02841

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

- **Análisis espesor caliente vs frio**

**Gráfico 15:** Comparación Dimensional del producto AL 30 X 3 espesor de caliente a frio

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

### Análisis de la grafica

Como se puede observar en la tabla No.14, la media es realmente insignificante ya que apenas varia 0,00024, y la desviación a largo plazo de 0,0086597 lo cual indica que en el espesor no existe tanta variabilidad como en otros productos que son difíciles de fabricar como AL 100X6.

**Tabla 14:** Resultados de grafica antes/ después en espesor en AL 30X3

	<b>ESPESOR MEDIA</b>	<b>DESVIACION A LARGO PLAZO</b>
Ec	2,8976	0,0086597
Ef	2,9	0
Diferencia	-0,0024	0,0086597

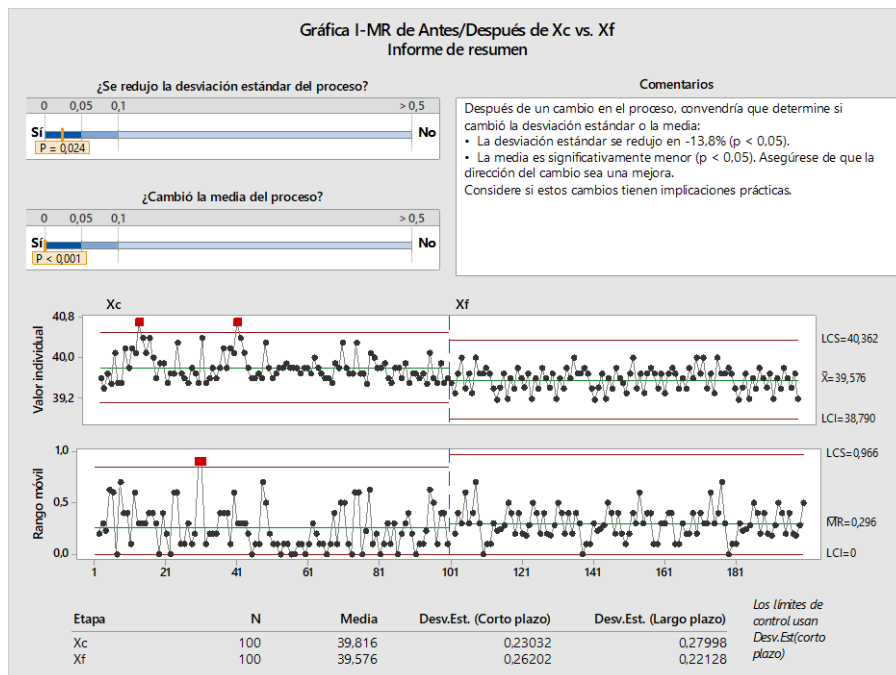
*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

### 10.5.1.2 Análisis de AL 40X4

A continuación, se muestra una gráfica de antes después que ayuda a visualizar las medidas obtenidas antes cuando el producto recién sale del horno y después el cómo se transforman una vez estando frías

- **Ancho ala X caliente vs frio**

**Gráfico 16:** Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en ancho lado X de caliente a frio



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

### Análisis de Grafica

Como se puede observar en la tabla No. 15 la diferencia que existe entre caliente y frio solo es de 0,24 por lo tanto este es el promedio de la variación que existe entre los 200 datos tomados cabe mencionar que la diferencia existente está bien debido a que es normal que la variación

sea positiva ya que el análisis es de caliente a frío, así también la desviación a largo plazo con una diferencia en variación de 0,0587.

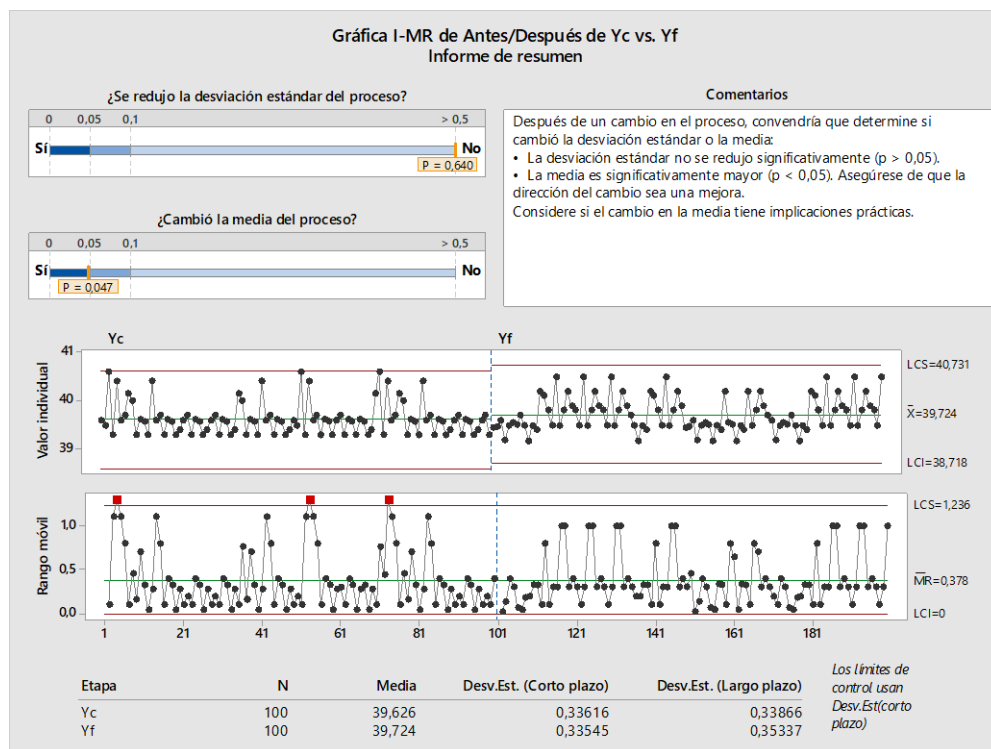
**Tabla 15:** Resultados de grafica antes/ después en ancho ala X en AL 40 X4

ANCHO	MEDIA	DESVIACION A LARGO PLAZO
Xc	39,816	0,27998
Xf	39,576	0,22128
Diferencia	0,24	0,0587

*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

• **Ancho ala Y caliente vs frio**

**Gráfico 17:** Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en ancho lado Y



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

**Análisis de resultados**

Como se puede observar en la tabla No.22 la diferencia existente entre caliente y frío es negativa esto se da gracias a que el producto terminado esta saliente con las medidas mucho más altas que cuando se encuentra en caliente, su diferencia es de -0,098 esto quiere decir el tamaño que la media se mueve del punto central, la desviación a largo plazo es de -0,01471

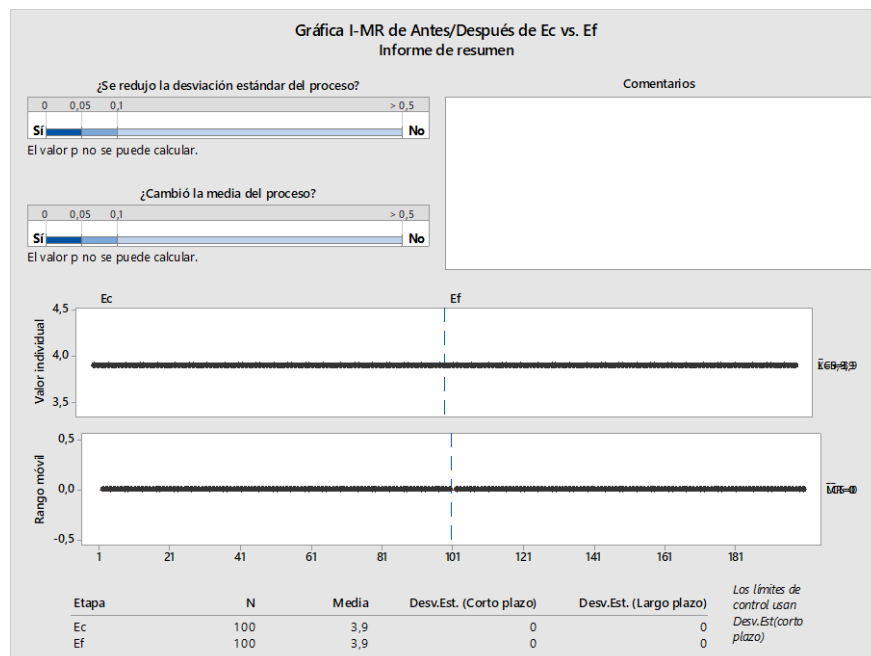
**Tabla 16:** Resultados de grafica antes/ después ancho ala Y en AL 40X4

ANCHO	MEDIA	DESVIACION A LARGO PLAZO
Yc	39,626	0,33866
Yf	39,724	0,35337
Diferencia	-0,098	-0,01471

