

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **MEJORA DE PROCESOS EN LA LÍNEA DE ARETES TUBO DE LA EMPRESA ARIN S.A.**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero  
Industrial

**Angela Gabriela Alvaron Romero**

**CÓDIGO: 20061324**

**Asesor**

**Valdez Ampuero Ana Elizabeth**

Lima – Perú

Febrero de 2022



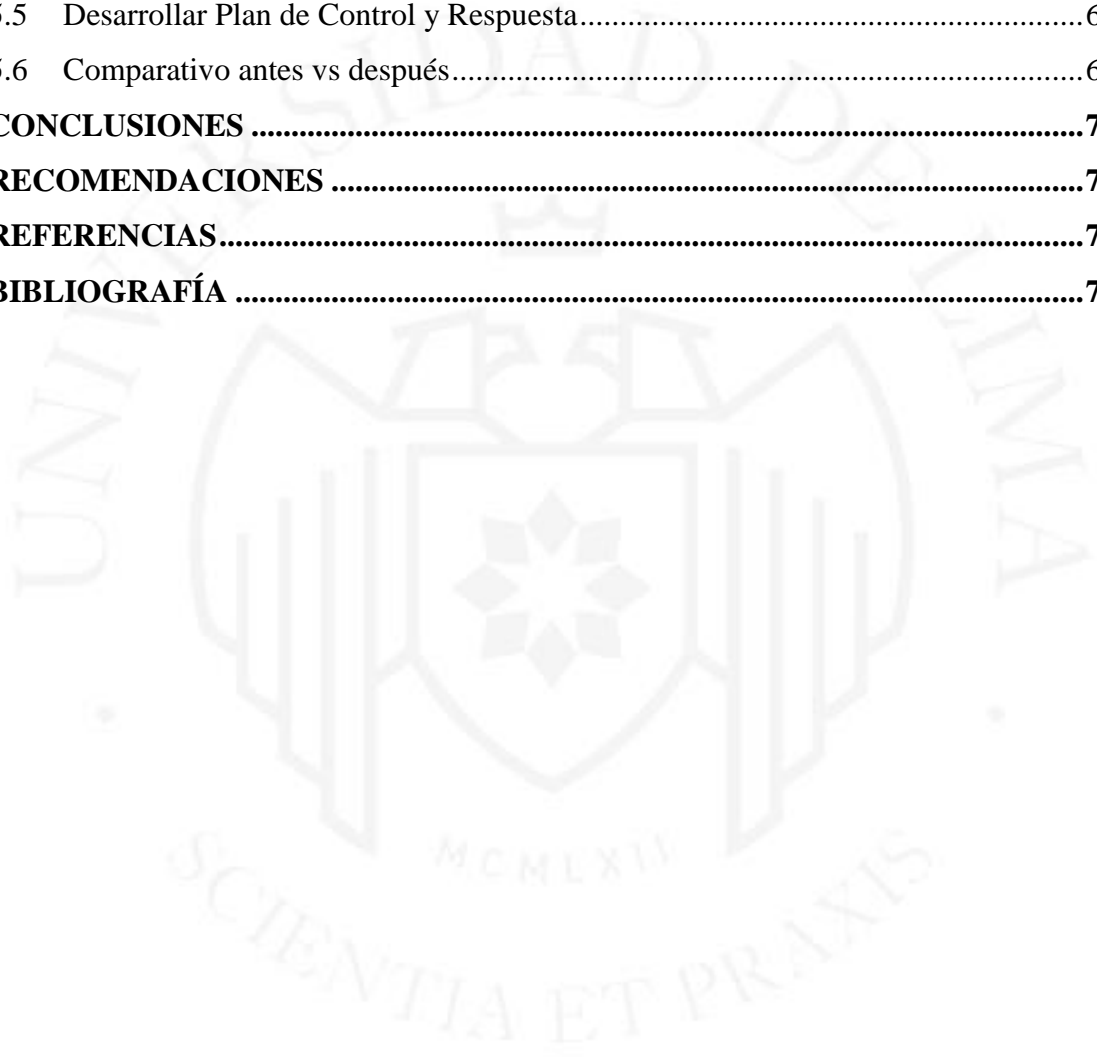


**PROCESS IMPROVEMENT IN THE TUBE  
EARRINGS MANUFACTURING LINE OF  
THE ARIN S.A. COMPANY**

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Breve descripción de la empresa .....	1
1.2 Descripción del sector .....	7
1.2.1 Factores Externos .....	7
1.2.2 Factores Internos .....	8
1.3 Descripción del problema.....	10
1.3.1 Análisis de Atención personalizada para clientes .....	11
1.3.2 Análisis de Nivel de Calidad .....	11
1.3.3 Análisis de Reducir Costos.....	14
<b>CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>17</b>
2.1 Objetivo general .....	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
<b>CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
4.1 Caracterización del proceso.....	24
4.2 Mapa detallado del proceso (KPIV's y KPOV's) .....	28
4.3 Modelo Downtime.....	31
4.4 Plan de recolección de data .....	45
4.5 Exploración de datos (boxplot, valores individuales, histogramas).....	46
4.6 Medida final de tubo.....	49
4.6.1 Medida diámetro exterior .....	50
4.6.2 Espesor de lámina.....	51
4.7 Descripción del desempeño del proceso (Estadística Descriptiva) .....	52
4.8 Análisis de procesos: Estabilidad y Capacidad .....	54
4.9 Análisis FMEA.....	55
4.9.1 Área y sección que pueden causar los Problemas de Peso .....	56
4.9.2 Áreas que detectan los Problemas de Peso:.....	56
4.10 Análisis de relaciones: Correlación y Regresión.....	61

4.11 Acciones de corroboración de causas.....	62
4.12 Determinación de causas raíz .....	63
<b>CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
5.1 Desarrollar Plan de Quick Wins .....	64
5.2 Optimizar el proceso: DOE – Design of Experiments.....	65
5.3 Desarrollar Plan de Mejora (Proyecto PMI).....	65
5.4 Documentar estándares operacionales.....	67
5.5 Desarrollar Plan de Control y Respuesta.....	67
5.6 Comparativo antes vs después.....	69
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Exportaciones 2014 – 2019, Arin S.A., Valor FOB USD .....	2
<b>Tabla 1.2</b>	Lista de fallas o no conformidades ARIN S.A .....	11
<b>Tabla 1.3</b>	Nivel de Calidad externo ARIN S.A. ....	13
<b>Tabla 1.4</b>	Fallas de Quejas o Reclamos – Arin 2019 .....	13
<b>Tabla 1.5</b>	Costo de Calidad de ARIN S.A. (\$).....	15
<b>Tabla 2.1</b>	Matriz VOC ARIN S.A. ....	17
<b>Tabla 2.2</b>	Resultado Multivotación.....	19
<b>Tabla 2.3</b>	Equivalencias nivel sigma .....	21
<b>Tabla 3.1</b>	Project Charter – Proyecto de mejora MP-2020001 .....	23
<b>Tabla 4.1</b>	Mapa de procesos detallado KPIV's.....	28
<b>Tabla 4.2</b>	Mapa de procesos detallado KPOV's .....	29
<b>Tabla 4.3</b>	Matriz Downtime.....	33
<b>Tabla 4.4</b>	Plan de Recolección de Datos.....	45
<b>Tabla 4.5</b>	Datos estadísticos – Variación de Datos.....	53
<b>Tabla 4.6</b>	Matriz AMEF.....	58
<b>Tabla 4.7</b>	Análisis 5 por qué's .....	60
<b>Tabla 4.8</b>	Acciones de corroboración de causas .....	63
<b>Tabla 5.1</b>	Plan de Quick Wins .....	64
<b>Tabla 5.2</b>	Diseño de experimentos.....	65
<b>Tabla 5.3</b>	Programa de Mejoras .....	66
<b>Tabla 5.4</b>	Plan de Control .....	68
<b>Tabla 5.5</b>	Proyección de % Costo de Calidad sobre ventas (us\$).....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Top 5 exportadores de joyería y orfebrería (valor FOB USD millones).....	1
<b>Figura 1.2</b>	Exportaciones por Unidad de Negocio – ARIN 2019.....	2
<b>Figura 1.3</b>	Organigrama general de ARIN S.A., 2019 .....	3
<b>Figura 1.4</b>	Mapa de Procesos de ARIN S.A. ....	5
<b>Figura 1.5</b>	Producción Mensual TM, ARIN S.A. ....	6
<b>Figura 1.6</b>	Exportaciones Arin S.A.....	6
<b>Figura 1.7</b>	Evolución mensual de las exportaciones de joyería y orfebrería .....	7
<b>Figura 1.8</b>	Historial de tendencias de precios de oro (USD por onza) .....	8
<b>Figura 1.9</b>	Matriz de Análisis FODA – ARIN S.A.....	9
<b>Figura 1.10</b>	Balance Score Card bajo perspectiva de Cliente.....	10
<b>Figura 2.1</b>	Diagrama Ishikawa Problema seleccionado.....	20
<b>Figura 4.1</b>	Diagrama de Operaciones de Procesos – Fabricación de aretes Tubo .....	25
<b>Figura 4.2</b>	Análisis SIPOC de Fabricación de Aretes Tubo .....	26
<b>Figura 4.3</b>	Análisis de Frecuencia por kilate .....	46
<b>Figura 4.4</b>	Análisis de Frecuencia por Rango de peso.....	46
<b>Figura 4.5</b>	Análisis de Frecuencia por Color .....	47
<b>Figura 4.6</b>	Análisis de Frecuencia por Tipo de Acabado.....	47
<b>Figura 4.7</b>	Análisis de Frecuencia por N° de argollas .....	48
<b>Figura 4.8</b>	Análisis de Frecuencia por Forma.....	48
<b>Figura 4.9</b>	Análisis de Frecuencia por Tipo de fabricación.....	49
<b>Figura 4.10</b>	Diagrama de Caja o Box Plot – Medida Final .....	50
<b>Figura 4.11</b>	Diagrama de Caja o Box Plot – Diámetro Exterior.....	51
<b>Figura 4.12</b>	Diagrama de Caja o Box Plot – Espesor de lámina.....	52
<b>Figura 4.13</b>	Prueba de normalidad – variación de peso (normal).....	53
<b>Figura 4.14</b>	Gráfica de Control – Variación de Peso.....	54
<b>Figura 4.15</b>	Análisis de capacidad CP-PP – Variación de Peso .....	55
<b>Figura 4.16</b>	Análisis de capacidad NIVEL Z – Variación de Peso .....	55

## RESUMEN

El presente trabajo busca la implementación de mejoras en los procesos de la Línea de Aretes Tubo de la empresa ARIN S.A., basándose en los 3 objetivos estratégicos trazados por la Gerencia General, que corresponden a un análisis de necesidades y expectativas de cliente y un análisis FODA en el año 2019.

Fue desarrollado y liderado por la persona a cargo del área de Mejora de Procesos y Control de Calidad y contó con la participación de los jefes de todas las áreas de la organización y la Gerencia General. Entre los principales hallazgos, se evidenció la falta de estandarización de los procesos administrativos y operativos y la falta de un Sistema de Gestión de Calidad que permita monitorear y optimizar eficientemente los indicadores de Calidad dentro de la línea. Además, se encontró un alto costo de Calidad correspondiente a las fallas internas, debido a los reprocesos, horas extras, generación de residuos, generación de mermas, etc.

El 41% de todas las fallas internas, corresponden a los problemas de peso de los materiales por encontrarse fuera del +/- 5% de la tolerancia establecida en toda la línea. Por tal motivo, se elaboró un plan de recolección de datos y se realizó un análisis estadístico de frecuencia, determinando el modelo con mayor incidencia de este error. El modelo seleccionado fueron los aretes tubo redondo sin fierro de 14 K, Súper ultra liviano (SUL), Amarillo, liso de 1 argolla.

Una vez identificadas y corroboradas las causas raíces, se determinó el conjunto de soluciones mediante métodos estadísticos y no estadísticos, desarrollando un plan de mejora y un plan de control para cada una de estas. Sin embargo, la implementación de estas mejoras, quedó detenida a causa de la pandemia, con un desembolso de \$0.00 y un avance del 5% del proyecto.

Palabras clave: cliente, análisis, peso, calidad, estadística.



## ABSTRACT

This project seeks to implement improvements in the processes of the Tube Earrings Line of the company ARIN SA, based on the 3 strategic objectives outlined by the General Management, which correspond to an analysis of customer needs and expectations and a SWOT analysis in 2019.

It was developed and led by the person in charge of the area of Process Improvement and Quality Control and had the participation of the heads of all areas of the organization and the General Management. Among the main findings, the lack of standardization of administrative and operational processes and the lack of a Quality Management System that allows efficient monitoring and optimization of Quality indicators within the line was evidenced. In addition, found a high quality cost was corresponding to internal failures, due to reprocessing, overtime, waste generation, waste generation, etc.

41% of all internal failures correspond to weight problems of the materials because they are outside +/- 5% of the tolerance established throughout the line. For this reason, a data collection plan was developed and a statistical frequency analysis was performed, determining the model with the highest incidence of this error. The selected model was the 14 K round tube earrings without iron, Super ultra light (SUL), Yellow, smooth with 1 ring.

Once the root causes were identified and corroborated, the set of solutions was determined using statistical and non-statistical methods, developing an improvement plan and a control plan for each of these. However, the implementation of these improvements was halted due to the pandemic, with a disbursement of \$ 0.00 and a progress of 5% of the project.

Keywords: customer, analysis, weight, quality, statistics.

# CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

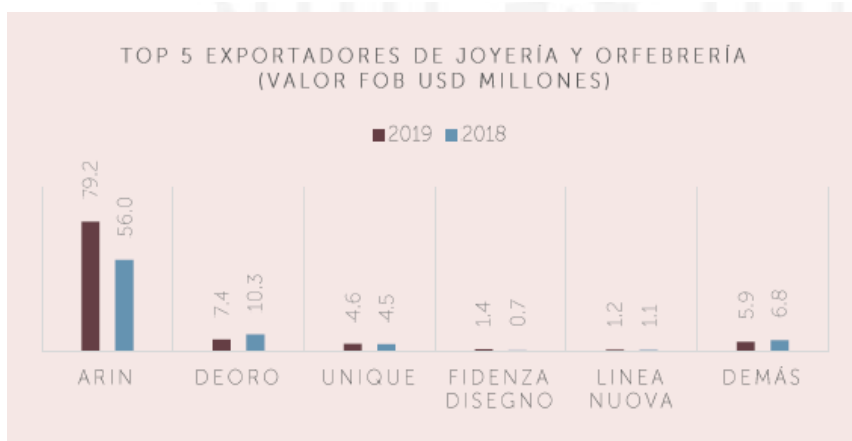
En el presente capítulo se describirá de manera breve a la empresa ARIN S.A., mencionando los servicios ofrecidos, participación en el mercado y su estructura organizacional y de procesos. Además, se describirá el Sector de Joyería fina, analizando los factores externos e internos a la empresa. Finalmente, se realizará una descripción del problema, según las necesidades planteadas por la Gerencia General.

## 1.1 Breve descripción de la empresa

Actualmente la empresa tiene una producción aproximada de seis millones de gramos de joyería al año, cuyo 98% es destinado al mercado internacional, siendo el principal país receptor de la producción los Estados Unidos y el 2% restante de la producción, es dirigida al mercado local. Esto le ha permitido consolidarse en el primer puesto como empresa exportadora de joyería fina a nivel nacional (Figura 1.1).

**Figura 1.1**

*Top 5 exportadores de joyería y orfebrería (valor FOB USD millones)*



*Nota.* En *Boletín Sectorial Manufacturas, Artesanía, Joyería y Orfebrería octubre*, por Asociación de Exportadores [ADEX], 2019.  
([https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin\\_octubre\\_artesantias\\_y\\_joyeria](https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin_octubre_artesantias_y_joyeria))

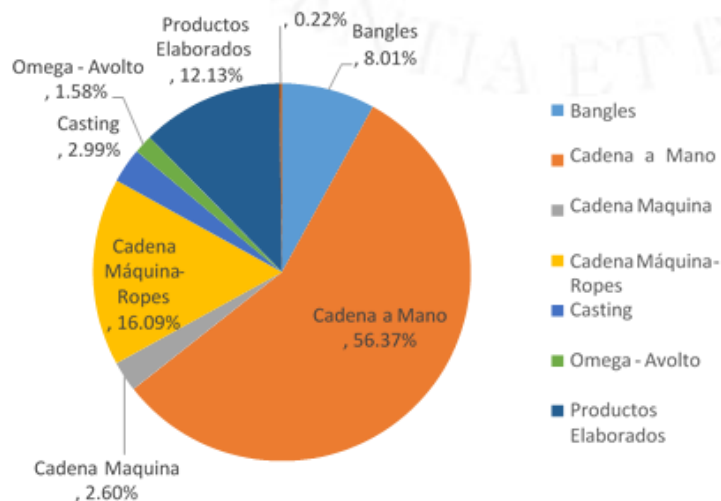
En la Tabla 1.1, se puede apreciar que en el 2019 ARIN S.A. exportó a seis países; siendo Estados Unidos el principal país de destino de las exportaciones con un valor FOB (US\$) mayor a 93 millones de dólares que representa 98.8% del total exportado

**Tabla 1.1***Exportaciones 2014 – 2019, Arin S.A., Valor FOB USD*

Nº	País	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Part.% 2019
1	Estados Unidos	35,646,582	42,269,212	60,760,908	76,596,668	90,564,302	93,486,081	98.82%
2	Austria	467,866	333,637	1,060,269	305,860	539,704	558,154	0.59%
3	Reino Unido	413,642	214,709	323,759	355,628	248,988	255,426	0.27%
4	Canada	0	308,059	203,462	121,372	138,897	141,904	0.15%
5	Mexico	43,240	163,930	127,159	55,995	109,018	113,523	0.12%
6	Italia	0	0	0	0	46,365	47,301	0.05%
7	Hong Kong	20,803	45,692	0	0	0	0	0.00%
8	España	31,767	16,982	6,319	0	0	0	0.00%
9	Bolivia	0	245,635	0	0	0	0	0.00%
<b>TOTAL</b>		<b>36,623,900</b>	<b>43,597,857</b>	<b>62,481,876</b>	<b>77,435,522</b>	<b>91,647,274</b>	<b>94,602,390</b>	<b>100.00%</b>

Nota. De Reporte de Exportaciones de Joyería Peruana 2014-2019. ADEX, 2019. (<http://www.adexdatatrade.com/Members/Mercados.aspx>).