*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

- **Espesor caliente vs frio AL 40X4**

**Gráfico 18:** Comparación Dimensional del producto AL 40 X 4 en espesor de caliente a frio



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

### Análisis de la grafica

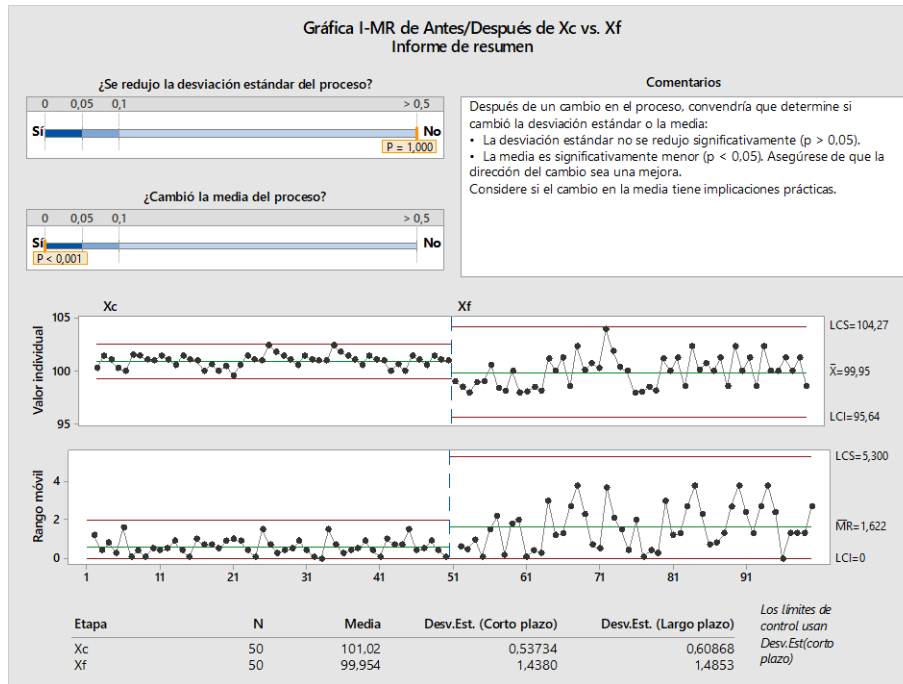
Como se muestra en la Figura No. 18 no existe variación entre frio caliente esto se da porque el análisis se da únicamente del espesor, y en este tipo de procesos por lo general el espesor no cambia o al menos su variabilidad no es tan significativa.



### 10.5.1.3 Análisis de AL 100X6

- Ancho ala X caliente a frio AL 100X6

Gráfico 19: Comparación dimensional lado X de caliente a frio AL 100X6



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

#### Análisis de gráfica

Como se puede observar en la Figura No.19 existe una gran variación de la media entre frio y caliente ya que el producto por lo general tiende a salir como no conformidad por estar fuera de especificación, Además que su desviación a largo plazo es representativa cuando el producto se encuentra frio, esto quiere decir que hay probabilidades que el producto no cumpla con el límite permitido por la norma.

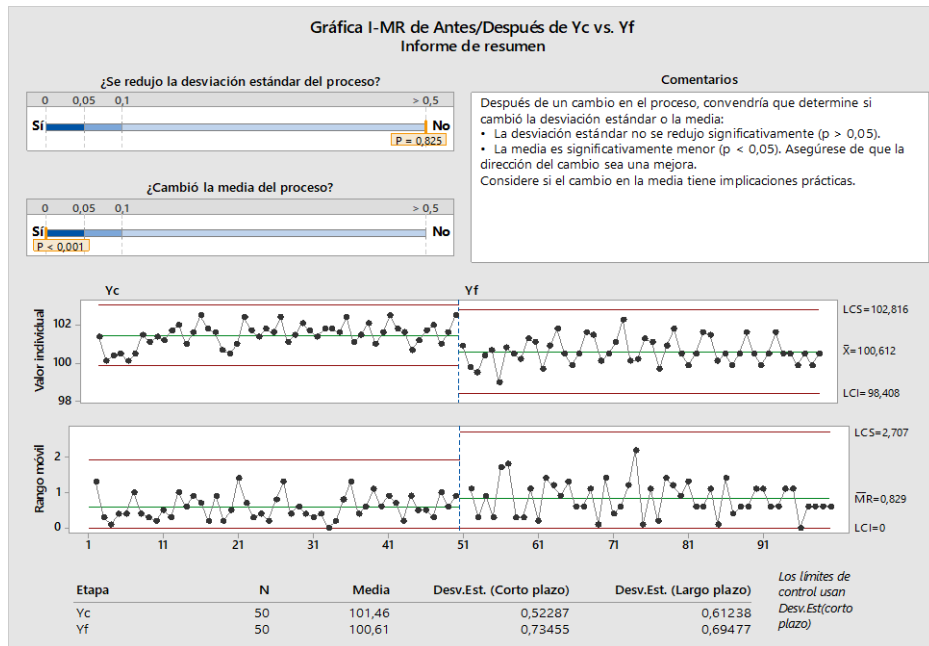
Gráfico 20: Resultados de la gráfica antes/después AL 100X6 ancho ala X

Ancho	MEDIA	DESVIACION LARGO PLAZO	A
Xc	101,02	0,060868	
Xf	99,954	1,4853	
Diferencia	1,066	-1,424432	

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

• **Ancho ala Y caliente a frio AL 100X6**

**Gráfico 21:** Comparación dimensional lado Y de caliente a frio AL 100X6



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

**Análisis de la grafica**

Como se puede observar en la *Figura No.21* la diferencia que existe entre la media de la ala en caliente/frio no es muy representativa, ya que la variabilidad es mínima, de igual manera su desviación estándar a largo plazo es mínima, esto quiere decir que este proceso está dentro de lo que se pretende lograr ya que lo que se busca es que el proceso no presente una variabilidad tan representativa para que a largo plazo no genere problemas.

Además, cabe mencionar que el ala Y se encuentra más controlada que la X ya que es aquella que se encuentra a lado del rodillo principal y por lo general cuando esto sucede, es donde más se ajusta la matricería al producto final que pretende salir q la mesa de enfriamiento.

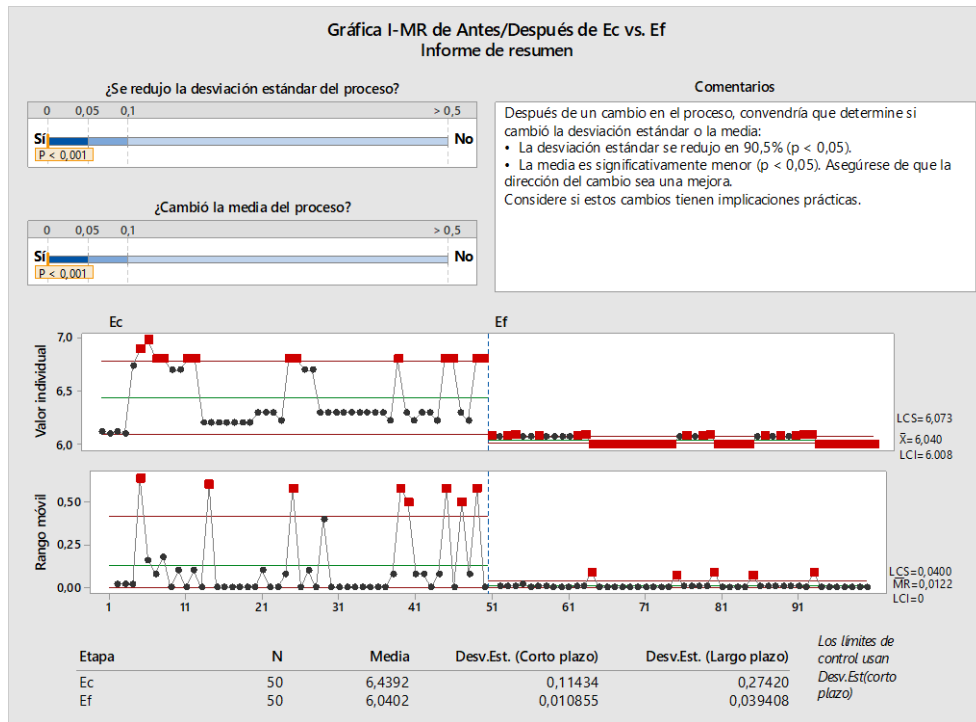
**Tabla 17:** Resultados de la gráfica antes/después AL 100X6 ancho ala Y

<b>Ancho</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESVIACION A LARGO PLAZO</b>
Yc	101,46	0,61238
Yf	100,61	0,6947
<b>Diferencia</b>	<b>0,85</b>	<b>-0,08232</b>

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

• **Espesor caliente vs frio AL 100X6**

**Gráfico 22:** Comparación dimensional espesor de caliente a frio AL 100X6



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

Como se puede observar en la Figura No.22. todos los puntos se encuentran dentro de los límites de especificación donde el límite de control superior es de 6,073, es decir esta casi dentro de la media establecida, y así mismo la variabilidad del espesor no es considerable. Ya que casi se encuentra dentro de la media establecida.

**10.5.2 Análisis comparativo de variabilidad**

Como se puede observar la Tabla No.18 la variabilidad que existe en el Angulo de 100 es superior a los ángulos de otras medidas, donde claramente se puede apreciar que los datos y los cambios se los debe de hacer cada vez que se fabrique Angulo de 100 de tal manera que se pueda controlar la media y la desviación estándar existente en el proceso y así poder tener un producto dentro de límites.

**Tabla 18:** Resumen comparativo de variabilidad de proceso en AL 30X3, AL 40X4 y AL 100X6

COMPARATIVO DE VARIABILIDAD				
DIMENSIONES	INDICADOR	AL 30X3	AL 40X4	AL 100X6
ANCHO ALA X	media	0,232	0,24	1,066
	desviación estándar	-0,02393	0,0587	-1,424432
ANCHO ALA Y	media	0,261	-0,098	0,85
	desviación estándar	0,02841	-0,01471	-0,08232
ESPESOR	media	-0,0024	0,046	0,399
	desviación estándar	0,0086597	0,0245	0,103485

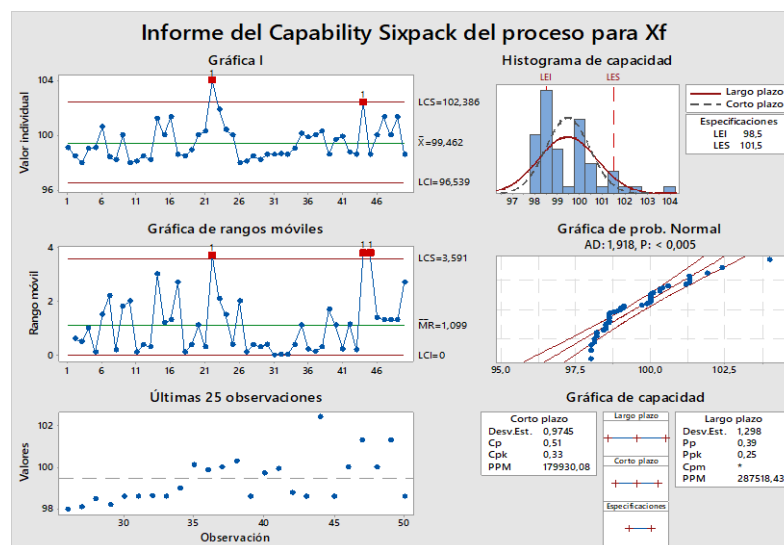
*Elaborado por:* Evelin Herrera (2020)

### 10.5.3 Análisis de Capacidad de proceso

- Ancho ala X, Y en AL 100X6 en frio

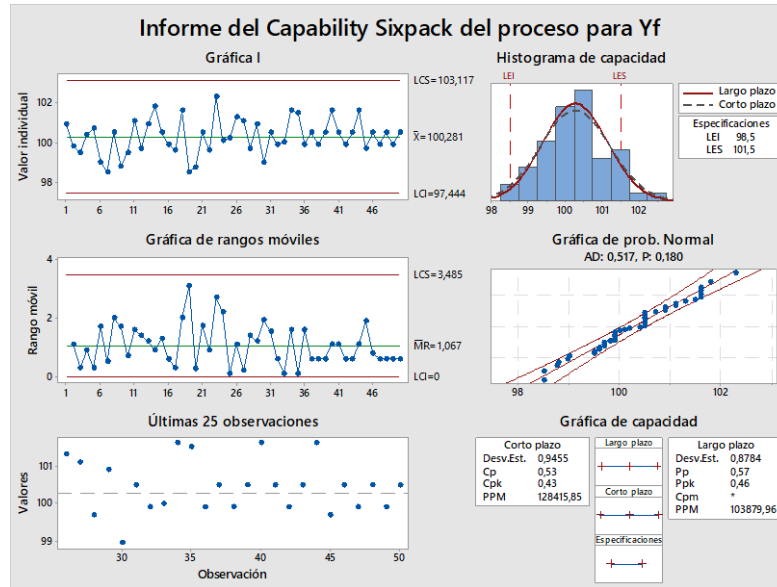
Como se puede observar en la gráfica No.23 y 24 la capacidad de proceso del ala X es de 0,51 en diferencia a la Cp. del ala Y que es de 0,53, este valor es más alto debido a que los rodillos del material se entrenan a este lado permitiendo así un mejor ajuste y control. Sin embargo, el promedio de ambas capacidades es de 0,52 y se conoce que en todo proceso cuando la capacidad de proceso es mayor a 1 el proceso está controlado, caso contrario hay que mejorar y en este caso este índice nos indica que hay que buscar soluciones de tal manera que ayuden a controlar de mejor manera el proceso para que el producto terminado sea acorde a lo que menciona la norma.

**Gráfico 23:** Capacidad de proceso en ancho ala X de AL 100X6 en frio



*Elaborado por:* Evelin Herrera (2020)

**Gráfico 24:** Capacidad de proceso en ancho ala Y de AL 100X6 en frio

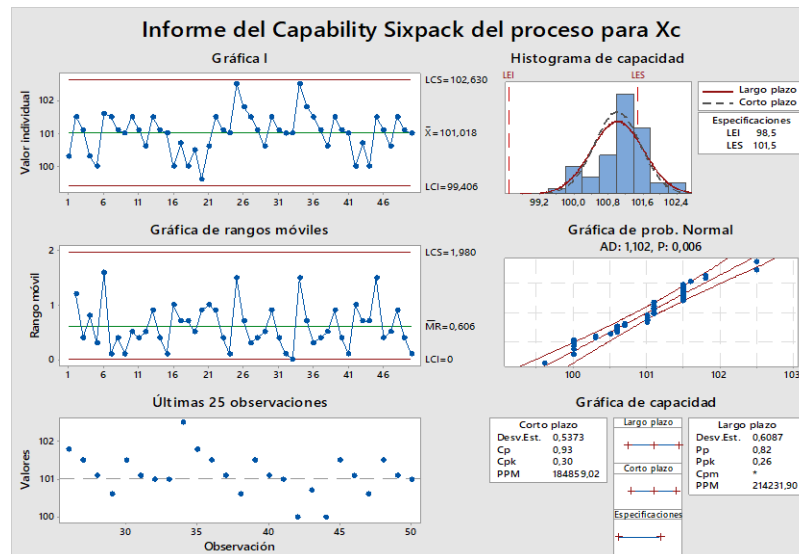


Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

• **Ancho ala X, Y en AL 100X6 en caliente**

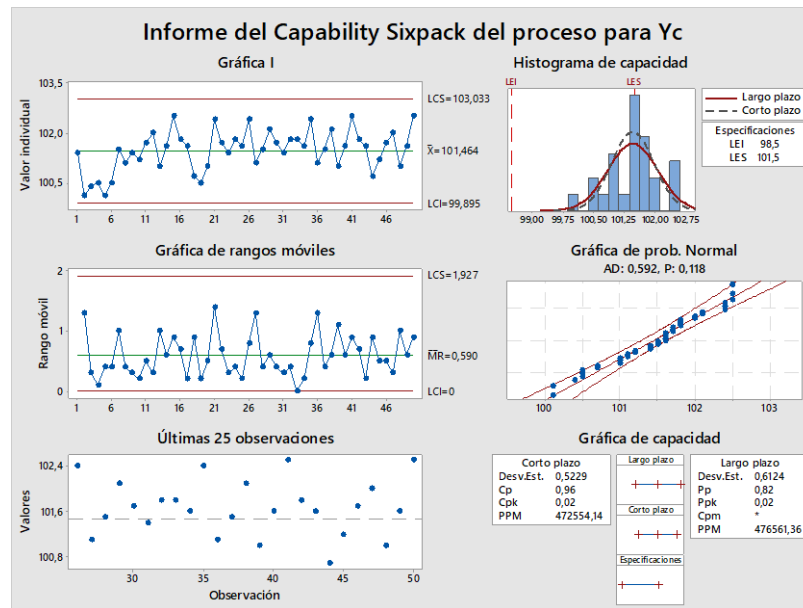
Como se puede observar en la *Figura No.25 y 26* la capacidad de proceso en promedio de ambas alas es de 0,95, demostrando de esta manera que en referencia a los datos de frio el proceso está controlado, pero la capacidad de proceso debe dar este valor cuando el producto se haya enfriado, ya que el producto se debe garantizar su dimensionamiento estando frio, de tal manera que no se tenga perdidas por producto no conforme, con dimensionamiento fuera de especificaciones.

**Gráfico 25:** Capacidad de proceso en ancho ala X de AL 100X6 en caliente



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

**Gráfico 26:** Capacidad de proceso en ancho ala Y de AL 100X6 en caliente



Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

#### 10.5.4 Resumen de capacidad de proceso entre caliente y frio de AL100X6

Como se pudo evidenciar aparentemente el proceso está mejor controlado en caliente antes que en frio, razón por la cual se obtiene producto no conforme ya que, si el producto estando en caliente cumple con el dimensionamiento que emite la norma, entonces una vez que se enfrí se obtendrá producto fuera de norma ya que el acero tiende a dilatarse cuando está expuesto al calor.