La empresa cuenta con seis líneas de producción: 1) línea de casting y engastado; 2) línea de cadenas elaboradas a mano; 3) línea de cadenas máquina; 4) línea de productos elaborados; 5) línea de bangles / anillos flex / aretes tubo y 6) línea de omegas y avoltos que cubren todos los requerimientos. Además, ofrece servicios de fabricación, refinado de oro y plata, baños galvánicos, análisis de laboratorio y limpieza de joyas. En el 2019, la Unidad de Negocio de Cadena a Mano representó más del 56% del total de ventas, Cadena Máquina Rope más de 16%, Elaborados más de 12% y Bangles más de 8%.

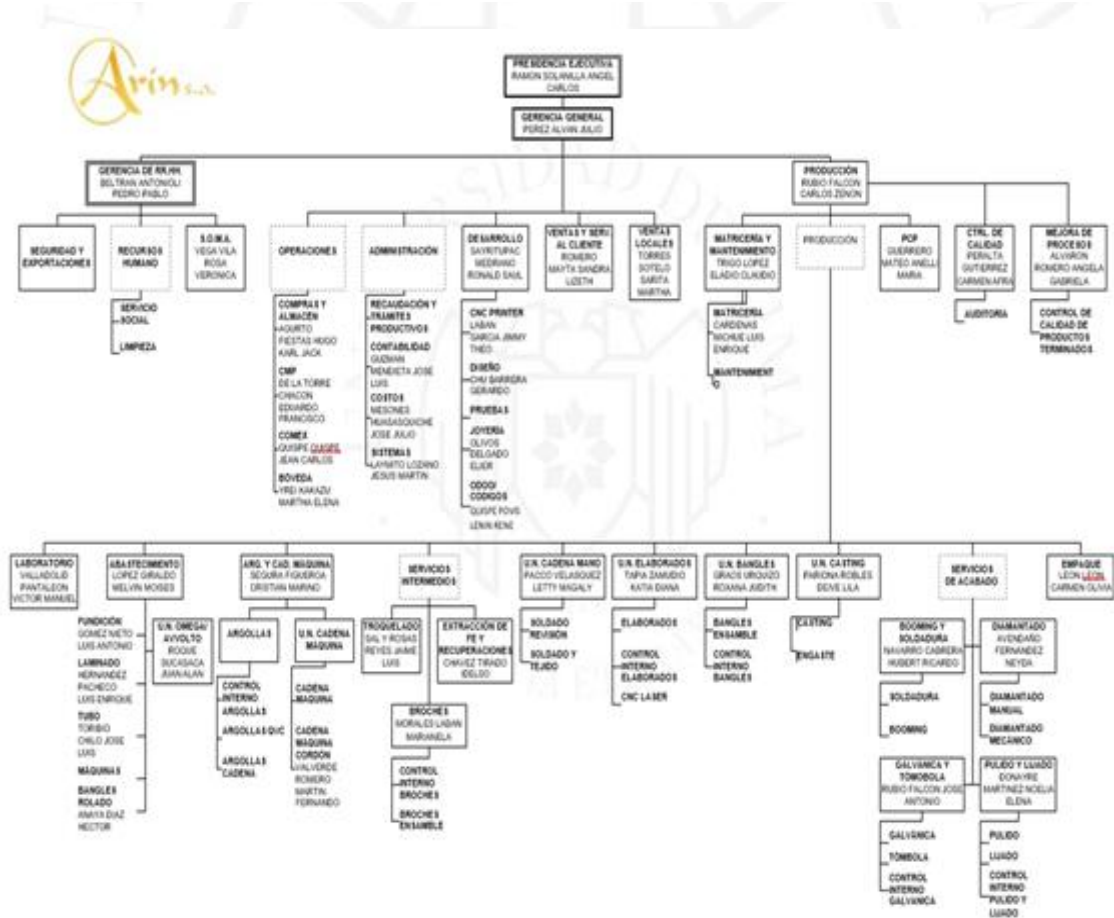
**Figura 1.2***Exportaciones por Unidad de Negocio – ARIN 2019*

Organizacionalmente, la empresa cuenta con una Gerencia General representada por el Ing. Julio Pérez Alvan, La estructura organizacional se dispone según se muestra en la Figura 1.3, en donde se observa que existe únicamente una Gerencia de Recursos Humanos y una Jefatura de Producción, que, si bien cumple las funciones de una gerencia, no ha sido nombrada como tal, por lo cual toda la Gestión de la parte productiva, depende directamente de Gerencia General.

Toda la gestión operativa, administrativa, de desarrollo, de sistemas y comercial son ejecutadas por los jefes de área y dirigidas por Gerencia General.

Por la parte de la Gestión de Calidad y Mejora de Procesos, dependen directamente de la Jefatura de Producción, lo cual dificulta aún más la ejecución de los proyectos, pues dependen directamente del presupuesto de Producción.

**Figura 1.3**  
*Organigrama general de ARIN S.A., 2019*



En la Figura 1.4, se presenta el Diagrama de Procesos en donde se resume la interacción que existe entre los 4 tipos de procesos de la compañía:

- Procesos estratégicos → Son los procesos a cargo de la dirección y gerencia, que determinan el accionar de la organización y orientan la toma de decisiones dirigidas a la implementación de estrategias de carácter general.
- Procesos misionales → Son los procesos claves que satisfacen directamente las necesidades de los clientes como diseño, planificación y ejecución de pedidos, producción y despachos.
- Procesos de apoyo → Son los procesos que complementan o dan soporte a los Procesos Misionales determinando su éxito o fracaso, tales como el abastecimiento de herramientas, de equipos, de formación de personal, etc.
- Procesos de evaluación → Son los procesos que permiten verificar el cumplimiento de los objetivos, analizando la información generada por procesos y apoyo a la mejora continua.

El área Ventas y Atención al cliente, es la encargada de la atención de los pedidos que son derivados al departamento de Desarrollo que se encarga de la creación e innovación constante de productos y diseños de joyas en oro de 8K, 9K, 10K, 14K, 18K, 22K en diferentes colores (oro amarillo, oro verde, oro rojo, oro rosado y oro blanco) y en plata de 925 y 950.

Una vez diseñado el producto, el área de Desarrollo valida la Hoja de Ruta, con lo cual el área de Planeamiento y Control de la Producción realiza el programa de fundición y producción.

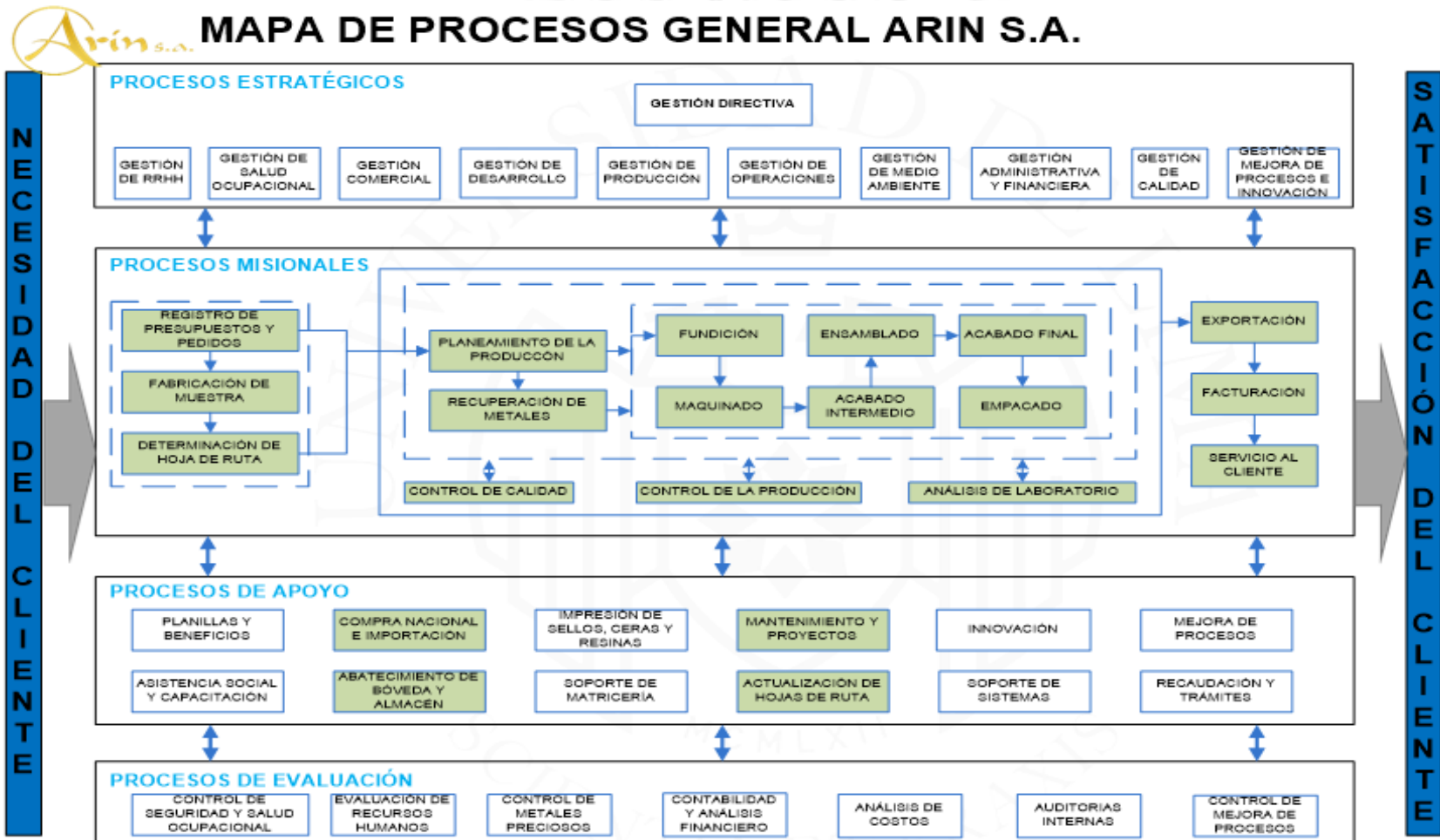
Una vez se tenga el programa y los insumos necesarios, se ejecuta la producción planificada, siendo el área de Calidad la encargada de auditar aleatoriamente los diferentes lotes y procesos, así mismo se envían muestras de todos los lotes a laboratorio, para verificar el quilate, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requerimientos establecidos para la gestión de despacho.

Los procesos de atención post-venta son gestionados por el área Comercial y derivados según lo establecido en el Procedimiento de Reclamos y Quejas.

El área de CMP (Control de Metales Preciosos) es la encargada de monitorear el sobre costo mensual por mermas, mientras que el área de Mejora de Procesos es la encargada de optimizar los porcentajes de material fundido por excedentes, residuos, fallas internas, retales, etc.

Figura 1.4

Mapa de Procesos de ARIN S.A.



La empresa Arin S.A. ha presentado un incremento en sus exportaciones el año 2019 con respecto al año anterior (2018), pasando de 56 millones de USD a 79.2 millones de USD, con una producción promedio de 503 Kg. por mes. Ver Figura 1.5.

**Figura 1.5**

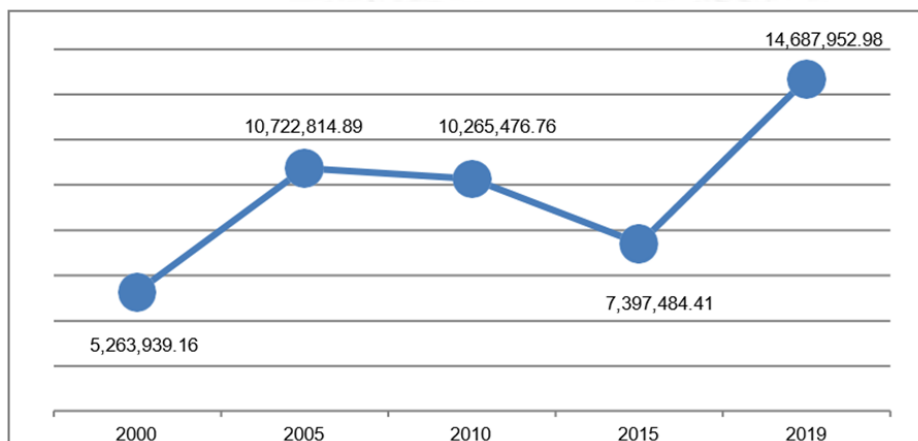
*Producción Mensual TM, ARIN S.A.*



La evolución de las ventas de ARIN S.A. desde el año 2000 pasando por intervalos de 05 años hasta llegar al año 2018. Se puede observar que en el período 2000 -2005 hubo un incremento de los ingresos debido a la mayor demanda de productos de cadena cordón y cadena máquina. Durante el período 2005 -2010 hubo una ligera disminución de pedidos. Esta tendencia se agudizó en el período 2010-2015 debido al incremento del precio internacional del oro, reduciéndose las ordenes de producción. Los resultados se han venido mostrando en el período 2015-2019 por tal motivo la empresa se encuentra en el ciclo de crecimiento (Ver Figura 1.6).

**Figura 1.6**

*Exportaciones Arin S.A.*



## 1.2 Descripción del sector

A continuación, se describirá y analizará el sector de Joyería Fina, al que pertenece ARIN S.A., tanto en el ámbito interno y externo a la organización.

### 1.2.1 Factores Externos

El sector de Joyería en el país se encuentra concentrado entre 10 y 15 empresas exportadoras, el resto, está conformado por 3,000 talleres artesanales inscritos en el Registro Nacional de Artesanos del Ministerio de Comercio Exterior (MINCETUR), quienes desarrollan líneas de productos de Joyería en Oro y Plata para el mercado nacional, los mismos que tienen un limitado acceso a tecnología, bajo nivel de innovación, restricciones en el acceso a materia prima e insumos, entre otros factores, que limitan la competitividad y volumen de producción.

En el 2019, Adex reportó que el sector de Joyería y Orfebrería exportó 99.7 millones de USD en valor FOB de los cuales el 79.4% es correspondiente a Arin S.A.

Según la tendencia de exportaciones de Adex, el Sector de Joyería y Orfebrería peruana se encuentra en un periodo de crecimiento. En la Figura 1.7 se visualiza un notable incremento en las cifras exportadas del 2019 respecto a las cifras del 2018; sin embargo, a partir de agosto del 2019 el nivel de exportaciones se redujo a la mitad principalmente por el incremento del precio del oro. En la Figura 1.8, se puede apreciar que el precio mínimo promedio en los primeros 5 meses del 2019 fue 1,303 USD por onza, mientras que, en los siguientes 7 meses, 1,428 USD por onza. Esta tendencia continúa en el 2020 con un mínimo de 1,519 USD en enero.

**Figura 1.7**

*Evolución mensual de las exportaciones de joyería y orfebrería*

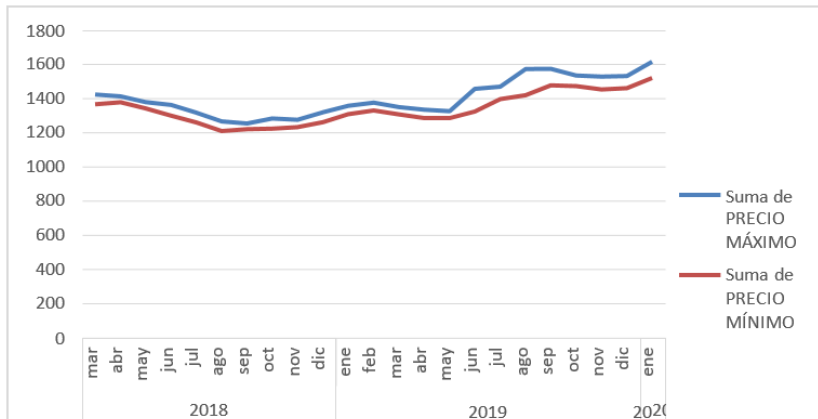


*Nota.* En *Boletín Sectorial Manufacturas, Artesanía, Joyería y Orfebrería octubre*, ADEX, 2019. ([https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin\\_octubre\\_artesantias\\_y\\_joyeria](https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin_octubre_artesantias_y_joyeria))



**Figura 1.8**

*Historial de tendencias de precios de oro (USD por onza)*



*Nota.* En *Historial de tendencia de precios de oro*, Investing.com. (<https://es.investing.com/commodities/gold-historical-data>)

### 1.2.2 Factores Internos

Arin S.A. tiene poca participación en Ferias Internacionales en donde se recibe información acerca de los últimos avances tecnológicos del rubro de Joyería, por lo cual reduce su grado de competitividad a nivel Internacional. Actualmente ha decidido apostar por una mayor presencia en este tipo de eventos, lo cual le ha permitido actualizar sus procesos de una manera sostenida, apostando por invertir más en tecnología de punta que le ha permitido reducir sus costos y Lead Time de Producción, logro que le ha permitido diferenciarse de algunos de sus competidores más cercanos a nivel de América.

Las diferentes alianzas estratégicas con algunos clientes, les permite tener acceso a las Material Primas (Oro y Plata), lo cual reduce uno de los mayores problemas de la industria.

Uno de sus grandes retos, es la actualización de su Sistema Informático, de modo que se garantice la gestión eficiente de la información administrativa y operativa, por lo cual se encuentra en la implementación de un Sistema ERP que le permitirá tener la información actualizada y al alcance de todo el personal involucrado con cada proceso.

No se ha implementado ningún sistema de Gestión de Calidad y únicamente se realizan inspecciones aleatorias sin ningún formato establecido, de los cuales no se obtiene ningún indicador para optimizar. Cada proceso tiene personal asignado al Control de Calidad interno que es parte del equipo de producción y trabaja sin procedimientos ni parámetros definidos.

Respecto a los instrumentos de medición no tiene ningún Procedimiento para la calibración y respecto al mantenimiento, más del 99% de los costos, corresponde a mantenimientos correctivos.

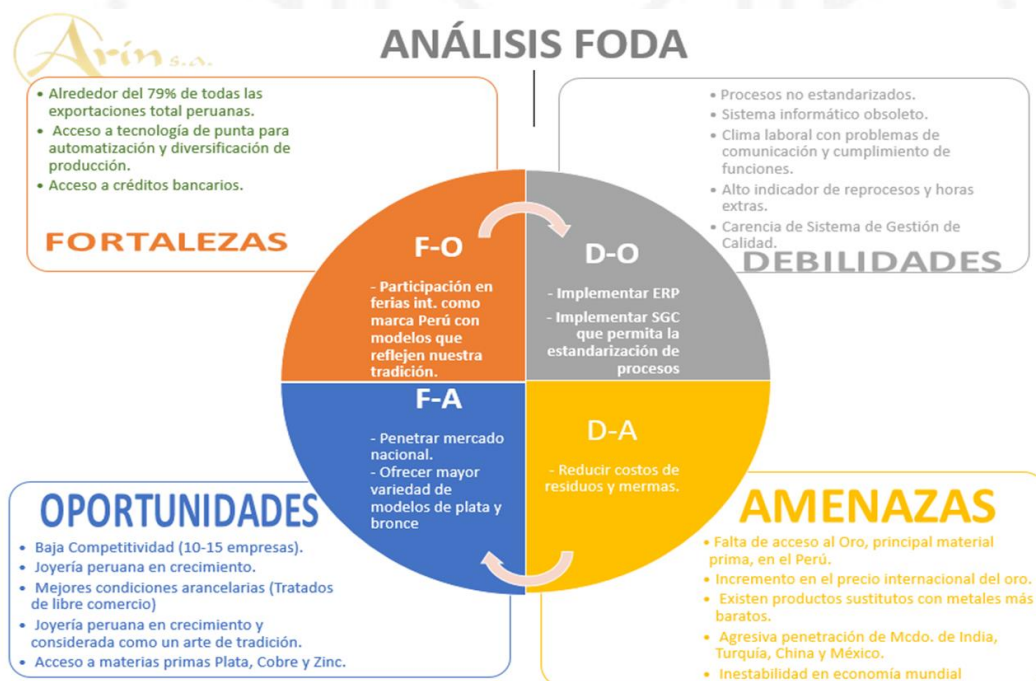
Debido a que la principal amenaza del sector es el incremento en el precio del oro por causar a nivel de empresa, la reducción de las exportaciones además de limitar el stock de la materia prima, las estrategias definidas por la Alta Gerencia fueron:

- Ampliación de cartera de clientes nacionales e internaciones, mediante la participación de ferias internacionales.
- Inversión en automatización de máquinas para reducir los costos y el lead time.
- Reducción reprocesos, residuos y mermas.
- Impulsar las ventas locales mediante la creación de su marca Maisha.
- Ofrecer mayor variedad de productos de plata y bronce.
- Implementar sistemáticamente proyectos de Mejora que permitan alcanzarla excelencia operativa.

En la Figura 1.9 se expone un resumen de todo lo previamente expuesto mediante la Matriz FODA:

**Figura 1.9**

*Matriz de Análisis FODA – ARIN S.A.*



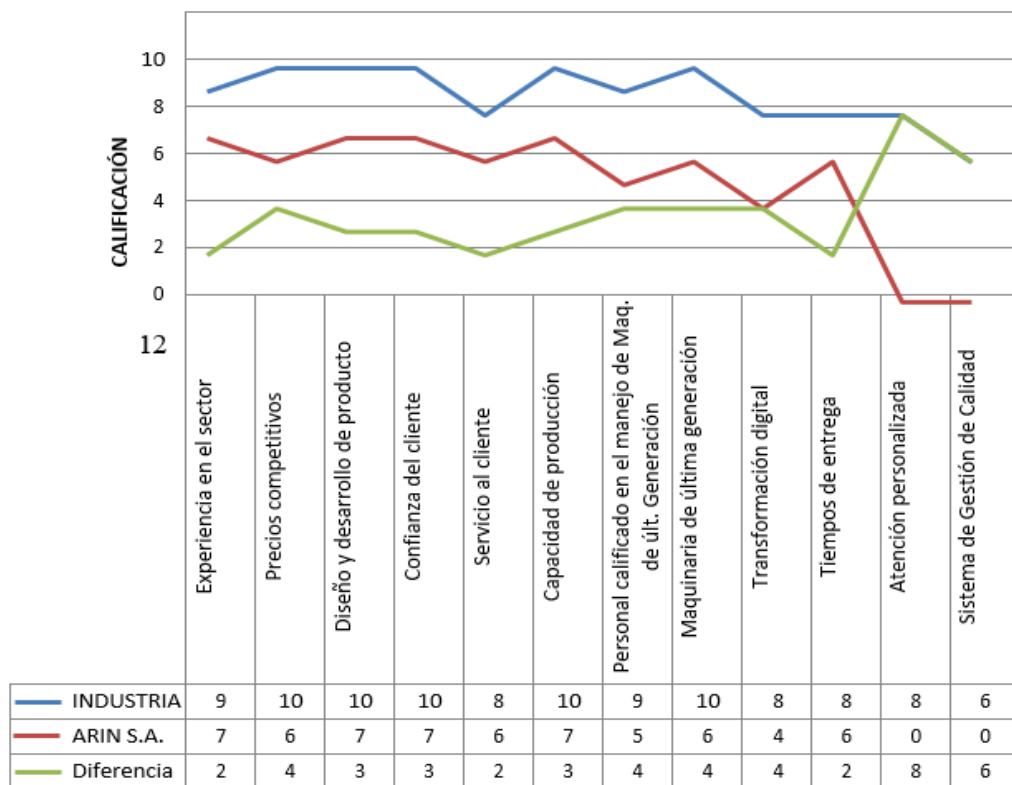
### 1.3 Descripción del problema

Las exportaciones del sector de Joyería peruano, se encuentra en un proceso de crecimiento, pese a los incrementos en el precio del oro, ya que se está apostando por la diversificación de la industria en metales de menos costo como la plata y el bronce. Arin S.A. posee el 79% de todas las exportaciones peruanas del rubro, sin embargo, se ha plateado el incremento de la cartera de clientes, nacionales e internacionales.

La Gerencia General elaboró un Planeamiento Estratégico tomando como referencia los principales aspectos que son valorados por los principales clientes de la industria. Se midió el desempeño de Arin S.A. y se comparó con el desempeño de las principales fábricas del rubro a nivel internacional (Ver Figura 1.10).

**Figura 1.10**

*Balance Score Card bajo perspectiva de Cliente*



Para asegurar un nivel competitivo que permita ubicar a la organización dentro de las principales empresas exportadoras de oro a nivel internacional, la Gerencia General a determinado que se trabajará en las 3 siguientes estrategias:

- Implementar procesos de atención personalizado para clientes.
- Incrementar el Nivel de Calidad Interno, reducir las incidencias de lotes rechazados a lo largo de la línea de producción.
- Reducir los costos

### 1.3.1 Análisis de Atención personalizada para clientes

Se implementará procesos para establecer la atención personalizada de los diferentes clientes:

- Procedimiento para gestión de quejas y reclamos.
- Procedimiento para gestión de cotizaciones y pedidos.
- Procedimiento de confirmación de despachos.

### 1.3.2 Análisis de Nivel de Calidad

Para poder medir el Nivel de Calidad, se ha definido un listado de 64 Fallas o No Conformidades que se puede detectar en los materiales a lo largo del proceso productivo (Ver Tabla 1.2).

**Tabla 1.2**

*Lista de fallas o no conformidades ARIN S.A*

#	Falla o no conformidad	#	Falla o no conformidad
1	Error con piedra / diamante	8	Error en kilate
2	Error en accesorios	9	Error en longitud / medida
3	Error en cantidad	10	Error en modelo / material
4	Error en color / tonalidad	11	Error en pesos
5	Error en dado	12	Error en sello
6	Error en diametro / calibre / espesor	13	Error en tara
7	Error en insumo	14	Material soplado

(continúa)

(continuación)

#	Falla o no conformidad	#	Falla o no conformidad
15	Material con abolladuras / chancado	40	Cadena suelta
16	Material con arrugas	41	Cordón mal bajado
17	Material con huecos	42	Material con exceso de proceso
18	Material con manchas / carachoso	43	Material con proceso pobre
19	Material con pelusas	44	Material con residuo de fierro
20	Material con puntas sueltas	45	Material estirado
21	Material con rajaduras	46	Material sin punto laser
22	Material con rebaba	47	Material torcido / mal enderezado
23	Material deformado	48	Piedra / diamante se desprende
24	Material desnivelado	49	Proceso incorrecto
25	Material duro	50	Soldadura sin correr
26	Material frágil / se rompe	51	Material con código incorrecto
27	Material grumoso	52	Material enredado
28	Material poroso	53	Material mezclado
29	Material que raspa	54	Material sin identificación (peso en 18", etc.)
30	Material que se rompe	55	Material pesado
31	Material rayado	56	Material liviano
32	Accesorio en mala posición	57	Material con datos incompletos en hr
33	Accesorios flojos	58	Material con error en tabla / hr
34	Argollas abiertas	59	Tabla diferente al producto de la hr
35	Argollas cerradas	60	Material con proceso adicional
36	Argollas montadas	61	Material sin proceso anterior
37	Argollas pegadas	62	Lote observado no autorizado y no auditado
38	Argollas sueltas	63	Lote observado no autorizado y auditado
39	Argollas volteadas	64	Incumplimiento de otro proceso

El nivel de calidad hacía el cliente, se encuentra en un nivel normal de reclamos para la industria (Ver Tabla 1.3), sin embargo, para poder lograr este nivel de calidad, se incurre en sobrecostos para eliminar o corregir los defectos.

**Tabla 1.3***Nivel de Calidad externo ARIN S.A.*

Mes	NO Conformidades	Lotes Facturados	Defectos de Productos Terminados	Defectos por Oport. DPO	Defec. x mill. DPMORclamo
ene-19	22	3,072	5	2.33E-05	23
feb-19	76	3,164	2	9.03E-06	9
mar-19	69	4,427	5	1.61E-05	16
abr-19	66	3,134	1	4.56E-06	5
may-19	77	3,218	4	1.78E-05	18
jun-19	155	3,758	15	5.70E-05	57
jul-19	121	2,951	6	2.90E-05	29
ago-19	10	3,237	11	4.85E-05	49
sep-19	213	3,253	10	4.39E-05	44
oct-19	364	3,982	10	3.59E-05	36
nov-19	312	2,801	12	6.12E-05	61
dic-19	145	2,097	3	2.04E-05	20
<b>2019</b>	<b>1,630</b>	<b>39,094</b>	<b>84</b>	<b>3.07E-05</b>	<b>31</b>

El 27.85% de todas las quejas o reclamos se debe a Procesos Incorrectos de acabado final, lo cual es un indicador de que existe una deficiencia en las inspecciones de calidad y en la ejecución de las operaciones. En la tabla 1.4 se presenta el resumen de tipos de fallas reportadas por clientes en el 2019.

**Tabla 1.4***Fallas de Quejas o Reclamos – Arin 2019*

<b>Falla</b>	<b>2019</b>
Proceso incorrecto	27.85%
Material frágil / se rompe	17.72%
Error en sello	7.59%
Error precio	6.33%
Material sin proceso anterior	5.06%
Error en diámetro / calibre / espesor	3.80%
Material pesado	3.80%
Otros	27.85%
<b>Total general</b>	<b>100.00%</b>

Internamente se tiene 170,000 DPMO ( $2.4 \sigma$ ), en donde más del 41% de lotes rechazados, corresponde a materiales con problemas de peso (Según Tabla 1.2: #55 Material pesado y #56 Material liviano). Ver Tabla 1.5.

**Tabla 1.5**

No Conformidades – Arin 2019

<b>Fallas Internas</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>	<b>Total General</b>
Problemas de peso	18%	30%	39%	45%	18%	12%	14%	50%	51%	57%	55%	36%	41%
Otros	82%	70%	61%	55%	82%	88%	86%	50%	49%	43%	45%	64%	59%

Para optimizar el Nivel de Calidad se debe analizar las posibles causas de los problemas de peso ya que representa el mayor porcentaje de causa de fallas internas.

### 1.3.3 Análisis de Reducir Costos

Para poder ofrecer mejores precios, es necesario reducir los costos y al tener un significativo número lotes rechazados, es importante evaluar los Costos de Calidad de modo que podamos definir los conceptos que gastan los mayores % de recursos monetarios y detectar oportunidades para poder reducirlos; además, permitirá justificar cualquier mejora en la calidad.

En promedio para el 2019, el costo de Calidad representó un 59.4% de todas las ventas, siendo el 53% únicamente por fallas Internas (Ver Tabla 1.6).

En el mismo cuadro se observa que los Reprocesos y Horas extras representan un 51.4% y las Mermas, un 22.7% de los Costos por Fallas Internas, los cuales están directamente relacionados a los problemas de peso.

**Tabla 1.5***Costo de Calidad de ARIN S.A. (\$)*

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Notas de Crédito	1,097	-	6,395	-	-	1,427	-	260	2,991	3,989	1,073	454	17,687
Reprocesos por Reclamo	-	-	-	-	103	-	-	1	-	124	-	-	228
<b>Total falla externa</b>	<b>1,097</b>	<b>-</b>	<b>6,395</b>	<b>-</b>	<b>103</b>	<b>1,427</b>	<b>-</b>	<b>262</b>	<b>2,991</b>	<b>4,113</b>	<b>1,073</b>	<b>454</b>	<b>17,915</b>
Retales y Excedentes	27,903	59,602	35,865	28,784	24,313	18,982	8,445	7,287	13,743	21,446	87	13,732	260,189
Mermas	86,606	93,509	111,113	79,176	89,423	93,936	97,777	92,610	79,729	82,277	60,504	67,878	1,034,540
Seguro Contra accidentes laborales	5,399	5,695	3,882	4,649	4,651	4,671	4,671	4,672	4,671	5,717	4,669	4,850	58,197
Mantenimiento Correctivo	160,502	72,087	38,447	57,670	52,864	168,204	33,641	68,435	57,670	52,864	50,461	43,895	856,738
Reprocesos y Horas extras	199,668	259,807	230,664	178,542	285,061	212,310	173,586	149,520	171,839	168,546	202,954	102,954	2,335,451
<b>Total falla interna</b>	<b>480,078</b>	<b>490,701</b>	<b>419,971</b>	<b>348,821</b>	<b>456,311</b>	<b>498,103</b>	<b>318,120</b>	<b>322,525</b>	<b>327,652</b>	<b>330,850</b>	<b>318,675</b>	<b>233,309</b>	<b>4,545,115</b>
Mantenimiento Preventivo	2,124	-	-	-	-	-	2,458	-	-	-	-	-	4,582
Calibración de Equipos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desarrollo de Productos	10,990	11,291	11,600	11,918	12,244	12,580	12,925	13,279	13,643	14,016	14,400	12,626	151,511
Seguridad	5,181	5,323	5,469	5,618	5,772	5,931	4,790	4,921	5,056	4,829	4,962	5,259	63,110
SCTR	11,445	11,758	12,081	12,412	12,752	13,101	10,581	10,871	11,169	10,668	10,961	11,618	139,416
Capacitación	1,884	1,936	1,989	2,043	2,099	2,157	1,742	1,789	1,838	1,756	1,804	1,912	22,949
<b>Total Prevención</b>	<b>31,623</b>	<b>30,307</b>	<b>31,138</b>	<b>31,991</b>	<b>32,867</b>	<b>33,768</b>	<b>32,495</b>	<b>30,860</b>	<b>31,706</b>	<b>31,270</b>	<b>32,127</b>	<b>31,415</b>	<b>381,568</b>

(Coninua)



(Continuación)

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>control interno por procesos</b>	5,652	5,807	5,966	6,129	6,297	6,470	5,225	5,368	5,515	5,268	5,413	5,737	68,847
<b>auditorías por procesos</b>	4,239	4,355	4,474	4,597	4,723	4,852	3,919	4,026	4,137	3,951	4,060	4,303	51,635
<b>control de calidad</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>total evaluación</b>	9,891	10,162	10,440	10,726	11,020	11,322	9,144	9,395	9,652	9,220	9,472	10,040	120,483
<b>costo total de calidad</b>	522,689	531,170	467,944	391,538	500,302	544,620	359,759	363,041	372,000	375,452	361,348	275,219	5,065,081
<b>ventas</b>	789,288	844,737	972,971	662,276	655,305	681,260	823,614	833,495	752,685	697,884	434,652	382,750	8,530,918
<b>% fallas externas / ventas</b>	0.1%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.4%	0.6%	0.2%	0.1%	0.2%
<b>% fallas internas / ventas</b>	60.8%	58.1%	43.2%	52.7%	69.6%	73.1%	38.6%	38.7%	43.5%	47.4%	73.3%	61.0%	53.3%
<b>% prevención / ventas</b>	6.1%	5.7%	6.7%	8.2%	6.6%	6.2%	9.0%	8.5%	8.5%	8.3%	8.9%	11.4%	7.5%
<b>% evaluación / ventas</b>	1.3%	1.2%	1.1%	1.6%	1.7%	1.7%	1.1%	1.1%	1.3%	1.3%	2.2%	2.6%	1.4%
<b>ventas</b>	66.2%	62.9%	48.1%	59.1%	76.3%	79.9%	43.7%	43.6%	49.4%	53.8%	83.1%	71.9%	59.4%

## CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Según la información entregada por la Gerencia General, los problemas más críticos relacionados directamente con las necesidades, expectativas y opiniones de los clientes son los mostrados en el Tabla 2.1, que fueron evaluados mediante la priorización de criterios en una Matriz VOC, dando la mayor Prioridad a la Incidencia sobre la Calidad, seguido por la Incidencia sobre el Costo de Calidad.