**Tabla 19:** Resumen de capacidad de proceso AL 100X6

<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>CALIENTE</b>	<b>FRIO</b>
<b>ANCHO ALA X</b>	<b>Media</b>	<b>101,018</b>	<b>99,462</b>
	<b>Desviación estándar a largo plazo</b>	<b>0,6087</b>	<b>1,298</b>
	<b>Cp.</b>	<b>0,93</b>	<b>0,51</b>
<b>ANCHO ALA Y</b>	<b>Media</b>	<b>101,464</b>	<b>100,281</b>
	<b>Desviación estándar a largo plazo</b>	<b>0,5229</b>	<b>0,8784</b>
	<b>Cp.</b>	<b>0,96</b>	<b>0,53</b>

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

### 10.5.5. Análisis de pérdidas en AL 100

Como se puede observar en la tabla No. 20, se puede observar los datos iniciales de la palanquilla que se utiliza para empezar a dar seguimiento desde el inicio del proceso hasta que se convierte en producto terminado.

La palanquilla por lo general tiene una longitud aceptable que va desde los 4300 a 4500, mismas que son liberadas si cumple con las características que emite la norma de la tabla No.6. en el proceso si la palanquilla sale de 4520 contiene una pérdida de 5,2 % a nivel de todo el proceso, no es representativo, pero sin embargo es pérdida y de alguna manera Se debería de buscar la manera de estandarizar las medidas de palanquilla.

**Tabla 20: Análisis de pérdidas**

Palanquilla	constante	longitud del trozo a laminar	peso del trozo de palanquil	Perdida en proceso	peso de producto en la
Microaleada	131,70	4520,0	595,2840	5,2	564,3292
Microaleada	131,70	4150,0	546,5550	5	519,2273

*Fuente:* (Changoluisa, 2020)

Para la fabricación del Angulo se utiliza ambos tipos de palanquilla que se encuentran especificados en la Tabla No.6, y cada una representa un grado que contiene propiedades diferentes.

**Tabla 21: Características del producto AL100**

producto	dimensio n	longitud	peso por unidad	longitud de la barra	% variacion de peso	longitud en la mesa	Unidades enteras de
AL	100,0	8,00	72,707	6,03	-3,6	48,54557	8
AL	101,0	7,70	70,819	6,03	0,0	44,21038	7

*Fuente:* (Changoluisa, 2020)

cómo se puede apreciar en la Tabla No.21 depende de la longitud de la palanquilla para que salga en número de unidades correspondientes al material que se fabrique como por ejemplo el Angulo de 100 que como se puede observar en una palanquilla de 4520 metros dio un total

de 8 ángulos enteros o barras, en diferencia de la otra palanquilla de 4150 metros misma que solo producido 7 unidades.

**Tabla 22: Longitud y peso AL 100**

longitud del despunte	Unidades por corte en la	Longitud de barra en la	Numero de cortes en la	Excedencia de corte en	Longitud del ultimo corte en	Producto terminado
0,005569	5	30,45	1	0,3	18,09557	578,8
1,700385	5	30,45	1	0,3	13,76038	493,3

*Fuente:* (Changoluisa, 2020)

Al momento que las barras salen a la mesa de enfriamiento luego son transportadas a una cortadora misma que le da la longitud sea de 6, 10 o 12 metros, eso depende únicamente de la producción y de los requerimientos de clientes, luego una vez cortadas las barras se obtienen los despuntes mismos que son los sobrantes y son enviados al patio de chatarra para reprocesos, solo aquí por cada barra se obtiene una pérdida por cada barra cortada.

**Tabla 23: Perdidas en AL 100**

perdida	Producto terminado o sin	Perdida sin rendimiento	Perdida estimada en el	Perdida por exceden	Perdida por longitud
2,775	558,0	6,265	0,011	0,586	0,469
9,750	493,3	9,750	3,654	0,645	0,451

*Fuente:* (Changoluisa, 2020)

### 10.5.6 Comprobación de hipótesis

A continuación, se muestra una lista de los defectos que más sobre salen en la línea de laminación tren 2, y a su vez el área específica que provoca el daño y como se puede solucionarlo.

los defectos alas desiguales, torcidos, y fuera de especificación son defectos que dependen directamente del tren acabador, conjuntamente con las casetas adecuadas dependiendo del material que se vaya a fabricar, ya que estas deben estar correctamente ubicadas y calibradas de tal manera que el producto salga recto y dentro de las especificaciones físicas que le

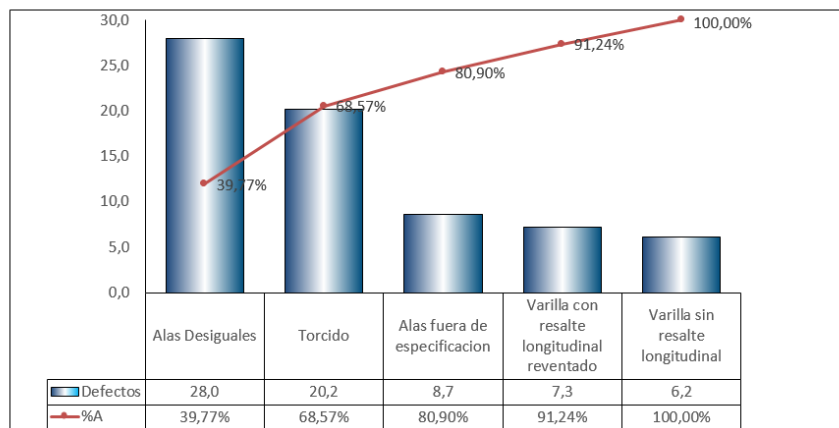


corresponden al producto. La única manera de cambiar esta metodología es estandarizando los procesos del tren 2 de tal manera que evite que el tren de descalibre fácilmente y así se lograría evitar gastos de tiempo, dinero, mano de obra, ya que cada vez que se va a cambiar de producto se debe cambiar la matricería y esto tiene una duración de 8 a 12 horas ya que se debe comprobar que todo el tren este correctamente calibrado para poder empezar con la producción del material correspondiente.

A continuación, la siguiente *Figura No.27* corresponde a un análisis de defectos producidos en las diferentes áreas de laminación, en la cual se puede observar que el Angulo con el defecto Dimensiones Fuera de Especificación (Alas Desiguales) es la que encabeza la mayor no conformidad de la producción.

**Gráfico 27:** Diagrama de Pareto de defectos de las áreas

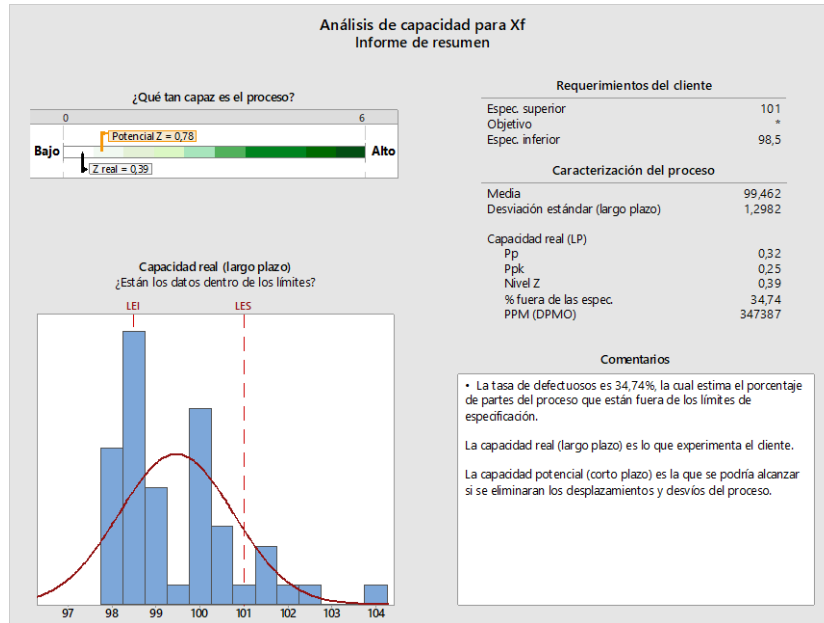
1	Alas Desiguales	28,0	39,8%	39,8%
2	Torcido	20,2	28,8%	68,6%
3	Alas fuera de especificacion	8,7	12,3%	80,9%
4	Varilla con resalte longitudinal reventado	7,3	10,3%	91,2%
5	Varilla sin resalte longitudinal	6,2	8,8%	100,0%
		70,3		



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

Como se puede identificar en la *Figura No.26* el porcentaje estimado de pérdidas es de 34,74% debido a que el producto terminado no está cumpliendo con las medidas que emite la norma 2224, y claramente este producto terminado sería liberado como producto no conforme y enviado a reproceso o liberado como material de segunda.