**Tabla 2.1**

*Matriz VOC ARIN S.A.*

No	Áreas	VOC	Priorización de criterios				Total	Fácil de implementar (N° Prioridad)
			Inversión estimada	Incidencia sobre calidad	Incidencia sobre el cliente	Tiempo estimado		
			Ratio de ponderación					
			0.2	0.4	0.3	0.1		
A	PCP	Problemas en la planificación: Material se acumula en últimas secciones antes Empaque 2 días antes de la exportación semanal	3	3	3	2	2.9	1
B	Producción	Problemas para cumplir con las órdenes Urgentes	3	1	3	1	2	5
C	PCP	Problemas con eficiencia de la línea de Cadena Máquina, al 30% de su capacidad actual	3	2	3	1	2.4	3
D	Control de Metales Preciosos	Alto nivel de stock de fino: 5.1 gr. por cada gramo a exportar	3	1	2	2	1.8	
E	PCP	Alto nivel de material estancado por más de 4 semanas	3	1	1	1	1.4	
F	Mejora de Procesos	Alto nivel de sobre costo por retales o residuos en Soldado Revisión: 156 mil dólares en el 2019	3	2	1	2	1.9	

(Continua)

(Continuación)

No	Áreas	VOC	Priorización de criterios				Total	Fácil de implementar (N° Prioridad)
			Inversión estimada	Incidencia sobre calidad	Incidencia sobre el cliente	Tiempo estimado		
			Ratio de ponderación					
			0.2	0.4	0.3	0.1		
G	Mejora de Procesos	Alta diferencia entre el costo de retal o residuo real vs. el retal facturado: 59 mil dólares en el 2019	3	1	1	3	1.6	
H	Control de Metales Preciosos	La merma de la sección Pulido está alta y genera una pérdida de 1 millón de dólares en el 2019	1	1	1	2	1.1	
I	Mejora de Procesos	Alto nivel de reprocesos: 4%, es decir que por cada 100 gramos a exportar, se funden nuevamente 4 gr.	2	3	1	2	2.1	4
J	Mejora de Procesos	Alto índice de No Conformidades por materiales fuera de peso: 56% de todas las no conformidades por inspecciones internas.	1	3	3	3	2.6	2

El problema con mayor prioridad es el de Planificación de Producción (A), seguido por la reducción de las no Conformidades por error de peso (B).

Para la Selección de Proyecto a mejorar, se coordinó con la Gerencia General la formación de un grupo de 10 personas con los Jefes y Líderes de cada área involucrada. Se les expuso uno a uno los 10 problemas presentados por Gerencia y la Prioridad colocada para cada uno de estos según la Matriz VOC, de modo que cada uno ordene cada uno por nivel de prioridad, siendo 1 el menos priorizado y 10 el más priorizado, aplicando así la técnica de Multivotación:

- Presidente de Directorio: Ángel Ramón
- Gerente General: Julio Pérez
- Jefe de Producción: Carlos Rubio
- Control de Metales Preciosos: Eduardo de la Torre
- PCP: Anelli Guerrero

- Control de Calidad: Carmen Peralta
- Supervisora de Producción: Mercedes López
- Mejora de Procesos: Ángela Alvarón
- Comercial: Sandra Romero
- Desarrollo: Ronald Sayritupac

Los resultados del Proceso de multivotación se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

*Resultado Multivotación*

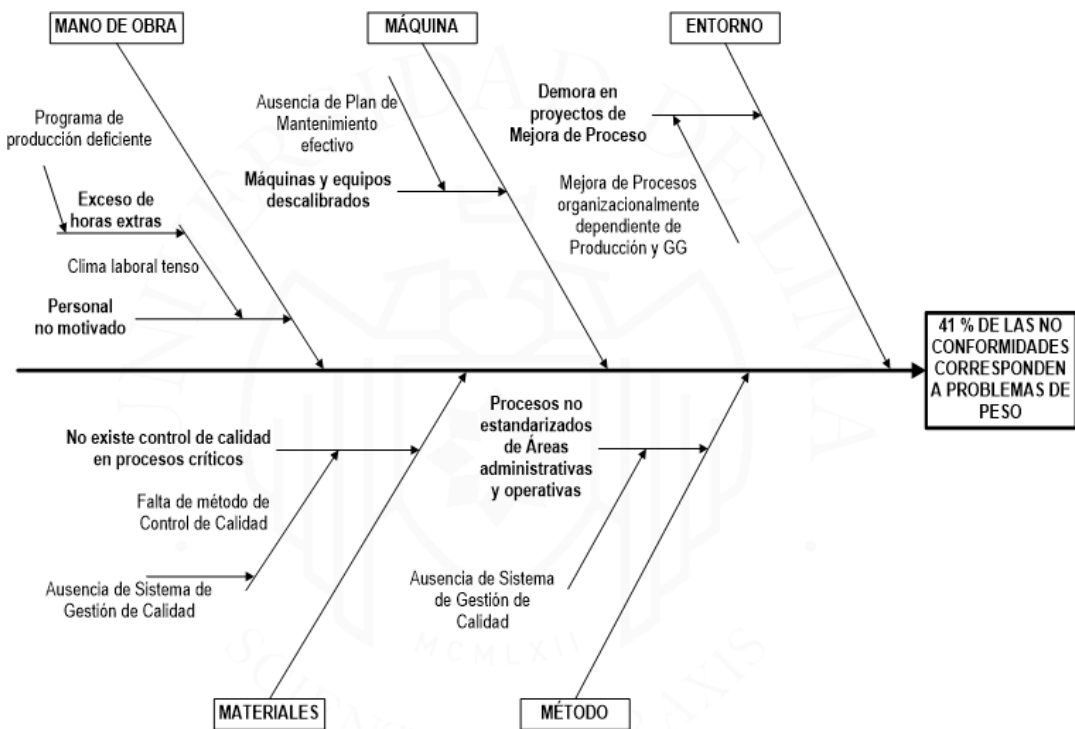
No	Problema	Votos totales
A	Problemas en la planificación: Material se acumula en últimas secciones antes Empaque 2 días antes de la exportación semanal	II
B	Problemas para cumplir con las órdenes Urgentes	
C	Problemas con eficiencia de la línea de Cadena Máquina, al 30% de su capacidad actual	
D	Alto nivel de stock de fino: 5.1 gr. por cada gramo a exportar	
E	Alto nivel de material estancado por más de 4 semanas	I
F	Alto nivel de sobre costo por retales o residuos en Soldado Revisión: 156 mil dólares en el 2019	
G	Alta diferencia entre el costo de retal o residuo real vs. el retal facturado: 59 mil dólares en el 2019	
H	La merma de la sección Pulido está alta y genera una pérdida de 1 millón de dólares en el 2019	II
I	Alto nivel de reprocesos: 4%, es decir que por cada 100 gramos a exportar, se funden nuevamente 4 gr.	I
J	Alto índice de No Conformidades por materiales fuera de peso: 56% de todas las no conformidades por inspecciones internas.	IV

Finalmente se concluye que el problema a trabajar será el alto índice de No Conformidades por materiales fuera de peso, que representan un 41% de todas las fallas internas.

A continuación, en la Figura 2.1, se presenta el análisis de causa del problema seleccionado para el proyecto.

**Figura 2.1**

*Diagrama Ishikawa Problema seleccionado*



## 2.1 Objetivo general

Reducir en \$477 236 en el 2020 el costo de calidad de la compañía.

## 2.2 Objetivos específicos

- Reducir en un 50% las no conformidades por problemas de peso.
- 90% de todos los productos dentro del rango de peso aceptable: +/- 5%.
- Tener un indicador de nivel de calidad de 2.4  $\sigma$  a 2.9  $\sigma$  en el 2020 (61% menos que en el 2019). Ver Tabla 2.3.

**Tabla 2.3***Equivalencias nivel sigma*

<b>Sigma (Short)</b>	<b>Sigma (Long)</b>	<b>Cp</b>	<b>DPMO</b>	<b>Normalized Yield</b>
2.3	0.8	0.77	211855	0.788
2.4	0.9	0.8	184060	0.816
2.5	1	0.83	158655	0.841
2.6	1.1	0.87	135666	0.864
2.7	1.2	0.9	115070	0.885
2.8	1.3	0.93	96801	0.903
2.9	1.4	0.97	80757	0.919
3	1.5	1	66807	0.933

*Nota.* OPEX Business Partner. Diplomado de Lean Sig Sigma Green Belt, 2019



## **CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente capítulo se describe brevemente las limitaciones y alcance del presente proyecto. Ver Tabla 3.1

- Se determinó implementar un Proceso de Mejora integral para mejorar la calidad interna y externa de la compañía, optimizando el uso de recursos destinados a los Costos de Calidad.
- La investigación busca satisfacer los objetivos trazados en el planeamiento estratégico de la compañía.
- El Project Charter o Acta de Constitución que se observa en el Tabla 3.1, establece el proceso de Fabricación de Aretes Tubo, ya que constituyen el mayor lead time, cuyos reprocesos son los de mayor costo.
- También se puntualiza la métrica que definirá en última instancia, si el proyecto tuvo el éxito esperado.

**Tabla 3.1**

*Project Charter – Proyecto de mejora MP-2020001*

<b>Nombre del proceso</b>	<b>FABRICACIÓN DE ARETES TUBO</b>				
<b>Visión del proceso</b>	Reducir el costo de calidad en 2 millones de dólares (50%)				
<b>Objetivo actual del proceso</b>	Reducir el % de no conformidades por fallas de peso en línea de aretes tubo				
<b>Process CTQs/ Variables CTQ del proceso</b>	Color de aleación, Tipo de Soldado, Tipo de Acabado, Forma de Arete, Espesor de Lámina, Número de Argollas, Medida de Tubo Inicial, Medida de Tubo Final, Diámetro exterior				
<b>Defects/ Defectos</b>	Aretes pesado y aretes livianos (superan el +/- 5% tolerancia)				
<b>Project Ys</b>	<b>Base Line/ Linea base</b>	<b>Entitlements/ Derechos</b>	<b>Goals/ Metas</b>	<b>Units/ unidades</b>	
	Aretes tubo	Gerente General	Reducir costos de calidad	2 millones de dólares	
		<b>Define/ Definir</b>	26/11/19 - 25/12/19		
<b>Name of the Project Manager Nombre del administrador</b>	Angela Alvaron	<b>Measure/ Medir</b>	26/12/19 - 25/03/20	<b>Customers</b>	Arin S.A.
<b>Co-ordinator from Trainer/ Coordinador del entrenador</b>	Gary Lopez	<b>Analyse/ Analizar</b>	26/03/20 - 25/04/20	<b>Sponsors</b>	Arin S.A.
<b>Six Sigma Resource/ Recursos six sigma</b>	DMAIC - Herramientas LSS	<b>Improve/ Mejorar</b>	26/04/20 - 25/05/20	<b>Process owner</b>	Arin S.A.
<b>Team Members/ Miembros de equipo</b>	Angela Alvarón Karen Castillo Luis Quiroz	<b>Control/ Controlar</b>	26/05/20 - 25/05/20	<b>Associates</b>	SGS ACADEMY
	<b>Financial Benefits</b>		<b>Strategic Benefits</b>		
	Arin S.A.		Arin S.A.		



## **CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología empleada para el análisis de propuestas de mejora para alcanzar los objetivos, fue Lean Six Sigma que se basa en la eliminación de defectos y la búsqueda de procesos rápidos y flexibles.

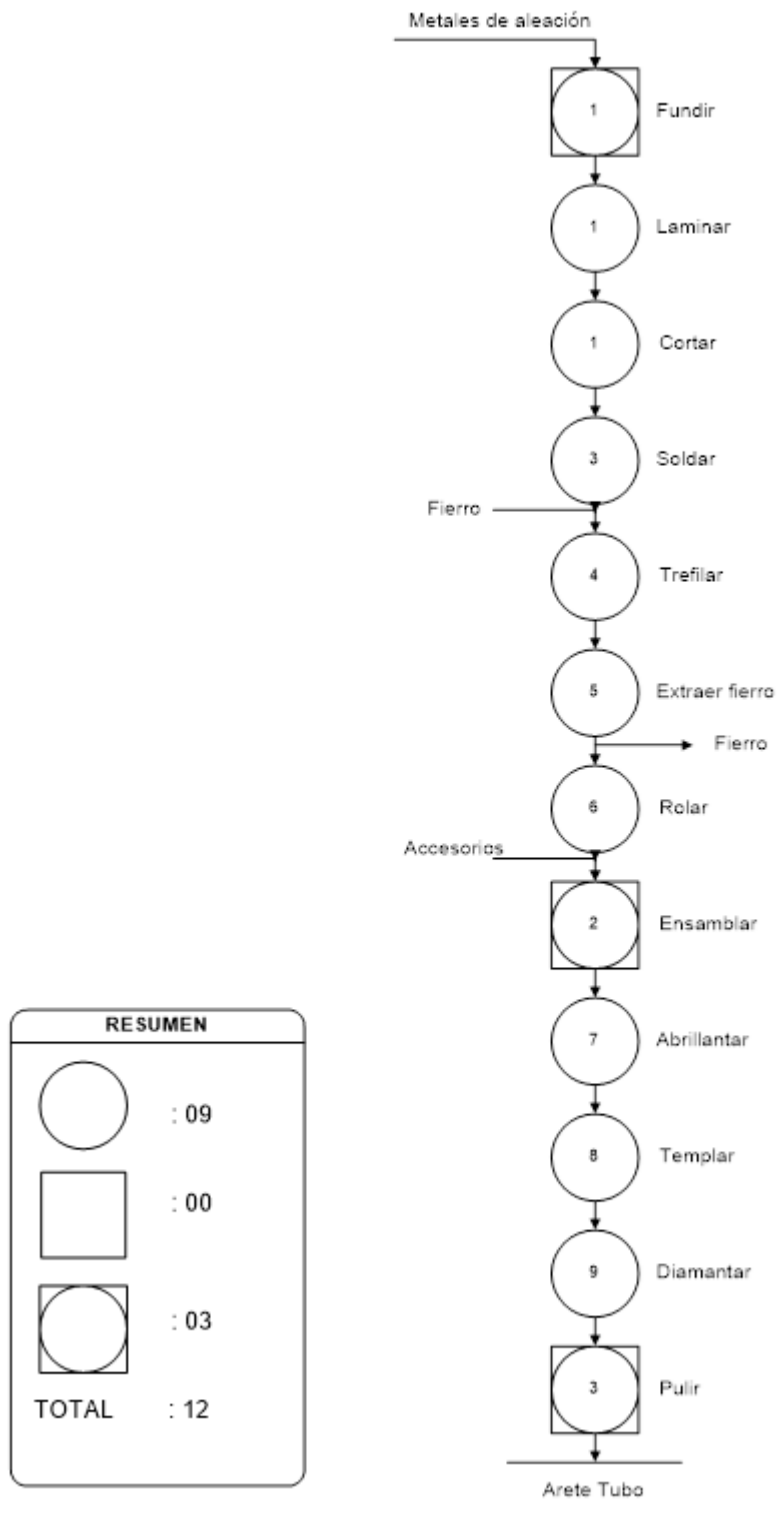
Primero se midió el desempeño actual de los procesos para identificar el problema. Además, se analizaron los CTQs definidos en la parte de Definir y se planificará y ejecutará la recolección de datos

### **4.1 Caracterización del proceso**

A continuación, se presenta el Diagrama de Operaciones de Procesos de Fabricación de Aretes Tubo (Ver Figura 4.1), y la Tabla 4.1 SIPOC de la Fabricación de Aretes Tubo en donde se analizan los proveedores y clientes internos y externos para el proceso de fabricación de Aretes Tubo.

**Figura 4.1**

*Diagrama de Operaciones de Procesos – Fabricación de aretes Tubo*



**Figura 4.2**

*Análisis SIPOC de Fabricación de Aretes Tubo*

FICHA DE PROCESO					
Nombres Macro Procesos			Responsables Macro Proceso		
11. Registro de pedidos y presupuestos 13. Determinación de Hoja de Ruta 14. Planeamiento de la producción 15. Fundición 16. Maquinado	17. Acabado intermedio 18. Ensamblado 19. Acabado final 20. Empacado 21. Control de Calidad 22. Control de la Producción 23. Análisis de lab.	24. Exportación 25. Facturación 26. Servicio al cliente 27. Recuperación de met. 30. Compra nac. e imp. 31. Abast. de bov. y alm.	11. Sandra Romero 13. Ronald Sayritupac 14. Anelli Guerrero 15. Carlos Rubio 16. Melvin López	17-18-19. Carlos Rubio 20. Olivia León 21. Angela Alvarón 22. Anelli Guerrero 23. Víctor Valladolid	24. Jean Quispe 25. José Guzman 26. Sandra Romero 27. Idelso Chavez 30-31. Julio Perez
Finalidad					
Ejecutar la producción de órdenes de pedido de las Unidades de Negocio de Producción					
Límites del proceso					
Primera actividad			Última actividad		
Recibir solicitudes de cotización			Aceptación de exportación		
Proveedor	Entradas (lo que se produce)	Macro - Proceso	Proceso	Salidas (lo que se produce)	Cientes
- Ventas	- Solicitud de cotización	11. REGISTRO DE PRESUPUESTOS Y PEDIDOS	Cotización	- Consulta de precios, pesos de venta y cantidades	- Desarrollo
- Desarrollo	- Consulta de precios, pesos de venta y cantidades	13. DETERMINACIÓN DE HOJA DE RUTA	Determinación de Hoja de Ruta por proyección	- Precios de venta, pesos promedios y pedidos mínimos	- Ventas
- Ventas	- Precios de venta, pesos promedios y pedidos mínimos	11. REGISTRO DE PRESUPUESTOS Y PEDIDOS	Cotización	- Cotización final y fechas de entrega	- Cliente
- Ventas	- Orden de compra		Confirmación de Pedidos	- Orden de pedido de producción (SO)	- PCP
- PCP	- Orden de pedido de producción (SO)	14. PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	Planeamiento preliminar	- Planner en borrador	- CMP - Comercial - Producción
- PCP	- Planner en borrador - Proyección de pedidos	30. COMPRA NACIONAL E IMPORTACIÓN	Adquisición de otros insumos	- Requerimiento de insumos de importación y/o nacionales - Confirmación de llegada de insumos nacionales e importados	- Comercio Exterior - Compras y Almacén - PCP - Bóveda - Compras y Almacén
- Comercio Exterior - Compras y Almacén	- Requerimiento de insumos de importación y/o nacionales		Adquisición de Metales Preciosos	- Ingreso de otros insumos	- Bóveda - Compras y Almacén
- Comercio Exterior - Compras y Almacén	- Confirmación de llegada de insumos nacionales e importados		Recuperación de oro fino, plata fina y cobre	- Requerimiento de Oro fino y Plata fina	- Cliente - Proveedor de Oro fino y Plata fina
- CMP	- Planner en borrador		Confirmación de Planificación	- Confirmación de llegada de Oro fino y Plata fina	- CMP
- Cliente - Proveedor de Oro fino y Plata fina	- Requerimiento de Oro fino y Plata fina		Despacho de Metales finos e insumos	- Confirmación de llegada de Oro fino y Plata fina	- PCP - Bóveda - Comercio Exterior
- CMP	- Confirmación de llegada de Oro fino y Plata fina		Fundición	- Ingreso de Oro fino y Plata fina	- Bóveda
- Comercio Exterior	- Confirmación de llegada de Oro fino y Plata fina		Análisis de laboratorio	- Oro fino recuperado - Plata fina recuperada - Cobre recuperado	- PCP - Producción
- Recuperaciones	- Residuos y retales		14. PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	Confirmación de Planificación	- Planner confirmado - MO's - Requisiciones de insumos - Requerimiento de Horas extras
- Bóveda - Almacén	- MO's de fundición - Requerimiento de Insumos - Consumibles	31. ABATECIMIENTO DE BÓVEDA Y ALMACÉN	Despacho de Metales finos e insumos	- Oro fino y Plata fina - Otros insumos - Consumibles	- Fundición - Unidades de Negocio - Secciones
- Fundición	- MO's fundición - Oro fino y Plata fina - Otros insumos - Consumibles - Horas Hombre	15. FUNDICIÓN	Fundición	- Material Fundido - Muestra - Residuo y retales	- Maquinado - Laboratorio
- Laboratorio	- Muestra	23. ANÁLISIS DE LABORATORIO	Análisis de laboratorio	- Ley de oro real - Ley de plata real - Residuos y retales	- Fundición - Abatecimiento - CMP - Control de Calidad