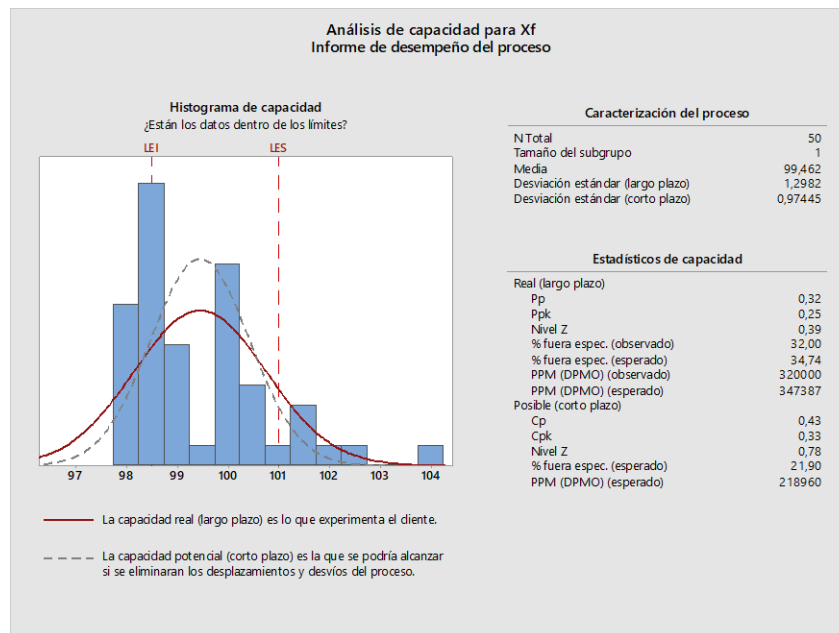
**Gráfico 28: Análisis de capacidad con cálculo de % de defecto en AL100X6**



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

En la siguiente Figura No.27 claramente se puede identificar que el proceso necesita ser reajustado de tal manera que todos los límites queden del rango permisible por la norma para así evitar las no conformidades.

**Gráfico 29: Análisis de desempeño del proceso**



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

#### 10.5.4. Método nuevo “CARTA DE CONTROL” en AL100X6

La nueva carta de control cuenta con nuevos límites que se definió tomando en cuenta los datos obtenidos, de tal manera que se pueda garantizar el dimensionamiento una vez que el producto este en la mesa de empaquetado, es decir totalmente frío.

El promedio de variabilidad que existe entre el producto de frío a caliente es de 1,36 eso quiere decir que esta es la diferencia en mm cuando el producto cambia de un estado a otro. Como se observa el Anexo No.15

Tomando en cuenta los datos obtenidos en caliente se procedió a calcular los nuevos límites donde

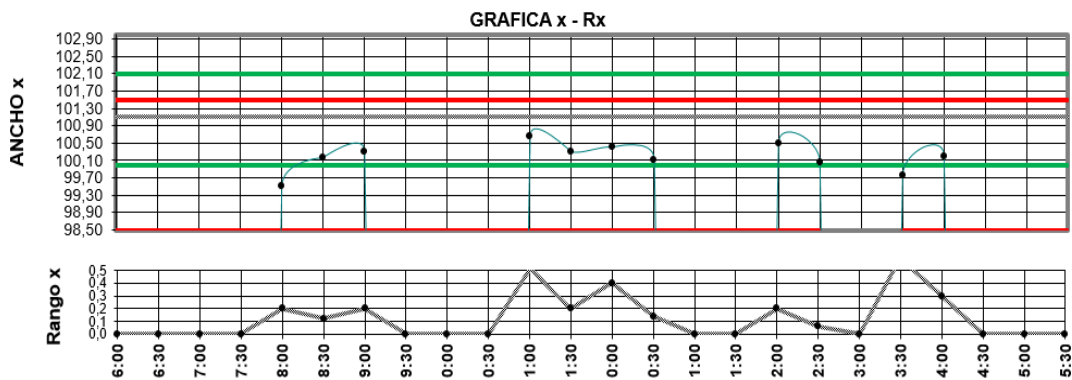
**Tabla 24: Límites de control**

TOLERANCIA MAXIMA	TOLERANCIA MÍNIMA	LCS	LCI	LC
101,5	98,5	102,10	100	101,10

*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

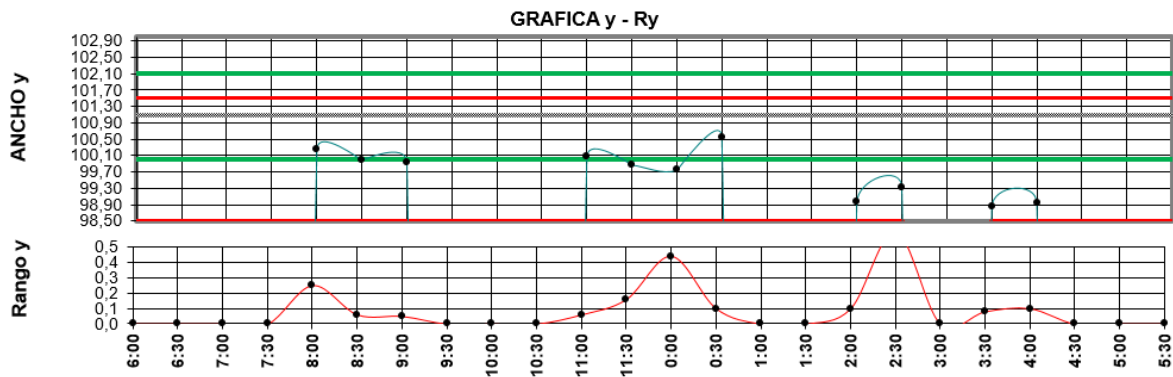
En este caso la tolerancia máxima se mantiene ya que el objetivo de crear esta carta de control es sacar el producto dentro de los límites aceptables recién cálculos de tal manera que una vez que el producto se encuentre frío, esta tienda a endurearse para finalmente quedar en los límites establecidos por la norma INEN 2224

**Gráfico 30: Gráfica de límites de control en caliente X -RX**



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

**Gráfico 31: Grafica de límites en caliente Y-RX**



*Elaborado por: Evelin Herrera (2020)*

La Figura No.30 y 31 demuestra los límites de control donde deben encontrarse los datos que se recolecten a lo largo del programa de producción mismos que están marcados con una línea verde, la tolerancia máxima permitida en de acuerdo a los limites definidos en frio están marcados de color rojo de tal manera que una vez que el producto se enfrié, este cumpla con los limites emitidos por la norma, adicional cabe mencionar que los datos fueron cálculos en base a la variabilidad que existe de un estado a otro (caliente/frio) donde todos y cada uno de los datos tomados fueron indispensables para la definición de los límites.

Y finalmente se modificó la carta de control con los nuevos límites donde únicamente se tomó en consideración el ancho de las alas de ángulos ya que es la única parte que se requiere controlar debido a la alta variabilidad que existe al momento de cambiar de un estado a otro. La nueva carta de control se muestra en el Anexo No.16.

#### **10.5.5. Capacitación de la nueva Carta de control**

Se realizo la capacitación como muestra el Anexo No.10 sobre la nuevo carta de control a cada uno de los inspectores de turno, donde se pudo mostrar de qué manera se debe ingresar los datos, así como también la toma de muestras que debería de ser cada 30 minutos apenas el producto salga a la mesa de enfriamiento, cabe mencionar que la carta de control aún no se la va a implementar, ya que el presente proyecto es únicamente un estudio y análisis de cómo actuar ante los inconvenientes que presenta el área.

## **11.IMPACTOS**

Los impactos de este proyecto de investigación son principalmente para el área tren 2 de laminación en Novacero S.A. Planta Lasso, debido a que el estudio está centrado únicamente en esa área y en dos productos específicos como son ángulos y pletinas.

### **11.1 Impacto Técnico**

El impacto técnico que genera este proyecto se da por las herramientas utilizadas para el control del área ya que gracias a ellas se puede obtener datos, controlarlo y mejorarlos, así mismo el proceso del tren 2 busca una mejora continua sobre las pérdidas que genera a diferencia de las demás áreas, factores que serán controlados si se denominan claramente y se logra controlar cada uno de ellos de tal manera que ayude a generar menos pérdidas a nivel del área, cabe mencionar que los métodos aplicados han sido de gran utilidad para lograr permitir una cifra estimada entre las pérdidas y defectos que más sobre salen en el área.