(Continua)

(continuación)

- Maquinado	- Material Fundido - MO's maquinado - Otros insumos - Consumibles - Horas hombre	16. MAQUINADO	Maquinado	- Material Maquinado - Residuo y retales	- Control de Calidad
- Control de Calidad	- Material Maquinado	21. CONTROL DE CALIDAD	Control de Calidad Maquinado	- Material Maquinado aprobado por calidad	- Acabado intermedio - Producción - PCP
- Acabado Intermedio	- Material Maquinado aprobado por calidad - MO's acabado intermedio - Otros insumos - Consumibles - Horas hombre	17. ACABADO INTERMEDIO	Acabados Intermedios Tercerización acabado intermedio	- Material para ensamble - Residuo y retales	- Ensamble - Bóveda - Producción - PCP - Control de Calidad - Talleres
- Producción - PCP	- Material Maquinado - Material para ensamble - Material ensamblado - Producto terminado Aprobado por calidad	22. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	Confirmación de Exportación	- Confirmación de exportación - Excedentes - Reprogramaciones	- Comercial - Comercio exterior
- Control de Calidad	- Material para ensamble de servicio tercerizado	21. CONTROL DE CALIDAD	Control de calidad terceriz.	- Material para ensamble tercerizado aprobado por calidad	- PCP - Producción - Talleres
- Ensamble	- Material para ensamble - MO's ensamblado - Otros insumos - Consumibles - Horas hombre	18. ENSAMBLADO	Ensamblado Tercerización ensamblado	- Material ensamblado - Residuo y retales	- Control de Calidad
- Control de Calidad	- Material ensamblado	21. CONTROL DE CALIDAD	Control de calidad de serv. terc. Control de Calidad Ensamblado	- Material ensamblado aprobado por calidad	- Acabado final
- Acabado final	- Material ensamblado aprobado por calidad - MO's abado final - Otros insumos - Consumibles - Horas hombre	19. ACABADO FINAL	Acabados finales Tercerización acabado final	- Producto terminado - Residuo y retales	- Control de Calidad
- Control de Calidad	- Producto terminado	21. CONTROL DE CALIDAD	Control de calidad de serv. terc. Control de calidad Prod. Terminado	- Producto terminado aprobado por calidad	- Empaque
- Empaque	- Producto terminado aprobado por Calidad - Orden de entrega - Consumibles - Horas hombre	20. EMPACADO	Empacado Emitir Packing	- Packing - Órdenes embaladas	- Producción - PCP - Comercial - Comercio Exterior
- Comercio Exterior	- Packing - Órdenes embaladas	21. EXPORTACIÓN	Exportación	- Seguro - Documentación de exportación - Servicio logístico	- Proveedor logístico - Cliente - Comercio exterior
- Comercio Exterior	- Packing	25. FACTURACIÓN	Facturación	- Factura	- Proveedor logístico - Cliente - Comercio exterior
- Servicio al cliente	- Consultas - Quejas - Reclamos	26. SERVICIO AL CLIENTE	Gestión de quejas y reclamos	- Respuesta a cliente	- Cliente
<b>Agentes participantes</b>					
Jefes y encargados, Coordinadores, Supervisores, Asistentes y Operarios.					
<b>Documentación relacionada</b>					
Presupuestos, Pedidos de venta o SO's, Órdenes de pedido, Planner, Compras, Importaciones, Requisiciones, Órdenes de Producción o MO's, Órdenes de trabajo o OT's, Packinf list, Facturas, Documentos de exportación					
<b>Indicadores del proceso</b>					
Los indicadores que se controlan son los descritos en la caracterización de cada Macro Proceso					



**Tabla 4.2**

*Mapa de procesos detallado KPOV's*

KPOV	- Margen de utilidad menor al esperado									
	- Error en fecha de despacho									
	- Error en el código de material requerido									
	- Programa con excedentes o faltantes									
	- Problemas de materiales pesados y livianos									
	- Acumulación de material en procesos finales									
	- Desabastecimiento de material en primeros días de sem.									
	- Material en proceso de producción									
	- Horas extras					- Reclamos				
	- Postergación de despacho									
- Problema de dureza de material										
- Problemas de calidad										
- Sin auditoria (sin estandarización)										
- Error en ley (mezcla material)										
- No se puede evaluar a los operarios										
- Mermas y residuos										
- Reprocesos										
Proceso	Cotización	Orden pedido	de Orden de Muestra	Programa fundición	de Gestionar fino	oro Planificar	Muestra, Ruta y precios	producción	Empacado	Logística

Las Variables Críticas de Ingreso o KPIV's con mayor incidencia son:

- Precios de venta definido → Definido en base a los parámetros, historial y peso teórico del material. Es una variable de ingreso para todo el proceso, ya que regula el margen de utilidad para cada producto.
- Peso teórico definido → Definido en base a los parámetros y proyecciones. Es una variable de ingreso para todo el proceso, ya que determina el precio de venta y la planificación y el programa de producción.
- Registro de códigos en sistema → Definido en función a la necesidad y solicitud del cliente que influye de inicio a fin ya que determina todas las características del producto final y satisfacción del cliente.
- Capacidad de producción y muestras → Definido en base de análisis teóricos dentro de las áreas productivas. Es una variable importante, ya que determina la satisfacción del cliente.
- Rendimientos materiales en Hoja de Ruta → Definido de acuerdo a los parámetros de las muestras y proyecciones, determina la cantidad exacta de material que se debe fundir para una determina cantidad de productos finales, considerando sus desperdicios y mermas.
- Parámetros de Fabricación → Considera el tipo de aleación, temperaturas y castigo en maquinado, tipo de fabricación, distancias de corte, espesor de lámina, tamaño de tubos y fierros, accesorios, el tiempo de operación por proceso, etc.; datos que influyen en la programación y planificación de la producción.

Las Variables Críticas de salida o KPOV's con mayor incidencia son:

- Margen de utilidad menor a lo esperado → Debido a un error en precio de venta, rendimiento de materiales y parámetros de producción.
- Error en fecha de despacho → Debido a omisión en el registro oportuno de la orden o error en el análisis de capacidad de producción.
- Error en el código de material requerido → Cuando el material solicitado por el cliente es diferente al registrado en la orden de pedido (diferente medida, diferente sello, diferente peso, diferente color, etc.).
- Programa con excedentes o faltantes → Debido a la cantidad de material fuera

de peso.

- Problemas de material pesado y liviano → Sucede por múltiples factores y generan materiales excedentes y faltantes (reprogramar fundición).

### 4.3 Modelo Downtime

El modelo Downtime está orientado en detectar aquellas acciones que no añaden valor al cliente llamados residuos o desperdicios. Existen 8 tipos de residuos:

- Defectos (D) → productos que están fuera de las especificaciones y requieren recursos para ser corregidos.
- Sobreproducción (O) → producir en exceso antes de que esté listo para venderse, en el caso de ARIN el 100% de su producción es bajo pedido, es decir trabaja bajo un sistema Just in Time.
- Tiempo de espera (W) → material en proceso de producción esperando la etapa del proceso anterior. Se encontró que Arin, este proceso se genera por un error en la planificación o problemas en el abastecimiento de materiales.
- Talento no utilizado (N) → empleados que no llevan a cabo de manera efectiva el proceso. En Arin, al existir manual de los procesos, se corre el riesgo de omisiones en algunos de los procesos y el área de Control de Calidad, no tiene manera de detectarlos.
- Transporte (T) → transporte de material o información a un lugar que no es necesario. Las inconsistencias de las Hojas de Ruta generan ciertos errores de transporte, ya que envían el material a secciones por error.
- Inventario (I) → inventario o información que no está siendo procesado o está siendo inactivo. Este problema se ve frecuentemente cuando existen errores en la planificación por parte de PCP o la mala gestión de los Jefes de sección.
- Movimiento (M) → movimientos innecesarios de usuarios, información o material debido a la disposición de espacio de trabajo o elementos fuera de lugar de trabajo. En Arin, una empresa con muchos años funcionando, no se han dispuesto físicamente las secciones, mediante un análisis de flujo de producción, por lo que este desperdicio existe para alguna de las secciones.
- Procesos extras (E) → realización de cualquier actividad que no es necesaria para producir un producto o servicio. En Arin no se identificó ninguna muda



de este tipo.

En la Matriz DownTime (Tabla 4.3) se analiza cada uno de estos desperdicios o mudas en cada uno de los procesos para la fabricación de aretes tubo y se definen posibles. El proceso con mayor cantidad de mudas es el de Maquinado en donde impactan mayormente los problemas de peso por errores en los Parámetros de Hojas de ruta o por la misma naturaleza de sus procesos.

Entre las principales posibles soluciones se ha definido:

- Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) □ permitirá tener datos únicos y actualizados al alcance de todo el personal usuario.
- Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento para Creación y corrección de Hojas de Ruta.
- Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento para Comercial.
- Mapear los procesos de Maquinado para que puedan ser auditados.

**Tabla 4.3**

*Matriz Downtime*

	<b>D</b>	<b>O</b>	<b>W</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>M</b>	<b>E</b>									
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>TOTAL MUDAS</b>
	3		0	0	1				0		1		0	0			
<b>Gestionar Cotización</b>	- Error en peso requerido - Error en código - Error en precio de venta	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)			- Error u omisión en respuesta de cotizaciones	1. Mapear procesos de área Comercial				- Información de productos que no tienen rotación.		1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta)					5

(continúa)

(continuación)

	D	O	W	N	T	I	M	E	Tota l mud as								
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	
	5		0	1		2		0	1			0	0				
Gestio nar Orden de Pedido	- Error en peso requerido - Error en sello - Error en fecha de embarque. - Error en código - Error en precio de venta	1. Implementar procedimiento de aceptación de pedido por parte de cliente (Orden de Compra) y PCP	- Esperar que Desarr ollo defina precios de venta	1. Optimizar tiempo de respuesta de desarrollo	- Personal no registra en sistema. - Personal no mapea órdenes URGENTES	1. Mapear procesos de área Comercial	- Ordenes que no son programadas por PCP	1. Implementar procedimiento de aceptación de pedido por parte de cliente (Orden de Compra) y PCP									9

(Continúa)

(Continuación)

		D	O	W	N	T	I	M	E									
	<b>Defectos</b>		<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no ...</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>TOTAL MUDAS</b>
		3		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Emitir orden de fabricación de muestra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Error en peso requerido</li> <li>- Error en precio de venta</li> <li>- Error en características requeridas por cliente</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta)</li> <li>2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)</li> </ol>															3

(continúa)

(Continuación)

D	O	W	N	T	I	M	E
---	---	---	---	---	---	---	---

	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>TOTAL MUDAS</b>
	3		1		1		1		0	0	0	0	0	0			
<b>Emitir programa de fundición</b>	- Error en peso requerido (excedentes y faltantes) - Error en fecha de embarque - Programa con excedentes y faltantes	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Material fundido en exceso	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Esperar que Desarrollo defina Parámetros de Hoja de ruta	1. Optimizar ratio de tiempo de respuesta de desarrollo	- Error en proyección de fundición	1. Mapear procesos de PCP									6

(Continua)

(Continuación)

	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M</b>		<b>E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	
	0		0	0			0		0		1		0	0			
<b>Gestionar Oro Fino</b>											- Material sin fundir	1. Control sistemático de oro fino en stock.					1
	3		0	0		2			0		1		0	0			
<b>Planificar muestras y producción</b>	- Error en peso requerido - Error en fecha de embarque. - Programa con excedentes y faltantes	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)				- Error en proyección de fundición. - Error en planificación			1. Mapear procesos de PCP		- Diseños que no generan orden de pedido de producción	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta).					6

(Continúa)

(Continuación)

	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M</b>		<b>E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>	
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>		
	3		1		1		3		0		1		0		0	3		
<b>Gestión de muestra, Hojas de Ruta y precios</b>	- Hoja de Ruta con error en parámetros - Precio de Venta mal definido - Diseño imposible de replicar en producción	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Diseños que generan orden de pedido de producción	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Esperar planificación de muestras	1. Medir respuesta de Producción	- Parámetros de Hoja de ruta con Error o incumplidos. - ruta de producción no es factible o eficiente. - Producto sin Hoja de ruta	1. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	-	0	1. Informar producción de productos que no tienen rotación.	1. Manejar base de datos comparada (Hojas de ruta)	0	0	3			9

(Continúa)

(Continuación)

	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M</b>		<b>E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>	
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>		
	4		0		1		1		0		1		0		0			
<b>Planificar producción</b>	- Planificación no considera capacidad real - Error en abastecimiento de materiales - Programación con faltantes. - Programación con excedentes	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Material fundido en exceso	1. Manejar base de datos compartida (Hojas de ruta) 2. Establecer procedimientos claros y auditar su cumplimiento (Creación y corrección de Hojas de Ruta)	- Material e insumos en espera por falta de parámetros en Hoja de Ruta	1. Medir eficiencia del área de Desarrollo y Diseño	- Programa sin parámetros. respeta	1. Determinar proceso para la planificación y auditar su cumplimiento.			- Ordenar de ejecución de las	1. Medir eficiencia del área de producción.						7

(Continua)

(Continuación)



	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M</b>		<b>E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	
<b>Maquinar</b>	5		1		1		2		0	1		2		0			12
	Error diámetro de tubo Error espesor de lamina do. Error espesor de pared de tubo Error dureza de materi. Problemas en consistencia Materia	1.Implementar control de calidad e inspeccionar el 100% de los lotes	- Material procesado en exceso	1.Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta. 2. Implementar procedimiento de gestión de excedentes.	- Material e insumos en espera por falta de parámetros en Hoja de Ruta	1.Medir eficiencia del área de Desarrollo y Diseño de materia 1.	- No se respetan parámetros. - Error en registro de	1.Determinar proceso y auditar su cumplimiento.	-	1.Control sistemático de oro fino en stock.	-	1.Determinar proceso y auditar su cumplimiento.	-	Programa de producción con errores o correcciones. - Máquinas para tratamiento térmico fuera del área.	-		

(Continua)

(Continuación)

	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M</b>		<b>E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobreproducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Extra procesos</b>	<b>Posible solución</b>	
	4		1		1		2		1		1		0	0			
<b>Rol ar y cortar</b>	Material con Problemas de peso Material con rajaduras Material con rebabas Material con abolladuras	1.Implementar control de calidad por muestreo 2.Controlar material en Maquina do.	Material procesado en exceso	1.Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta. 2.Implementar procedimiento de gestión de excedentes.	Material e insumos en espera por falta de parámetros en Hoja de Ruta	1.Medir eficiencia del área de Desarrollo y Diseño	No se respetan parámetros. Error en registro de material.	1.Determinar proceso y su cumplimiento.	Error en ruta de material por error en la información de Desarrollo.	1.Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta.	Material sin fundir	1.Control sistemático de oro fino en stock.					10

(Continúa)

(Continuación)

	<b>D</b>		<b>O</b>		<b>W</b>		<b>N</b>		<b>T</b>		<b>I</b>		<b>M E</b>		<b>TOTAL MUDAS</b>	
	<b>Defectos</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Sobrepoducción</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Talento no utilizado</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Transporte</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Inventario</b>	<b>Posible solución</b>	<b>Movimientos</b>	<b>Posible solución</b>		<b>Extra procesos</b>
	4		1		2		2		1		1		0	0		
<b>Ensamblar</b>	Material con problemas de peso Material con rajaduras Material con rebabas Material con abolladuras	1.Implementar control de calidad por muestreo . 2.Control material en Maquina do	Material procesado en exceso	1.Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta. 2.Implementar procedimiento de gestión de excedentes.	Material e insumos en espera por falta de capacidad.	1.Medir eficiencia de planificación de producción. 2. otros - Material e insumos en espera por falta de capacidad.	no se respetan parámetros. Error registrado de materia l.	1.Determinar proceso y auditar su cumplimiento. 2. Desarrollar.	Error en ruta de materia l por error en la información de Desarrollo.	1.Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta.	Material sin fundir	1.Control sistemático de oro fino en stock.				11

(Continua)

(Continuación)

	D		O		W		N		T		I		M		E	TOTAL MUDAS	
	Defectos	Posible solución	Sobreproducción	Posible solución	Tiempo de espera	Posible solución	Talento no utilizado	Posible solución	Transporte	Posible solución	Inventario	Posible solución	Movimientos	Posible solución	Extra procesos		Posible solución
	4		1		1		2		1		1		0	0			
<b>Pulir, Diamondar, Abrillantar</b>	- Material con problemas de peso - Material con rajaduras - Material con rebabas - Material con abolladuras	1. Implementar control de calidad por muestra. 2. Controlar material en Maquinado	- Material procesado en exceso	1. Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta. 2. Implementar procedimiento de gestión de excedentes.	- Material e insumos en espera por falta de capacidad	1. Medir eficiencia de planificación de producción.	- no se respetan parámetros. - Error en registro de materia l.	1. Determinar proceso y auditar su cumplimiento.	- Error en ruta de materia l por error en la información de Desarrollo.	1. Establecer procedimientos claros para la corrección de Hojas de Ruta.	- Material sin fundir	1. Control sistemático de oro fino en stock.					10

(Continúa)

(Continuación)

	D	O	W	N	T	I	M	E	TOTAL MUDAS						
Defectos	Posible solución	Sobreproducción	Posible solución	Tiempo de espera	Posible solución	Talento no utilizado	Posible solución	Transporte	Posible solución	Inventario	Posible solución	Movimientos	Posible solución	Extra procesos	Posible solución
Empacar	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
- Error en código	1. Implementar control de calidad por muestreo.		- Material e insumos en espera por falta de capacidad	1. Medir eficiencia de planificación de producción.	- Error en registro de materia l.	1. Determinar proceso y auditar su cumplimiento.									
- Material con Problemas de peso	2. Controlar material en Maquinado														
- Material con Problemas de calidad															
Despachar	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
			- Material de exportaciones posteriores.	1. Medir eficiencia de planificación de	- Error en gestión de despacho	1. Determinar proceso y auditar su cumplimiento.									

#### 4.4 Plan de recolección de data

Después de la etapa inicial, en donde se ha definido los Defectos por peso paralos aretes tubo como la variable a trabajar, se encuentra la necesidad de cuantificarla:

$$\underline{(Y)} = \text{KPOV} = \text{Problema de peso} = \text{Variación porcentual de peso}$$

**Tabla 4.4**

*Plan de Recolección de Datos*

Puntos de Recolección	Tipo de muestreo y estratificación	Dato a Recolectar	Tipo de Dato	Representación de datos
Maquina do (M) – LU-MI-JU	Turno, Operario, Modelo y Acabado	- Fecha	- Categórico	- Día/Mes
		- Nombre de auditor	- Categórico	- Nombre
		- Punto de recolección	- Categórico	- M/R/A/E/D/P/PT
		- OP	- Categórico	- Número de 5 dígitos
Rolado (R) – MAR - JU	Operario, Modelo y Acabado	- Rango de peso	- Categórico	- LIV/PES/SUL/REG/SE1/SE2
		- Código	- Categórico	- Número de 12 dígitos
		- Descripción	- Categórico	- Alfanumérico abreviado
		- Kilate	- Categórico	- 9K/10K/14K/18K/Z/AG
Argollas (A) – MAR - JU	Operario, Modelo y Acabado	- Tamaño de lote	- Discreto	- Número con 1 decimal
		- Tamaño de muestra	- Discreto	- Número con 1 decimal
		- Peso total	- Continuo	- Número con 2 decimales
		- <b>Peso requerido</b>	- <b>Continuo</b>	- <b>Número 2 decimales (Y)</b>
Ensamblee (E) LU-MI-JU	Operario, Modelo y Acabado	- <b>Peso real</b>	- <b>Continuo</b>	- <b>Número 1 decimales (Y)</b>
		- Color	- Categórico	- A/R/B/bicolor/tricolor
		- Tipo de acabado	- Categórico	- DIAMANTADO/LISO
		- N° de argollas	- Categórico	- 1/2/3
Diamanta do (D) LU-MI-JU	Operario, Modelo, Acabado y Fecha de Exportación	- Forma	- Categórico	- CUAD/M.C./RECT./RED
		- Tipo de Fabricación	- Categórico	- CF/SF/ENDLESS
		- Medida final	- Continuo	- Número con 2 decimales
		- Medida de diámetro	- Continuo	- Número con 2 decimales
Pulido(P) LU-MI-JU	Operario, Modelo, Acabado y Fecha de Exportación	- Espesor de lámina	- Continuo	- Número con 2 decimales
		- Operario	- Categórico	- Nombre y apellido
		- Operario, Modelo, Acabado y Fecha de Exportación	- Operario	- Nombre y apellido
		- Operario, Modelo, Acabado y Fecha de Exportación	- Operario	- Nombre y apellido
Antes de empaque (PT) SAB	Operario, Modelo, Acabado y Fecha de Exportación	- Operario	- Categórico	- Nombre y apellido

Según se ha observado en el análisis de KPIV's las variables más críticas son las registradas en las Hojas de Ruta, ya que definen el peso del producto, por lo cual la data a recolectar será tomada de la siguiente manera mostrada en la Tabla 4.5.

Todas las muestras serán tomadas en forma aleatoria a todos los lotes de cada sección que toque en cronograma durante 2 semanas.

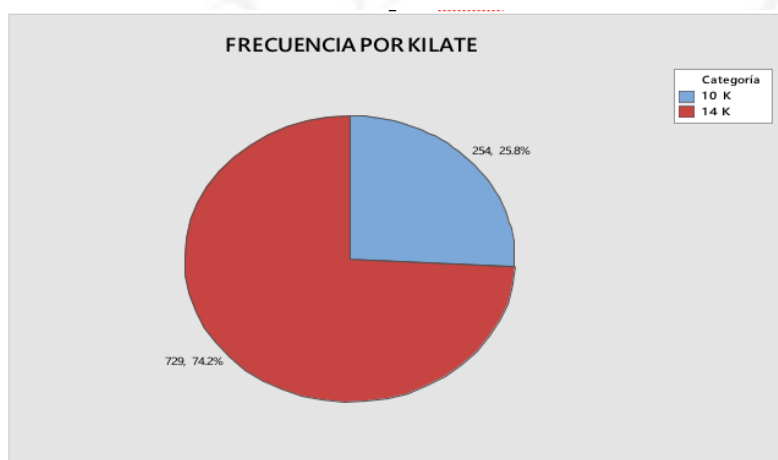
#### 4.5 Exploración de datos (boxplot, valores individuales, histogramas)

En primera instancia, con los datos recogidos, se realizará un análisis de frecuencia que nos permitirá determinar el Modelo exacto que se va a analizar en función de la cantidad de incidencias reportadas en las No Conformidades por peso.

**Kilate** → Se selecciona el material de 14 K con 729 datos que corresponden al 74.2%.

**Figura 4.3**

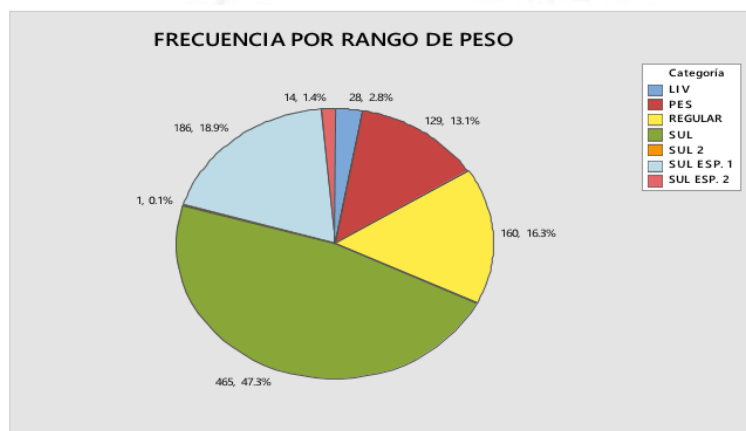
*Análisis de Frecuencia por kilate*



**Rango de Peso** → se elige trabajar con el Rango de peso SUL (Súper ultraliviano) por tener una frecuencia de 47.3% del total de datos.

**Figura 4.4**

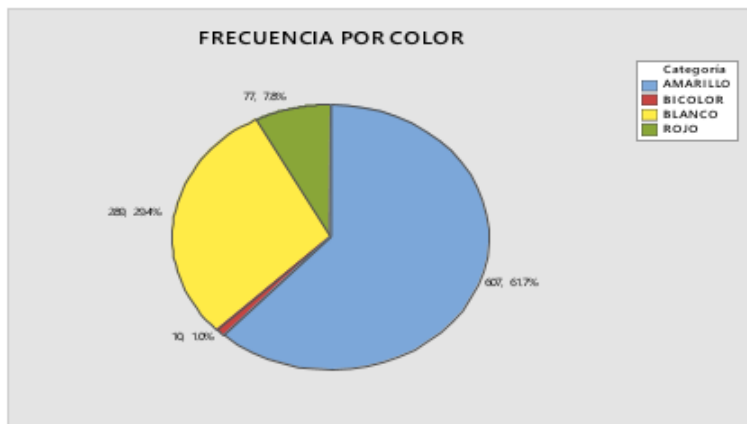
*Análisis de Frecuencia por Rango de peso*



**Color** → se selecciona el Color amarillo que representa el 61.7% de toda la data.

**Figura 4.5**

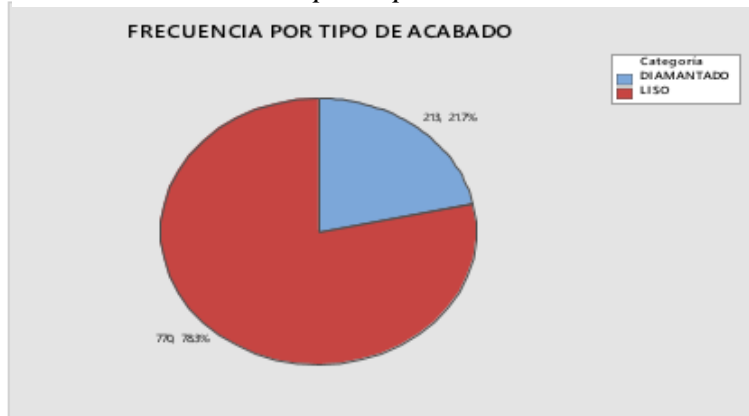
*Análisis de Frecuencia por Color*



**Tipo de acabado** → se selecciona el tipo de acabado liso por tener el 78.3% de la información.

**Figura 4.6**

*Análisis de Frecuencia por Tipo de Acabado*



**N° de argollas** → se selecciona trabajar con modelos que tienen una sola argolla que representa el 85.9% de la data.



**Figura 4.7**

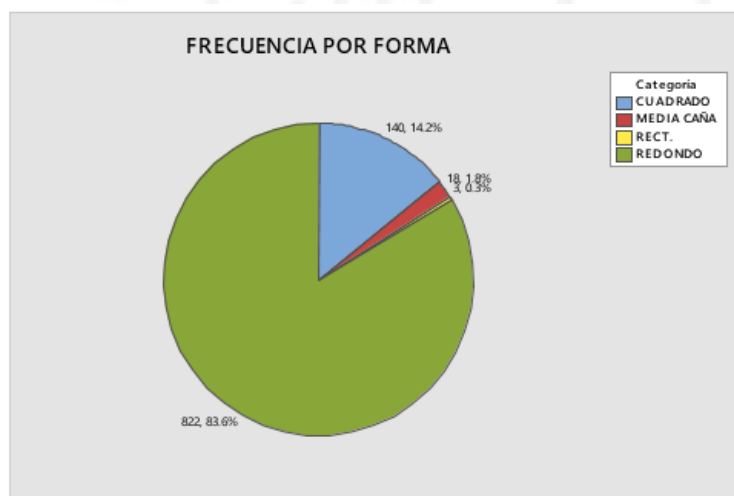
*Análisis de Frecuencia por N° de argollas*



**Forma** → se selecciona trabajar con los modelos redondos por poseer el 83.6% de la data.

**Figura 4.8**

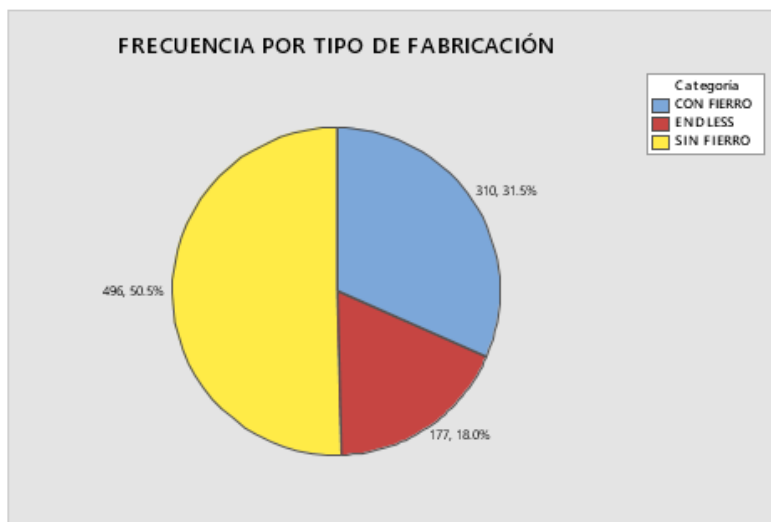
*Análisis de Frecuencia por Forma*



**Tipo de Fabricación** → se selecciona los aretes sin fierro por poseer el 50.5% de toda la data.

**Figura 4.9**

*Análisis de Frecuencia por Tipo de fabricación*



Finalmente se concluye que el modelo seleccionado por análisis de frecuencia es:

- Kilate → 14 k
- Rango de peso → Súper ultra liviano (SUL)
- Color → Amarillo
- Tipo de acabado → Liso
- N° de argollas → 1 argolla
- Forma → Redondo
- Tipo de fabricación → Sin fierro

La gráfica de caja o Boxplot es una herramienta de la Estadística Descriptiva que nos proporciona un resumen gráfico de una muestra, respecto a la centralidad y variabilidad de los datos, además permite detectar visualmente cualquier valor atípico. Se elaborará el gráfico de caja para las 3 variables continuas seleccionadas:

- Medida final del tubo
- Medida de diámetro externo
- Espesor de la lámina

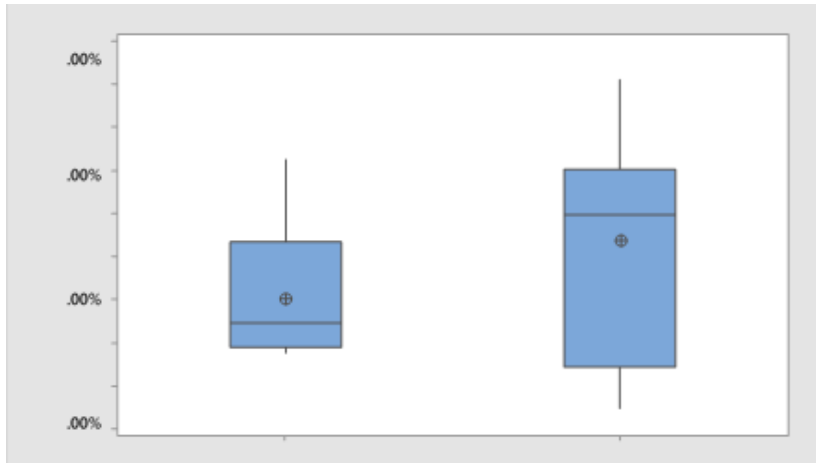
#### **4.6 Medida final de tubo**

Cuando la Medida Final del tubo es más grande se visualiza una mayor dispersión de los datos (mayor variación de peso), con una tendencia marcada a salir por encima del peso

requerido. No existe ningún dato atípico (Ver Figura 4.10).

**Figura 4.10**

*Diagrama de Caja o Box Plot – Medida Final*



Al existir evidencia de que la medida final del tubo, influye en el peso, se concluye que un proceso crítico que determina la variación de peso es el Trefilado, parte del proceso de Maquinado que se encarga de estirar el tubo hasta dejarlo en su medida final.

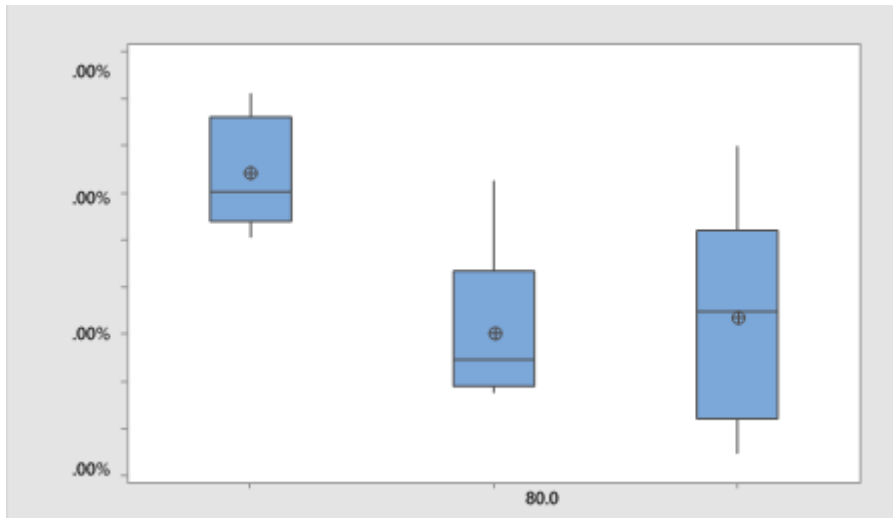
**Conclusión:** A mayor medida de tubo, existe una tendencia a que el peso real, sea mayor al peso requerido, ya que requiere menor estiramiento al momento de trefilar el tubo.

#### 4.6.1 Medida diámetro exterior

Cuando el diámetro exterior del arete es menor, se visualiza una mayor tendencia asimétrica por encima del peso, incluso mayor a la variación permitida del 5%. No existe ningún dato atípico (Ver Figura 4.11).

**Figura 4.11**

*Diagrama de Caja o Box Plot – Diámetro Exterior*



Al existir evidencia de que la medida final del tubo, influye en el peso, se concluye que un proceso crítico que determina la variación de peso es el Rolado, parte de los procesos intermedios, en donde el material es doblado en forma circular. Se debe analizar posibles evidencias que nos permitan concluir que, a menor diámetro, existe mayor tendencia de arrugas internas, lo cual incrementaría el peso. También debe analizarse, la manera en que el área de Desarrollo proyecta los pesos de las muestras fabricadas, para los aretes de diferentes medidas, ya que puede deberse a un error en sus fórmulas de estimación y proyección.

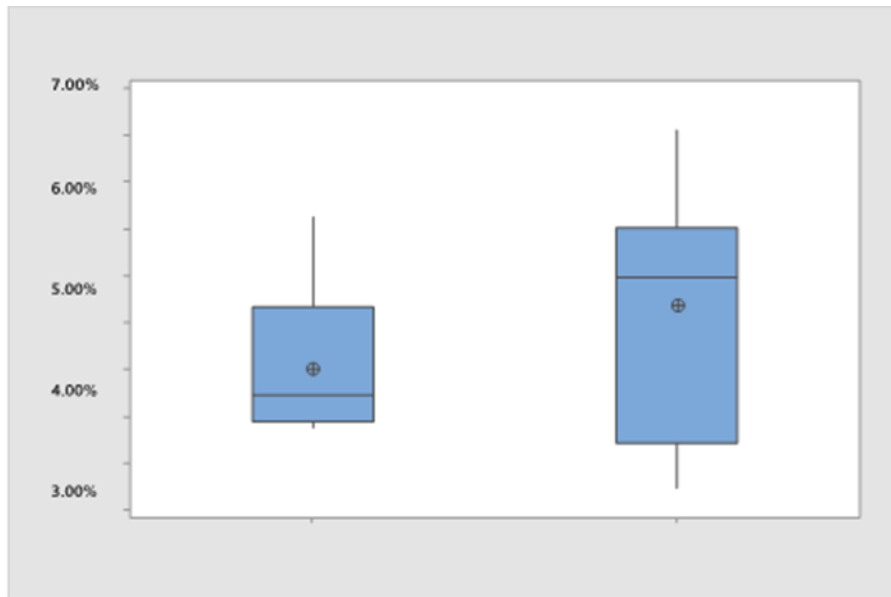
**Conclusión:** A menor diámetro externo de arete, existe una tendencia a que el peso real, sea mayor al peso requerido.