### **11.2 Impacto económico**

Al definir las herramientas adecuadas para el control estadístico dentro de perfiles laminados en caliente, se lograra reducir la cantidad de pérdidas dentro del área debido a que si se aplica el método de generar una carta de control donde la recolección de datos sea apenas salga el producto a la mesa de enfriamiento, es decir aun estando a altas temperaturas de entre 60 y 70 ° C. de tal manera que una vez que se enfríe, las medidas sean no muy alejadas de la media, y así conseguir que los productos cumplan con la norma, de esta manera se evitara enviar producto no conforme a reprocesos.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 25: Presupuesto del proyecto

RECURSOS		PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
		CANTIDAD	UNIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
<b>Equipo</b>	Calibrador pie de rey	1	Unidad	-	0
	Metro	1	Unidad	-	0
	Cinta métrica	1	Unidad	-	0
	pinzas de sujeción	1	Unidad	-	0
	mascarilla	10	Unidad	-	0
	Guantes	3	Unidad	-	0
<b>Transporte y salida de campo</b>	Lasso destino planta novacero	120	Viajes	0,55	66
	Lasso Retorno	120	Viajes	0,55	66
<b>Materiales y suministros</b>	Internet	200	Horas	0,7	140
	impresiones B/N	40	Hojas	0,05	2
	Impresiones a color	40	Hojas	0,2	8
	Anillado	2	Copias	1,25	2,5
<b>Materiales bibliográficos y fotocopias</b>	libros	2	Ejemplares	2	4
<b>Gastos varios</b>	Alimentación	140	Almuerzos	-	0
<b>SUB TOTAL</b>					288,5
<b>10%</b>					28,85
<b>TOTAL</b>					317,35

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1 CONCLUSIONES

- Como se puede evidenciar en este proyecto, en la empresa NOVACERO existen productos que pueden ser difíciles de fabricar por lo cual gracias a esto las medidas que se pretende fabricar a veces no se las puede cumplir gracias a la variabilidad que existe en todo proceso por lo que no todos los productos se van a parecer siempre variara o cambiara algo dentro de los mismos
- El tren 2 es el área más difícil de controlar de planta Lasso NOVACERO de tal manera que los trabajadores están expuestos todo el tiempo a realizar sobre esfuerzo debido a lo complicado que puede ser esta área.
- La variabilidad que existe en este proceso es alta pero sobre todo en la fabricación de ángulos ya que poseen dos alas que deben tener el dimensionamiento correcto, existen varios problemas en la misma debido a que siempre un ala presentara más problemas que la otra como por ejemplo la comparación entre AL100X6 ala X tiene un valor de 1,066 en la media y el ala Y 0,082, esto se da gracias a que al momento de fabricar el un lado siempre estará alado del motor y esto provoca que no esté centrado correctamente los stands en donde ingresan las barras para transformarse en ángulos.
- Adicional la variabilidad se demuestra que pueden ser por causas comunes, como e
- Las perdidas en el tren 2 por defectos de alas desiguales 28%, torcidas 20%, fuera de especificación 8, 7% son todas ellas enviados a reprocesos, como se pudo observar en el análisis de perdidas. Las pérdidas se van generando desde el inicio del proceso, es decir, desde palanquilla hasta terminar en producto terminado donde todo esto se controlaría si el tren estuviera correctamente calibrado.
- La calibración del tren es importante al momento de fabricar cualquier producto ya que depende de ello para garantizar que el producto terminado contenga todas las características que exige la norma.

### 13.2 RECOMENDACIONES

- Este proyecto se enfocó únicamente en el estudio, sería factible que alguien más continúe con este estudio de tal manera que pueda probarlo e implementarlo para evitar los reprocesos y pérdidas en el área.
- En la calibración del tren 2, sería importante tratar de estandarizarlo debido a que de esa manera sería mucho más fácil controlar el producto durante su transformación.
- Tren 2 es un área importante al igual que todas por tan motivo se debería poner a cargo a personas que tengan conocimiento más amplio sobre cómo actuar y controlar el área.



#### **14. BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarez, B. J. (2012). *Control estadístico de procesos*. Caracas.
- Buenrostro, E. (1996). *Control de la Calidad a su alcance*. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 708.
- Carro, P. R., & Gonzalez, G. D. (2014). *Productividad y competitividad*. Argentina: Universidad Nacional del Mar de Plata.
- Changoluisa, C. (2020). *Control estadístico del proceso de fabricación de perfiles en la empresa Novacero Planta Lasso*. Quito: Universidad de las fuerzas armadas ESPE.
- Galindo, M., & Ríos, V. (2015). *Productividad” en Serie de Estudios Económicos, Vol. 1. Mexico ¿como vamos?, 10*.
- Gutiérrez, S. (Valladolid de Agosto de 2014 de 2014). *Control de Calidad en la Industria*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13153/TFG-I-174.pdf;jsessionid=5049061B3384B82496655CC7FB3EF92D?sequence=1>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 2215:2012; Perfiles de acero laminados en caliente*. Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización 2215. (2012). *Perfiles de acero laminados en caliente*. Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización 2222. (2012). *Barras cuadradas, redondas y pletinas de acero laminadas en caliente*. Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización 2224. (2013). *Perfiles angulares estructurales de acero al carbono laminados en caliente*. Ecuador: INEN.
- Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos: Guía de Bolsillo con las Herramientas para el Mejoramiento*. (1990).
- NOVACERO. (20 de Abril de 2019). Obtenido de <http://www.novacero.com/catg-producto/category/15-archivos-de-descarga.html>
- Perez, C. (1999). *Control estadístico de la calidad. teoría*. Mexico: Alfaomega.
- Qualiplus. (2004). *Manual Qualiplus excelencia Empresarial*.
- Rodrigo, B. (2017). *Monitoreo y análisis estadístico de procesos con aplicaciones*. Universidad de Norte.
- Rojas, A. (Marzo 2006). *CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS*. Madrid - España: Universidad Pontificia Comillas Madrid.
- Ruiz, R. A. (Marzo 2006). *Control estadístico de procesos*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas Madrid.

S.A., N. (2019).

Tafolla, H. (2000 ). *Estandarización y Globalización. SEGMENTO, Nro. 6, Instituto Autonomo de Mexico.*

TECNICAS, I. U. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad. Montevideo - Uruguay.*

Verdoy, P., Mahiques, J., & Pellicer, S. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones. Publicacions de la Universitat Jaume I.*

Victor, P. Y. (14 de Septiembre de 2015). *Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/09/14/causas-de-variabilidad-de-un-proceso/>*

# **ANEXOS**

*Anexo No. 1 Cuadro de defectos del tren 2*



*Fuente: (NOVACERO, 2019)*

*Anexo No. 2 Elementos de los stands cilindros*



*Fuente: (NOVACERO, 2019)*

**Anexo No. 3 Casetas**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

**Anexo No. 4 Desbaste**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)



*Anexo No. 5 Tren acabador*



*Fuente:* (NOVACERO, 2019)

*Anexo No. 6 Mesa de enfriamiento*



*Fuente:* (NOVACERO, 2019)

**Anexo No. 7 Mesa de empaquetado**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

**Anexo No. 8 Toma de medidas de ancho del Angulo**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

**Anexo No. 9 Toma de medidas de espesor de Angulo de 30x3**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

**Anexo No. 10 Capacitación**



**Fuente:** (NOVACERO, 2019)



**Anexo No. 11 Hoja de liberación de producto terminado**



REGISTRO  
PLANTA LASSO

F-PCLCC.03.03  
Edición: Cero

**CERTIFICADO DE LIBERACION DE PRODUCTO TERMINADO**

GRADO MATERIA PRIMA	A36	MAQUINA	UNIVERSAL 600KN
PROCEDENCIA MATERIA PRIMA	NOVACERO	LUGAR DE ENSAYO	LABORATORIO LASSO
PRODUCTO TERMINADO	PLATINA	FECHA DE REPORTE	22/08/2020
OTE	L220218	LINEA DE PRODUCCION	TREN 2
PROVEEDOR / PROCEDENCIA	NOVACERO S.A.	PAGINA	1
FORMA DE ENSAYO	ISO 6892-1	LOCALIDAD	PLANTA LASSO
FORMA DE PRODUCTO	NEN 222:2012		

Numero Solicitud	Lote de Produccion	Fecha Prod.	Denominacion	Identificacion de la Muestra	L.M.P. Colada	Muestra	Turno	Re (Mpa)	Rm (Mpa)	A%	Ancho	Espesor	Producto Conforme	Observaciones
L013600	L220218	05/08/2020	PL 50 x 9	16	38797	1	2	331	470	52	49.74	8.74	Aprobado	
L013601	L220218	05/08/2020	PL 50 x 9	17	38797	2	2	334	466	52	49.80	8.73	Aprobado	
L013609	L220218	05/08/2020	PL 50 x 9	18	38796	1	1	342	462	49	49.91	8.78	Aprobado	
L013610	L220218	05/08/2020	PL 50 x 9	19	38796	2	1	325	456	49	49.98	8.74	Aprobado	
L014113	L220218	05/08/2020	PL 50 x 9	20	38797	3	2	0	0	0	0.00	0.00	Rechazado	DEFECTO= AP38


Re = Limite de Fluencia  
Rm = Resistencia a la Traccion  
A% = Elongacion Porcentual Luego de la Ruptura