#### **4.6.2 Espesor de lámina**

Cuando el espesor de la lámina es mayor, se visualiza un incremento en la variación del peso y una tendencia de tener pesos reales mayores al requerido. No existe ningún dato atípico (Ver Figura 4.12).

**Figura 4.12**

*Diagrama de Caja o Box Plot – Espesor de lámina*



Al existir evidencia de que el espesor de la lámina, influye en el peso, se concluye que un proceso crítico que determina la variación de peso es el Laminado, parte del proceso de maquinado, en donde el material es reducido a su espesor de lámina, mediante presión y tratamientos térmicos. Al existir un mayor espesor, existe menos cantidad de presión aplicada y menos tratamientos térmicos que modifican la dureza del material, se deben analizar evidencias que nos permitan concluir que la dureza de la lámina y el tubo, determina la variación de peso.

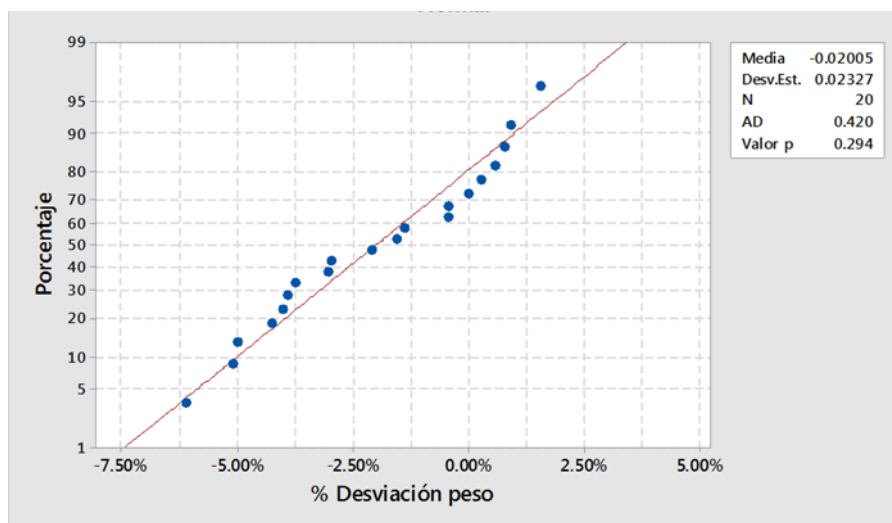
**Conclusión:** A mayor espesor en la lámina, existe una tendencia a que el peso real, tenga mayor variación respecto al peso requerido.

#### **4.7 Descripción del desempeño del proceso (Estadística Descriptiva)**

Para poder analizar el desempeño de nuestros datos, primero se realizará una prueba de normalidad a nuestra variable (Y) % Variación de peso (Ver Figura 4.13).

**Figura 4.13**

*Prueba de normalidad – variación de peso (normal)*



Se concluye que los datos corresponden a una distribución normal ya que Valor  $p = 0.294 > 0.05$ .

Luego, se realizó un análisis descriptivo de la data en donde se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la Tabla 4.5

**Tabla 4.5**

*Datos estadísticos – Variación de Datos*

Variable	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
%Desviación peso	-0.02005	0.02327	-0.06096	-0.04003	-0.01824	0.00193	0.01527

Al tener una Media = 2.05% y una Mediana = 1.8%, **no existe centralidad en los datos.**

Al tener un valor mínimo de -1.52% y un valor máximo de 6.09%, tenemos una amplitud  $A = 7.61\%$ , la amplitud aceptada es de 10 % (+/- 5%), por lo que se concluye que **la variabilidad de los datos, está dentro de lo esperando.**

La mediana = 1.8%, lo cual nos indica que la data tiene una mediana fuera de lo esperado 0%.

#### 4.8 Análisis de procesos: Estabilidad y Capacidad

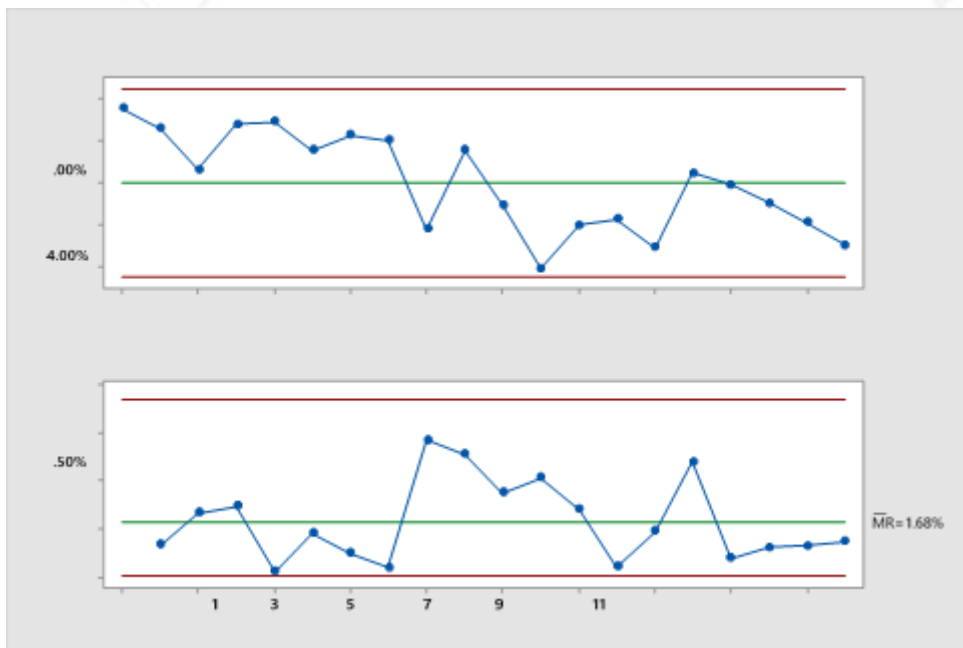
La estabilidad de un proceso durante la recolección de datos se muestra mediante las Gráficas de Control. Para el análisis de nuestra única variable dependiente (Y) % Variación de peso, se utilizó la Gráfica de Control para valores individuales I- MR.

Las restricciones seleccionadas fueron:

- 1 pto. > 3 desviaciones estándar desde la línea central.
- 9 pts. consecutivos en el mismo lado de la línea central.
- 6 pts. consecutivos todos ascendentes o descendentes.

**Figura 4.14**

*Gráfica de Control – Variación de Peso*



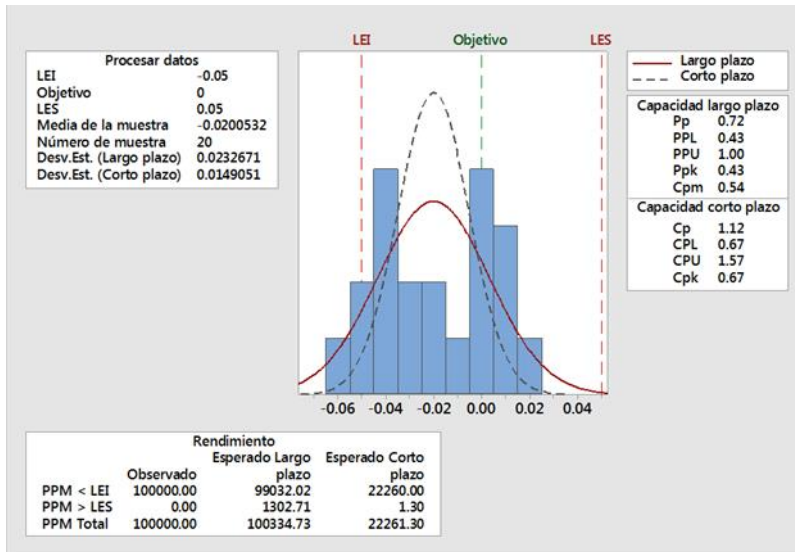
**Conclusión:** los datos son estables, ya que todos los puntos se encuentran dentro de las restricciones definidas.

La gráfica de capacidad se puede analizar mediante el indicador Cpk y mediante el Nivel Z.

A continuación, en la Figura 4.15, se visualiza un  $Cpk = 0.67 (< 1)$ , por lo cual se concluye que nuestro proceso **NO ES CAPAZ** debido a que existen datos fuera de las especificaciones aceptables en la variación de peso.

**Figura 4.15**

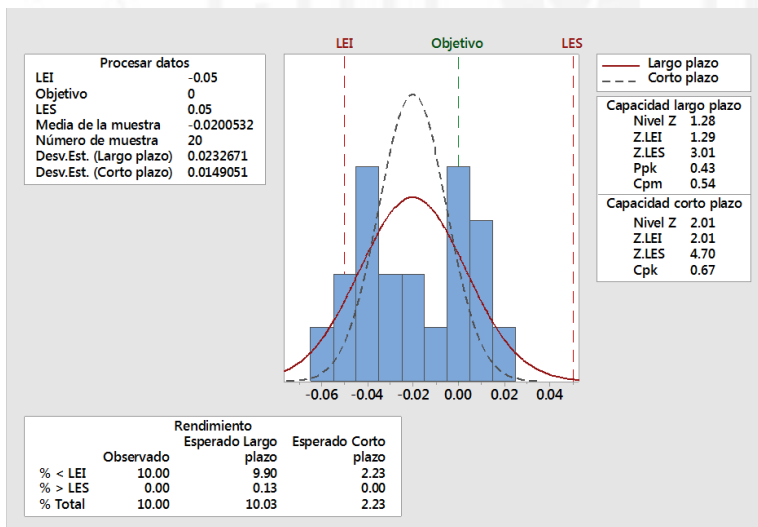
*Análisis de capacidad CP-PP – Variación de Peso*



En la figura 4.16 se determina que el Nivel  $Z = 2.01$ , por lo que el Nivel  $\sigma = 3.51$  y al ser menor que  $4\sigma$ , se concluye que el proceso **NO ES CAPAZ**.

**Figura 4.16**

*Análisis de capacidad NIVEL Z – Variación de Peso*



## 4.9 Análisis FMEA

El Análisis Modal de Fallos y Efectos es una herramienta para prevenir errores potenciales durante el desarrollo del producto.

Por el gran número de procesos y falta de estandarización de los mismos, en Arin



S.A. se detectan un sin fin de errores potenciales, por lo cual nos enfocaremos en únicamente los más críticos relacionados directamente a los problemas de peso. Para ello, se utilizó una Herramienta de Calidad de análisis de causa raíz que nos permitirá obtener un conjunto de ideas y escoges aquellas que tengan mayor nivel de riesgo.

Las personas convocadas fueron los jefes de aquellas áreas y secciones, que, según el análisis de Causa Raíz de las No Conformidades del área de Control de Calidad, son las que causan y detectan este tipo de errores:

#### **4.9.1 Área y sección que pueden causar los Problemas de Peso**

- Desarrollo → encargado de determinar los parámetros y rutas de producción para la fabricación de cada producto según los estándares definidos por el cliente, garantizando rentabilidad y factibilidad. Se detectó que existe errores en los datos de la Hoja de Ruta, lo cual genera que los productos salgan con diferentes pesos a los establecidos.
- Maquinado → encargado de los procesos iniciales, después de fundición en donde se Lamina, Trefila y Rola el producto.

#### **4.9.2 Áreas que detectan los Problemas de Peso:**

- Calidad → quien genera las No Conformidades de acuerdo a las diferentes inspecciones.
- Mejora de Procesos → quien está a cargo de este proyecto y analiza diferentes indicadores de reproceso, residuos y retales, excedentes, rotación de inventario, etc.
- PCP → quien dispone los excedentes y programa los reprocesos.
- Producción → el que analiza y gestiona los indicadores de costos, en donde se analiza la eficiencia de Producción e identifica el impacto que genera en ellos, los reprocesos y excedentes por problemas de peso.

Dentro de la reunión, se solicitó elaborar un listado de fallas para cada proceso: Desarrollo, Laminado, Trefilado y Rolado. Posterior a ello se evaluó cada idea y se

elaboró la Matriz FMEA como se observa en la Tabla 4.6.

Se determinaron 11 Modos de Fallas, las cuales tienen 19 Causas de Falla: 4 de Riesgo medio y 15 de Riesgo alto.



**Tabla 4.6**

*Matriz AMEF*

PROCESO	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA	FRECUENCIA	CONTROLES	DETECTABILIDAD	NIVEL DE RIESGO
Desarrollo y diseño de producto	No existe registro de temperaturas de tratamientos térmicos en la Hoja de Ruta de productos	Alteración de dureza en el material	10	Los parámetros de tratamientos térmicos no son controlados por área de Desarrollo	10	No Existe	10	1000
	No existe registro de castigos (reducción de espesores) en la Hoja de Ruta de productos	Alteración de dureza en el material	10	Los parámetros de reducción de espesores no son controlados por área de Desarrollo	10	No Existe	10	1000
	Falla en las fórmulas de proyección de pesos para diferentes medidas y colores, en base a muestras físicas	Material liviano y pesado	10	No existe un análisis de ingeniería para la proyección de pesos en función a los parámetros de las muestras físicas.	7	Determinar procedimiento de proyección de pesos en base a muestras y programar auditorias	4	280
				El personal de desarrollo no cumple los procesos de proyección correctos.	5	No Existe	10	500
	Error en registro de datos de Hoja de Ruta	Material liviano y pesado	6	No existe un procedimiento establecido para el registro de las Hojas de Ruta	3	No Existe	10	180
				Falta de calibración de rodillos	10	No Existe	10	1000
Laminado	Error en la medida de láminas	Material liviano y pesado	10	Micrómetro descalibrado.	7	No Existe	10	700
				Operador no cumple los controles establecidos para el proceso.	5	No Existe	10	500
				Temperatura de horno	7	No Existe	10	700
	Error en el tratamiento térmico de la lámina	Alteración de dureza en el material	10	Operador no cumple los controles establecidos para el proceso.	5	No Existe	10	500

(continúa)

(continuación)

PROCESO	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA	FRECUENCIA	CONTROLES	DETECTABILIDAD	NIVEL DE RIESGO
Laminado	Error en el castigo de la lámina	Alteración de dureza en el material	10	Operador no cumple los parámetros de castigo de material	5	No Existe	10	500
	Error en la medida de paredes de tubo	Material liviano y pesado	10	No existe un análisis de ingeniería para determinar el espesor de las paredes de los tubos trefilados	7	Determinar procedimiento de proyección de pesos en base a muestras y programar auditorias	4	280
Trefilado				Dados de trefilado desgastados	10	No Existe	10	1000
				Operador no cumple los controles establecidos para el proceso.	5	No Existe	10	500
	Error en el tratamiento térmico de trefilado	Alteración de dureza en el material	10	Temperatura de horno descalibrada.	7	No Existe	10	700
				Operador no cumple los controles establecidos para el proceso.	5	No Existe	10	500
	Error en el castigo de trefilado	Alteración de dureza en el material	10	Operador no cumple los parámetros de castigo de material	5	No Existe	10	500
Rolado	Aparición de arrugas en rolado	Material liviano y pesado	10	No existe un análisis de ingeniería para determinar el espesor de las paredes de los tubos trefilados	7	Determinar procedimiento de proyección de pesos en base a muestras y programar auditorias	4	280

#### 4.9. Análisis Causa Raíz: (Ishikawa o 5 Por qué's)

El análisis de Causa Raíz, nos permite identificar el origen real del problema. En la tabla 4.7, se muestra el análisis 5 Porqué's para determinar la causa raíz de cada uno de las fallas con alto riesgo identificadas en la matriz AMEF.

**Tabla 4.7**

*Análisis 5 por qué's*

Área	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Laminado	Laminado	Laminado	Laminado Trefilado	/Laminado Trefilado	/Trefilado
<b>Causa de fallas de Alto riesgo</b>	Los parámetros de tratamientos térmicos no controlados por área de Desarrollo	Los parámetros de reducción de espesores no controlados por área de Desarrollo	El personal de desarrollo no cumple por procesos de proyección correctos.	de no los Falta de decalibración de rodillos	de Micrómetro descalibrado.	Operador no cumple los controles establecidos para el proceso.	Temperatura de horno descalibrada.	Operador no cumple los parámetros de castigo de material	no los Datos de trefilado de desgastados
<b>¿Por qué?</b>	No se consideran parámetros de tratamientos térmicos como controles críticos	No se consideran parámetros de mapeados, como auditorias planificadas	No se tienen procedimientos de mapeados, auditorias planificadas	No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.	No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.	No se tienen procedimientos de mapeados, auditorias planificadas	No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.	No se tienen procedimientos de mapeados, auditorias planificadas	No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.
<b>¿Por qué?</b>	Desarrollo no tiene un procedimiento de análisis de ingeniería para determinar todas las variables críticas	Desarrollo no tiene un procedimiento de análisis de ingeniería para determinar todas las variables críticas							

Se identificaron 3 causas Raíces:

- Desarrollo no tiene un procedimiento de análisis de ingeniería para determinar todas las variables críticas.
- No se tienen procedimientos mapeados, ni auditorías planificadas.
- No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.

#### **4.10 Análisis de relaciones: Correlación y Regresión**

Uno de las causas raíces, determinadas en el análisis anterior, fue que el área de Desarrollo no tiene un procedimiento de análisis de ingeniería para determinar todas las variables críticas.

Las variables planteadas son: La temperatura de recocido, tiempo de recocido, el % de reducción y el número de castigos, tanto para el Laminado y Trefilado.

- Temperatura de recocido → para cada uno de los castigos (reducción de espesor), existe una temperatura diferente, por lo cual dificulta el registro de esta variable.
- Tiempo de recocido → al igual que la temperatura, varía por cada uno de los castigos, por lo cual también se dificulta el registro de esta variable.
- % de Reducción → al igual que los otros anteriores, varía por cada uno de los castigos, por lo cual también se dificulta el registro de esta variable.
- Número de Castigos → es constante para todo el modelo de Aretes Tubo seleccionado, por ende no tiene variación.

Según el análisis de cada variable, es imposible determinar la medición de una variable que determine el % de variación de peso, sin embargo, existe una variable indirecta que depende directamente de las 4 variables anteriormente descritas quees: La dureza del material.

El análisis de correlación y regresión busca representar mediante una ecuación, la relación que existe entre las variables independientes (X) con la variable dependiente (Y):

- (Y) = % variación de peso
- (X1) = Dureza del material laminado (%)
- (X2) = Dureza del material trefilado (%)

Para lo cual se tomó la dureza de todos los lotes producidos en una semana tanto después de Laminado y Trefilado, con el uso de un durómetro Analógico Tipo A ASTM 2240, que determina el % de resistencia que tuvo el material para impedir la penetración de la aguja medidora.

La Ecuación de regresión es:

$$\begin{aligned} \% \text{ Desv. peso} &= + 1.858 \\ &- 0.003502 \times \text{Dureza del material laminado (\%)} \\ &- 0.00118 \times \text{Dureza del material trefilado (\%)} \end{aligned}$$

$$R^2 = 63.43 \%$$

Determinando una relación significativa entre el % de Variación de peso y la dureza de los materiales Laminados y Trefilados.

#### 4.11 Acciones de corroboración de causas

Para poder determinar las causas raíces finales aplicaremos una técnica de corroboración de causas raíces potenciales, realizando pruebas destructivas o no destructivas, pruebas de campo, experimentos y otros.

Si al realizar esas pruebas o experimentos en las causas raíces identificadas, el % de variación de peso no se ve alterado en su desempeño, se descartará como causa raíz.

En la tabla 4.9 se muestran las 3 acciones determinadas para la corroboración de las 3 causas raíces. Sin embargo, existen 2 causas raíz que no tienen análisis de corroboración, por ser problemas críticos para todo proceso.

**Tabla 4.8***Acciones de corroboración de causas*

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA RAÍZ	MÉTODO DE VERIFICACIÓN	RAZÓN PARA EL MÉTODO DE VERIFICACIÓN	VERIFICADO?	NOTAS
Los parámetros de tratamientos térmicos y # de castigos no son controlados por el área de Desarrollo	No se controla dureza de material.	Controlar la dureza en Laminado y Trefilado de todos los lotes en todos los modelos de Aretes tubo por una semana. Estimar el % de Variación de peso según la ecuación de Regresión hallada. Determinar el impacto en la variable	Escases de oro y alto costo de refinación	Si	Causa raíz Significativa
Personal de Desarrollo Maquinado no cumplen los procesos establecidos	No se tienen procedimientos mapeados, ni auditorías planificadas	No requiere	La estandarización de procesos es la base de toda mejora	No requiere	Causa raíz Significativa
Falta de calibración de: Rodillos de laminado Micrómetros Hornos de recocido Dados de trefilado	No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.	No requiere	La planificación de mantenimiento preventivo a procesos críticos es la base de toda mejora	No requiere	Causa raíz Significativa

**4.12 Determinación de causas raíz**

Finalmente se concluye que las 3 causas raíces son:

- No se controla dureza en el material.
- No se tienen procedimientos mapeados ni planificación de auditorías.
- No existe un plan de mantenimiento preventivo de máquinas, equipos e instrumentos.



## CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS

Una vez identificadas y corroboradas las causas raíces, se determinó el conjunto de soluciones mediante métodos estadísticos y no estadísticos.

### 5.1 Desarrollar Plan de Quick Wins

Los proyectos rápidos son aquellos que no requieren análisis detallado y buscan solucionar aspectos evidentes.

**Tabla 5.1**

*Plan de Quick Wins*

#Fecha	Fuente	Acciones	Flujo de Trabajo	Beneficio esperado	Dueño	7 días	15 días	30 días	Estado
1. 01/01/2020	Desarroll	Elaboración de Manual de procesos y diagrama de bloques completo.	Determinación de Hoja de Ruta y proyección de pesos	Reducción del 5% de No Conformidades por problemas de peso	Angela Alvaron Mejora de Procesos			X	Terminado
2. 01/01/2020	Abasteci	Elaboración de Manual de procesos y diagrama de bloques completo.	Proceso de Laminado, Trefilado y Rolado	Reducción del 5% de No Conformidades por problemas de peso	Angela Alvaron Mejora de Procesos			X	Terminado
3. 01/01/2020	Manteni	Elaboración de Plan de mantenimiento preventivo de máquinas	Laminadora y Hornos de Recocido	Reducción del 8% de No Conformidades por problemas de peso	Eladio Trigo Mantenimiento			X	Terminado
4. 01/01/2020	Abasteci	Plan de renovación de herramientas	Dados de trefilado	Reducción del 7% de No Conformidades por problemas de peso	Melvin López Maquinado			X	Terminado
5. 01/01/2020	Manteni	Plan de equipos de medición	Calibrador y micrómetro	Reducción del 3% de No Conf. por problemas de peso	Eladio Trigo Mantenimiento			X	Terminado

En la tabla 5.1 se muestra el Plan de Proyectos Rápidos enfocados principalmente en la mejora del % de Variación de peso en la línea de Aretes tubo.

## 5.2 Optimizar el proceso: DOE – Design of Experiments

Es una prueba donde se realizan los cambios en las variables de entrada y observar los cambios que se producen en las variables de salida.

Según el estudio de correlación y los datos analizados, la dureza del material debe estar en 60 a 70 %, en la escala del Durómetro Analógico Tipo A ASTM 2240. En la tabla 5.2 se presenta el Diseño de experimentos.

**Tabla 5.2**

*Diseño de experimentos*

<b>Diseño Factorial</b>				
#	Factores	Tipo de dato	Nivel 1	Nivel 2
1	Dureza de material	Numérico	60%	70%
<b>Experimentos</b>				
#	Dureza	Aceptación (-5 % - +5 %)		
1	62	-0.50%		
2	65	-1.30%		
3	66	2.14%		
4	66.5	2.51%		
5	68	3.50%		

## 5.3 Desarrollar Plan de Mejora (Proyecto PMI)

A continuación, se presentan los proyectos principales de mejora identificados en el proceso DMAIC, con un costo total de USD 260,000.00 y un beneficio de USD 477,237.00

**Tabla 5.3***Programa de Mejoras*

#	Tipo de Proyecto	Nombre de Proyecto	Dueño	Patrocinador	Costo de Proyecto	Beneficio esperado	Finanzas validó?	Duración	Estado
1	Quick win	Estandarización de elaboración de Hoja de Ruta. Estandarización de proyecciones de peso en base a una muestra	Angela Alvarón - Mejora de Procesos	ARIN S.A.	USD 0.00	USD 47,724.00	NO	1 mes	Aprobado
2	Quick win	Estandarización de procesos de laminado. Estandarización de procesos de trefilado. Estandarización de procesos de rolado.	Angela Alvarón - Mejora de Procesos	ARIN S.A.	USD 0.00	USD 47,724.00	NO	1 mes	Aprobado
3	Quick win	Elaboración de plan de mantenimiento preventivo de laminadora y hornos de recocido.	Eladio Trigo - Mantenimiento	ARIN S.A.	USD 100,000.00	USD 76,358.00	NO	1 mes	Aprobado
4	Quick win	Plan de renovación de dados de trefilado.	Melvin López - Maquinado	ARIN S.A.	USD 90,000.00	USD 66,813.00	NO	1 mes	Aprobado
5	Quick win	Plan de calibración de equipos de medición.	Eladio Trigo - Mantenimiento	ARIN S.A.	USD 50,000.00	USD 28,634.00	NO	1 mes	Aprobado
6	Acción Sistemática	Control de Dureza de materiales.	Angela Alvarón - Mejora de Procesos	ARIN S.A.	USD 20,000.00	USD 209,984.00	NO	1 mes	Aprobado

En la última fase del proceso DMAIC se determinaron los sistemas que asegurarán que la operación mantenga las mejoras implementadas, con el fin de mantener los procesos estables y capaces.

#### **5.4 Documentar estándares operacionales**

La documentación de estándares operaciones es la documentación simple y clara de las instrucciones, enfocándose en lo relevante y facilita la comunicación.

A continuación, se lista los documentos que se deberán elaborar para la estandarización de operaciones, los cuales deberán incluir los respectivos controles de calidad y el control de dureza bajo los parámetros establecidos.

- Procedimiento de elaboración de Hoja de Ruta
- Procedimiento de proyecciones de peso en base a muestra física,
- Procedimiento de Laminado
- Procedimiento de Trefilado
- Procedimiento de Rolado
- Presupuesto y cronograma anual de mantenimiento preventivo de sección de Maquinado (incluye Laminado, Trefilado y rolado).
- Presupuesto y cronograma anual de renovación preventiva de dados de trefilado.
- Presupuesto y cronograma anual de calibración de equipos de medición.

#### **5.5 Desarrollar Plan de Control y Respuesta**

Esta herramienta nos permite determinar los atributos que deberá mantener el proceso para asegurar su eficacia en el tiempo. A continuación, en la tabla 5.4, se presenta el plan de control con cada indicador clave, frecuencia y responsables.

**Tabla 5.4**

*Plan de Control*

Diagrama de procesos funcional				Indicadores clave	Límites de especificación	Qué verifica	Frecuencia	Responsable	Acciones correctivas
Desarrollo	Laminado	Trefilado	Rolado						
Elaboración de Hoja de Ruta				- Peso de productos final - Parámetros de recocido	SI/NO	Si producción confirma parámetros críticos de fabricación	Cada vez que se elabore Hoja de Ruta	Personal de Desarrollo	Detener registro hasta que producción complete la información
Proyección de pesos				Pesos y parámetros proyectados en función a muestra	SI/NO	Si Desarrollo aplicó los procedimientos de proyección de pesos	Lote muestra diario	Control de Calidad	No conformidad a Desarrollo y seguimiento hasta cierre
	Laminado			- Espesor de material laminado. - Dureza de material laminado.	De acuerdo a Hoja de Ruta	- Medición con micrómetros. - Medición con durómetro	Todos los lotes que pasan al siguiente proceso	Control de Calidad	Detener producción hasta alcanzar los parámetros establecidos
		Trefilado		- Peso de material trefilado (10 cm.) - Dureza de material trefilado	De acuerdo a Hoja de Ruta	- Medición con balanza - Medición con durómetro	Todos los lotes que pasan al siguiente proceso	Control de Calidad	Detener producción hasta alcanzar los parámetros establecidos
			Rolado	Peso de material rolado	De acuerdo a Hoja de Ruta	- Medición con balanza - Medición con durómetro	Todos los lotes que pasan al siguiente proceso	Operario	No conformidad a Desarrollo y seguimiento hasta cierre

Para analizar los resultados del proceso DMAIC se requiere realizar un comparativo de los Costos de Calidad antes y después de la implementación de las mejoras establecidas.

## 5.6 Comparativo antes vs después

Para proyectar los resultados del Costo de Calidad, se estima que para el 2020 se reducirá el 50% del Beneficio estimado para el proyecto, es decir \$238,618 y para el 2021, la otra mitad.

Además, se espera que, por la pandemia del Covid-19 y los impactos que esto genera para un sector que no es de productos básicos, las ventas en el 2020 caigan en un 50%, mientras que para el 2021 crezcan en el mismo % en base al año anterior.

Según un análisis del área financiera, en las condiciones actuales (sin las mejoras implementadas), los Costos de Calidad se reducen en la misma proporción que las ventas, es decir que, si las ventas se reducen un 50%, los Costos de Calidad se reducirán en la misma proporción.

En la Tabla 5.5, se observa que el Costo de Calidad representará el 55.6% de las ventas para el 2021, mientras que para el 2019, representó un 59.4%.

**Tabla 5.5**

*Proyección de % Costo de Calidad sobre ventas (us\$)*

	2019	2020	2021
<b>Costo total de calidad sin mejoras</b>	5,065,081.00	2,532,540.00	3,798,811.00
<b>Costo total de calidad con mejoras</b>	5,065,081.00	2,293,922.00	3,560,193.00
<b>Crecimiento de ventas</b>		- 50%	+ 50%
<b>Ventas</b>	8,530,918.00	4,265,459.00	6,398,189.00
<b>% Costo de Calidad / Ventas</b>	59.4%	53.8%	55.6%

## CONCLUSIONES

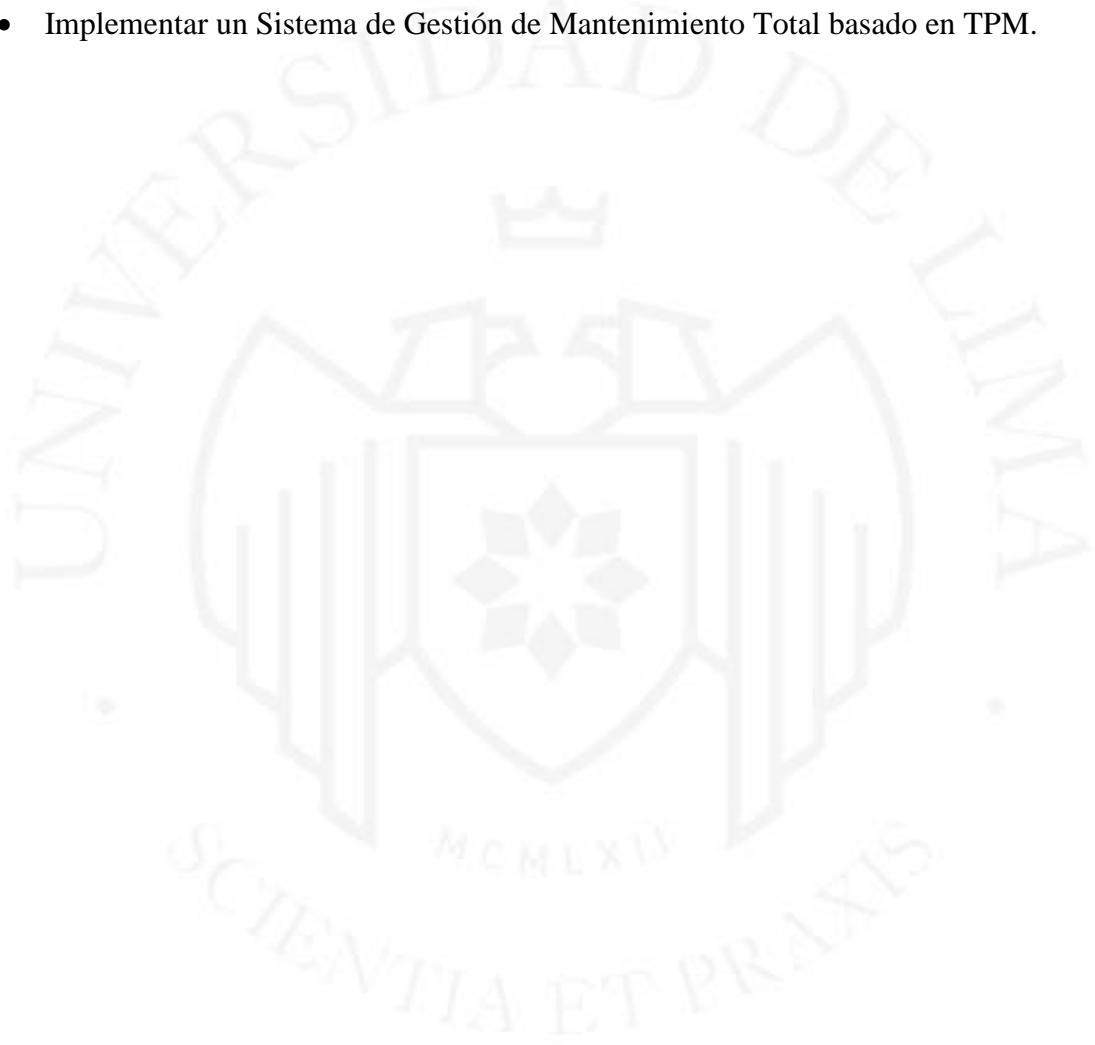
A continuación, se presentarán las conclusiones más resaltantes del presente proyecto de mejora:

- Los problemas de peso en la Línea de Aretes Tubo, generan \$954,472 al año en Costos de Calidad.
- Los procesos críticos en la elaboración de Aretes Tubo son: Desarrollo, Laminado, Trefilado y Rolado.
- La implementación del proyecto de Reducción de Defectos por peso en la Línea de aretes Tubo estimó una inversión de \$260,000 en un periodo de implementación de 3 meses, con lo cual se ahorrarían \$477,236 al año de implementado, lo cual se reflejaría en los Costos de Calidad y el Nivel de Calidad. Sin embargo, a causa de la pandemia, el proyecto quedó en detenido con un desembolso de \$0.00 y un avance de 5% del proyecto (conformación del equipo de trabajo).
- La base para la mejora de Procesos es el mapeo y estandarización de procesos.

## **RECOMENDACIONES**

Posterior a la implementación de las mejoras determinadas, se recomienda:

- Mapear y estandarizar los procesos de toda la Organización.
- Implementar un Sistema de Gestión de Calidad basado en ISO 9001.
- Implementar un Sistema de Gestión de Mantenimiento Total basado en TPM.





## REFERENCIAS

Asociación de exportadores. (2019). Boletín Sectorial Manufacturas, Artesanía, Joyería y Orfebrería octubre, 2019.

[https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin\\_octubre\\_artesantias\\_y\\_joyeria](https://issuu.com/manufacturasadex/docs/boletin_octubre_artesantias_y_joyeria).

Investing.com. (2020). Historial de tendencia de precios de oro.

<https://es.investing.com/search/?q=Historial%20de%20tendencia%20de%20precios%20de%20oro&tab=news>



## BIBLIOGRAFÍA

Bonilla E., Díaz B., Kleeberg F. & Noriega M. (2010). *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas*. Unidad de Lima, Fondo Editorial.  
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10832>

Millones, R., Barreno, E., Vásquez, F. y Castillo, C. (2016). *Estadística descriptiva y probabilidades. Aplicaciones en la ingeniería y los negocios*. Universidad de Lima, Fondo Editorial.  
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10760>