EFRAIN VEGA  
Liberado por:  
INSPECTOR DE CALIDAD

PRODUCTO CONFORME  
SI NO


**Fuente:** (NOVACERO, 2019)

Anexo No. 12 Recolección de datos AL 30X3

			REGISTRO DE DATOS DIMENSIONALES				F-RD.CC			
			CONTROL DE CALIDAD				FECHA DE INICIO: 16/10/2019			
N°	PRODUCTO	COLADA	TURNO	CALIENTE			FRIO			
				ANCHO		ESPESOR	ANCHO		ESPESOR	
				Xc	Yc		Xf	Yf		
1	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,88	29,8	2,86	29,61	29,52	2,9	
2	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,84	29,99	2,88	29,59	29,64	2,9	
3	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,8	29,72	2,9	29,68	29,52	2,9	
4	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,78	29,92	2,9	29,63	29,64	2,9	
5	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,88	29,88	2,9	29,62	29,55	2,9	
6	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,9	29,84	2,9	29,66	29,49	2,9	
7	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,82	29,98	2,86	29,67	29,59	2,9	
8	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,8	29,94	2,9	29,6	29,64	2,9	
9	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,86	29,72	2,9	29,72	29,57	2,9	
10	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,82	29,78	2,9	29,54	29,79	2,9	
11	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,92	29,86	2,9	29,58	29,64	2,9	
12	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,9	29,76	2,9	29,44	29,56	2,9	
13	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,88	30,04	2,9	29,61	29,72	2,9	
14	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,82	29,8	2,9	29,78	29,42	2,9	
15	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,86	30	2,9	29,68	29,58	2,9	
16	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,89	29,72	2,9	29,7	29,64	2,9	
17	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,8	30,08	2,9	29,56	29,84	2,9	
18	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,88	29,82	2,9	29,57	29,64	2,9	
19	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,84	29,86	2,9	29,63	29,72	2,9	
20	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,88	29,78	2,9	29,45	29,68	2,9	
21	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,84	29,94	2,9	29,58	29,7	2,9	
22	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,72	29,98	2,9	29,48	29,6	2,9	
23	AL 30 X 3	36993	HIDALGO	29,85	29,94	2,9	29,55	29,66	2,9	
24	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,92	29,94	2,9	29,7	29,74	2,9	
25	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30	30,04	2,9	29,65	29,75	2,9	
26	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	30	2,9	29,68	29,86	2,9	
27	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,94	30,1	2,9	29,82	29,7	2,9	
28	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	29,98	2,9	29,92	29,74	2,9	
29	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,96	29,92	2,9	29,75	29,77	2,9	
30	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,84	29,88	2,9	29,68	29,79	2,9	
31	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30	30,02	2,9	29,72	29,83	2,9	
32	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	30	2,9	29,83	29,75	2,9	
33	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,98	30	2,9	29,87	29,86	2,9	
34	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,94	29,98	2,9	29,95	29,69	2,9	
35	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,84	29,3	2,9	29,8	29,53	2,9	
36	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30	30,02	2,9	29,85	29,89	2,9	
37	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,88	29,88	2,9	29,74	29,8	2,9	
38	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,9	30	2,9	29,93	29,69	2,9	
39	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30	30,04	2,9	29,87	29,68	2,9	
40	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,98	29,98	2,9	29,7	29,69	2,9	
41	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,98	29,88	2,9	29,77	29,66	2,9	
42	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,92	29,86	2,9	29,77	29,63	2,9	
43	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	29,8	2,9	29,77	29,47	2,9	
44	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,98	29,82	2,9	29,85	29,51	2,9	
45	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,92	29,86	2,9	29,88	29,65	2,9	
46	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	29,8	2,9	29,72	29,69	2,9	
47	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,82	29,82	2,9	29,71	29,68	2,9	
48	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,04	30	2,9	29,65	29,46	2,9	
49	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	29,92	29,84	2,9	29,99	29,56	2,9	
50	AL 30 X 3	36406	HIDALGO	30,02	29,98	2,9	29,69	29,62	2,9	


Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

Anexo No. 13 Recolección de datos AL 40X4

				REGISTRO DE DATOS DIMENSIONALES			F-RD.CC		
				CONTROL DE CALIDAD			FECHA DE INICIO: 16/10/2019		
N°	PRODUCTO	COLADA	TURNO	CALIENTE			FRIO		
				ANCHO		ESPESOR	ANCHO		ESPESOR
				Xc	Yc		Xf	Yf	
1	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,60	3,90	39,50	39,44	3,90
2	AL 40 X 4	36004	PILA	39,40	39,50	3,90	39,30	39,46	3,90
3	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	40,60	3,90	39,70	39,60	3,90
4	AL 40 X 4	36004	PILA	39,48	39,30	3,90	40,00	39,20	3,90
5	AL 40 X 4	36004	PILA	40,10	40,40	3,90	39,40	39,50	3,90
6	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,60	3,90	39,70	39,56	3,90
7	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,70	3,90	39,30	39,52	3,90
8	AL 40 X 4	36004	PILA	40,20	40,16	3,90	40,00	39,70	3,90
9	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	40,00	3,90	39,70	39,50	3,90
10	AL 40 X 4	36004	PILA	40,20	39,30	3,90	39,70	39,18	3,90
11	AL 40 X 4	36004	PILA	40,10	39,62	3,90	39,80	39,50	3,90
12	AL 40 X 4	36004	PILA	40,70	39,58	3,90	39,70	39,40	3,90
13	AL 40 X 4	36004	PILA	40,40	39,30	3,90	39,40	40,20	3,90
14	AL 40 X 4	36004	PILA	40,10	40,40	3,90	39,18	40,10	3,90
15	AL 40 X 4	36004	PILA	40,40	39,60	3,90	39,42	39,80	3,90
16	AL 40 X 4	36004	PILA	40,00	39,70	3,90	39,70	39,50	3,90
17	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,30	3,90	39,20	40,50	3,90
18	AL 40 X 4	36004	PILA	39,90	39,62	3,90	39,60	39,50	3,90
19	AL 40 X 4	36004	PILA	39,90	39,58	3,90	39,40	39,80	3,90
20	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,30	3,90	39,80	40,20	3,90
21	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	39,40	3,90	39,60	39,90	3,90
22	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	39,60	3,90	39,42	39,80	3,90
23	AL 40 X 4	36004	PILA	40,30	39,70	3,90	39,70	39,50	3,90
24	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	39,30	3,90	39,20	40,50	3,90
25	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,62	3,90	39,60	39,50	3,90
26	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,58	3,90	39,40	39,80	3,90
27	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	39,30	3,90	39,80	40,20	3,90
28	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	39,40	3,90	39,60	39,90	3,90
29	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,60	3,90	39,42	39,80	3,90
30	AL 40 X 4	36004	PILA	40,40	39,70	3,90	39,70	39,50	3,90
31	AL 40 X 4	36004	PILA	39,50	39,30	3,90	39,20	40,50	3,90
32	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,62	3,90	39,60	39,50	3,90
33	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	39,58	3,90	39,40	39,80	3,90
34	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,30	3,90	39,80	40,20	3,90
35	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	39,40	3,90	39,60	39,90	3,90
36	AL 40 X 4	36004	PILA	40,20	40,16	3,90	40,00	39,70	3,90
37	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	40,00	3,90	39,70	39,50	3,90
38	AL 40 X 4	36004	PILA	40,20	39,30	3,90	39,70	39,18	3,90
39	AL 40 X 4	36004	PILA	40,10	39,62	3,90	39,80	39,50	3,90
40	AL 40 X 4	36004	PILA	40,70	39,58	3,90	39,70	39,40	3,90
41	AL 40 X 4	36004	PILA	40,40	39,30	3,90	39,40	40,20	3,90
42	AL 40 X 4	36004	PILA	40,10	40,40	3,90	39,18	40,10	3,90
43	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	39,60	3,90	39,42	39,80	3,90
44	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,70	3,90	39,70	39,50	3,90
45	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,30	3,90	39,20	40,50	3,90
46	AL 40 X 4	36004	PILA	39,70	39,62	3,90	39,60	39,50	3,90
47	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,58	3,90	39,40	39,80	3,90
48	AL 40 X 4	36004	PILA	40,30	39,30	3,90	39,80	40,20	3,90
49	AL 40 X 4	36004	PILA	39,80	39,40	3,90	39,60	39,90	3,90
50	AL 40 X 4	36004	PILA	39,60	39,60	3,90	39,50	39,44	3,90

Elaborado por: Evelin Herrera

Anexo No. 14 Recolección de datos AL 100X6

			REGISTRO DE DATOS DIMENSIONALES				F-RD.CC			
			CONTROL DE CALIDAD				FECHA DE INICIO: 16/10/2019			
N°	PRODUCTO	COLADA	TURNO	CALIENTE			FRIO			
				ANCHO		ESPESOR	ANCHO		ESPESOR	
				Xc	Yc		Xf	Yf		
1	AL 100X6	35993	1	100,3	101,4	6,12	99,1	100,9	6,08	
2	AL 100X6	35993	1	101,5	100,1	6,1	98,5	99,8	6,07	
3	AL 100X6	35993	1	101,1	100,4	6,12	98,01	99,5	6,08	
4	AL 100X6	35993	1	100,3	100,5	6,1	99	100,4	6,09	
5	AL 100X6	35993	1	100	100,1	6,74	99,1	100,7	6,07	
6	AL 100X6	35993	2	101,6	100,5	6,9	100,6	99	6,07	
7	AL 100X6	35993	2	101,5	101,5	6,98	98,4	98,5	6,08	
8	AL 100X6	35993	2	101,1	101,1	6,8	98,2	100,5	6,07	
9	AL 100X6	35993	2	101	101,4	6,8	100	98,8	6,07	
10	AL 100X6	35993	2	101,5	101,2	6,7	98	99,5	6,07	
11	AL 100X6	35993	2	101,1	101,7	6,7	98,1	101,1	6,07	
12	AL 100X6	35993	2	100,6	102	6,8	98,5	99,7	6,08	
13	AL 100X6	35993	2	101,5	101	6,8	98,2	100,9	6,09	
14	AL 100X6	35993	2	101,1	101,6	6,2	101,2	101,8	6	
15	AL 100X6	35993	2	101	102,5	6,2	100	100,5	6	
16	AL 100X6	35993	2	100	101,8	6,2	101,3	99,9	6	
17	AL 100X6	35993	2	100,7	101,6	6,2	98,6	99,6	6	
18	AL 100X6	35993	2	100	100,7	6,2	98,5	101,6	6	
19	AL 100X6	35993	2	100,5	100,5	6,2	98,9	98,5	6	
20	AL 100X6	35993	2	99,6	101	6,2	100	98,76	6	
21	AL 100X6	35993	2	100,6	102,4	6,3	100,3	100,5	6	
22	AL 100X6	35993	2	101,5	101,7	6,3	104	99,6	6	
23	AL 100X6	35993	2	101,1	101,4	6,3	101,9	102,3	6	
24	AL 100X6	35993	2	101	101,8	6,22	100,4	100,1	6	
25	AL 100X6	35993	2	102,5	101,6	6,8	100	100,2	6,07	
26	AL 100X6	35993	2	101,8	102,4	6,8	98	101,3	6,08	
27	AL 100X6	35993	2	101,5	101,1	6,7	98,1	101,1	6,07	
28	AL 100X6	35993	2	101,1	101,5	6,7	98,5	99,7	6,08	
29	AL 100X6	35993	2	100,6	102,1	6,3	98,2	100,9	6,09	
30	AL 100X6	35993	2	101,5	101,7	6,3	98,6	98,97	6	
31	AL 100X6	35993	2	101,1	101,4	6,3	98,6	100,5	6	
32	AL 100X6	35993	2	101	101,8	6,3	98,63	99,9	6	
33	AL 100X6	35993	2	101	101,8	6,3	98,6	100	6	
34	AL 100X6	35993	2	102,5	101,6	6,3	99	101,6	6	
35	AL 100X6	35993	2	101,8	102,4	6,3	100,1	101,5	6,07	
36	AL 100X6	35993	2	101,5	101,1	6,3	99,87	99,9	6,08	
37	AL 100X6	35993	2	101,1	101,5	6,3	100	100,5	6,07	
38	AL 100X6	35993	2	100,6	102,1	6,22	100,3	99,9	6,08	
39	AL 100X6	35993	2	101,5	101	6,8	98,6	100,5	6,07	
40	AL 100X6	35993	2	101,1	101,6	6,3	99,7	101,6	6,08	
41	AL 100X6	35993	2	101	102,5	6,22	99,93	100,5	6,09	
42	AL 100X6	35993	2	100	101,8	6,3	98,78	99,9	6,09	
43	AL 100X6	35993	2	100,7	101,6	6,3	98,6	100,5	6	
44	AL 100X6	35993	2	100	100,7	6,22	102,4	101,6	6	
45	AL 100X6	35993	2	101,5	101,2	6,8	98,6	99,7	6	
46	AL 100X6	35993	2	101,1	101,7	6,8	100	100,5	6	
47	AL 100X6	35993	2	100,6	102	6,3	101,3	99,9	6	
48	AL 100X6	35993	2	101,5	101	6,22	100	100,5	6	
49	AL 100X6	35993	2	101,1	101,6	6,8	101,3	99,9	6	
50	AL 100X6	35993	2	101	102,5	6,8	98,6	100,5	6	

Elaborado por: Evelin Herrera

Anexo No. 15 Variabilidad de caliente a frio

N°	PRODUCTO	CALIENTE		FRIO		CALIENTE	FRIO	VARIABILIDAD
		ANCHO		ANCHO		PROMEDIO	PROMEDIO	
		Xc	Yc	Xf	Yf	Xc	Yc	
1	AL 100X6	100,3	101,4	99,1	100,9	100,85	100	0,85
2	AL 100X6	101,5	100,1	98,5	99,8	100,8	99,15	1,65
3	AL 100X6	101,1	100,4	98,01	99,5	100,75	98,755	1,995
4	AL 100X6	100,3	100,5	99	100,4	100,4	99,7	0,7
5	AL 100X6	100	100,1	99,1	100,7	100,05	99,9	0,15
6	AL 100X6	101,6	100,5	100,6	99	101,05	99,8	1,25
7	AL 100X6	101,5	101,5	98,4	98,5	101,5	98,45	3,05
8	AL 100X6	101,1	101,1	98,2	100,5	101,1	99,35	1,75
9	AL 100X6	101	101,4	100	98,8	101,2	99,4	1,8
10	AL 100X6	101,5	101,2	98	99,5	101,35	98,75	2,6
11	AL 100X6	101,1	101,7	98,1	101,1	101,4	99,6	1,8
12	AL 100X6	100,6	102	98,5	99,7	101,3	99,1	2,2
13	AL 100X6	101,5	101	98,2	100,9	101,25	99,55	1,7
14	AL 100X6	101,1	101,6	101,2	101,8	101,35	101,5	-0,15
15	AL 100X6	101	102,5	100	100,5	101,75	100,25	1,5
16	AL 100X6	100	101,8	101,3	99,9	100,9	100,6	0,3
17	AL 100X6	100,7	101,6	98,6	99,6	101,15	99,1	2,05
18	AL 100X6	100	100,7	98,5	101,6	100,35	100,05	0,3
19	AL 100X6	100,5	100,5	98,9	98,5	100,5	98,7	1,8
20	AL 100X6	99,6	101	100	98,76	100,3	99,38	0,92
21	AL 100X6	100,6	102,4	100,3	100,5	101,5	100,4	1,1
22	AL 100X6	101,5	101,7	104	99,6	101,6	101,8	-0,2
23	AL 100X6	101,1	101,4	101,9	102,3	101,25	102,1	-0,85
24	AL 100X6	101	101,8	100,4	100,1	101,4	100,25	1,15
25	AL 100X6	102,5	101,6	100	100,2	102,05	100,1	1,95
26	AL 100X6	101,8	102,4	98	101,3	102,1	99,65	2,45
27	AL 100X6	101,5	101,1	98,1	101,1	101,3	99,6	1,7
28	AL 100X6	101,1	101,5	98,5	99,7	101,3	99,1	2,2
29	AL 100X6	100,6	102,1	98,2	100,9	101,35	99,55	1,8
30	AL 100X6	101,5	101,7	98,6	98,97	101,6	98,785	2,815
31	AL 100X6	101,1	101,4	98,6	100,5	101,25	99,55	1,7
32	AL 100X6	101	101,8	98,63	99,9	101,4	99,265	2,135
33	AL 100X6	101	101,8	98,6	100	101,4	99,3	2,1
34	AL 100X6	102,5	101,6	99	101,6	102,05	100,3	1,75
35	AL 100X6	101,8	102,4	100,1	101,5	102,1	100,8	1,3
36	AL 100X6	101,5	101,1	99,87	99,9	101,3	99,885	1,415
37	AL 100X6	101,1	101,5	100	100,5	101,3	100,25	1,05
38	AL 100X6	100,6	102,1	100,3	99,9	101,35	100,1	1,25
39	AL 100X6	101,5	101	98,6	100,5	101,25	99,55	1,7
40	AL 100X6	101,1	101,6	99,7	101,6	101,35	100,65	0,7
41	AL 100X6	101	102,5	99,93	100,5	101,75	100,215	1,535
42	AL 100X6	100	101,8	98,78	99,9	100,9	99,34	1,56
43	AL 100X6	100,7	101,6	98,6	100,5	101,15	99,55	1,6
44	AL 100X6	100	100,7	102,4	101,6	100,35	102	-1,65
45	AL 100X6	101,5	101,2	98,6	99,7	101,35	99,15	2,2
46	AL 100X6	101,1	101,7	100	100,5	101,4	100,25	1,15
47	AL 100X6	100,6	102	101,3	99,9	101,3	100,6	0,7
48	AL 100X6	101,5	101	100	100,5	101,25	100,25	1
49	AL 100X6	101,1	101,6	101,3	99,9	101,35	100,6	0,75
50	AL 100X6	101	102,5	98,6	100,5	101,75	99,55	2,2
						POMEDIO		
						VARIABILIDAD		1,3695

Elaborado por: Evelin Herrera (2020)

