



**DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO  
DE VALIDACIÓN DE PRODUCCIÓN  
DEL SISTEMA DE PARACHOQUES EN  
BASE DE ALUMINIO**

**TESINA**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN  
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA**

PRESENTA

**I.M.E. EDGARDO VILLEGAS FAZ**

**ASESOR: M. en C. JOSÉ CUAUHEMOC PÉREZ CAMPOS**

SAN LUIS POTOSÍ, SAN LUIS POTOSÍ, SEPTIEMBRE 2018

## 1. CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR



16 de julio de 2018

Mtro. Geovany González Carlos  
Coordinador Académico

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del alumno Grado y nombre completo, una vez revisada la Tesis o tesina titulada: "Documentación del proceso de validación de producción del sistema de parachoques en base de Aluminio", autorizamos que el citado trabajo sea presentado por el alumno para la revisión del mismo con el fin de alcanzar el grado de Maestro en Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería durante el Examen de Titulación correspondiente.

Y para que así conste se firma la presente a los 16 días del mes de julio del año 2018.

MC JOSÉ CUAUHTÉMOC PÉREZ CAMPOS

## 2. CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR



Santiago de Querétaro, Qro.  
21 de Agosto del 2018

Dra. María Guadalupe Navarro Rojero  
Directora  
Posgrado CIATEQ  
PRESENTE.

Por medio de la presente me estoy dirigiendo a Ud. de la manera más atenta, de que fui designado como revisor del trabajo de tesis del (la) Ing. **EDGARDO VILLEGAS FAZ**, del trabajo titulado:

**\*DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE VALIDACIÓN DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE PARACHOQUES EN BASE DE ALUMINIO\***

Después de haber leído, corregido e intercambiado información con el (la) estudiante antes mencionado(a), el trabajo de tesis que me fue entregado y haciendo resaltar que el (la) estudiante realizó todos los cambios que le fueron sugeridos a la tesis, ésta puede ser autorizada para su publicación y que de ésta manera pueda iniciar los trámites correspondientes para iniciar el proceso de titulación.

Sin otro particular por el momento y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta y en beneficio del estudiante y la institución, agradezco la atención que se sirva prestar a la presente,

ATENTAMENTE

  
**Maestro en Ingeniería Industrial**  
**Abraham Ojeda de Miguel**

### **3. RESUMEN**

En la presente Tesina se realizará un análisis de la documentación del proceso de validación del sistema de parachoques en base de aluminio para reconocido cliente y vehículo a ser ensamblado en Mexico.

La documentación del proceso pertinente se llevará a cabo en el sistema de validación del cliente e internos, la metodología será de acuerdo al VDA 6.3, por los cuales se valorará capacidad de la máquina para control del proceso y producción en serie.

En la zona de San Luis Potosí existen grandes armadores de las cuales destacan General Motors y BMW, en las ciudades cercanas se cuentan con armadores como NISSAN, AUDI, Mercedes-Benz, Ford entre otras. Constellium es una empresa multinacional la cual es líder en proveer soluciones en aluminio para sus clientes los cuales destacan Boing, Bombardier, Coca-Cola, Budwaiser, Ford y BMW en sus distintas divisiones, la división automotriz es la que cuenta con mayor crecimiento en América del Norte por tal motivo se abre esta planta en San Luis Potosí, su primera en Mexico.

El objetivo principal del presente estudio será muy claro y consistente, se proporcionará la documentación para la validación de producción y se conseguirá la aprobación del cliente. En este contexto se enmarcará esta Tesina, por lo que además se tendrá una vertiente técnica en cuanto al estudio y propuesta de alternativas de cara a la documentación de la validación también tendrá una importante vertiente de atención al cliente en calidad, entregas y costo.

#### **Palabras Clave**

Calidad – Proceso – Soldadura – Auditoria – Producción – Ingeniería y Tecnología  
– Tecnología de vehículos de motor – Automóviles

## **4. ABSTRACT**

The present tesina intends to carry out an analysis of the documentation of the process for validation of the aluminum-based bumper system for premium customer and vehicle to be assembled in Mexico.

The documentation of the relevant process will be carried out according customer and internal validation system, the methodology will be with VDA 6.3, by which the machine capacity for process control and serial production will be assessed.

At the area of San Luis Potosí there are large car makers plants as General Motors and BMW stand out, in the nearby cities there are shipowners such as NISSAN, AUDI, Mercedes-Benz, Ford among others. Constellium is a multinational company which is a leader in providing aluminum solutions for its customers which include Boeing, Bombardier, Coca-Cola, Budwaiser, Ford and BMW in its various divisions, the automotive division is the fastest growing in America of the North for this reason this plant is opened in San Luis Potosí, its first in Mexico.

The main objective of this study is very clear and consists of providing the documentation for the production validation and obtaining the approval of the client. In this context, this thesis is framed, so in addition to having a technical side in the study and proposal of alternatives for the validation documentation also has an important aspect of customer service in quality, delivery and cost.

### **Keywords**

Quality - Process - Welding - Audit - Production - Engineering and Technology - Motor vehicle technology - Automobiles

# ÍNDICE

1. CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR.....	2
2. CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR .....	3
3. RESUMEN .....	4
4. ABSTRACT .....	5
4. GLOSARIO .....	9
5. CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	11
5.1 JUSTIFICACIÓN.....	13
5.2 DELIMITACIÓN.....	15
5.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	16
5.4 OBJETIVO GENERAL.....	17
5.4.1 Objetivos específicos.....	17
5.5 HIPÓTESIS .....	17
6. CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO.....	18
6.1 METODOLOGÍA.....	21
6.1.1 Tipos de auditoria.....	23
6.1.2 P2    Gestión de Proyectos .....	25
6.1.3 P3    Planificación del producto y desarrollo del proceso .....	28
6.1.4 Maquinaria y equipos.....	29
6.1.5 Planes de evaluación al producto .....	32
6.1.6 P4    Implementación del desarrollo de producto y proceso.....	33
6.1.7 P5    Administración de suministros.....	34
6.1.8 P6    Producción de análisis de procesos.....	36
6.1.9 P7    Atención, satisfacción y servicio al cliente .....	37
6.1.10 Cronograma.....	38
7. CAPITULO 3: RESULTADOS .....	40
7.1 AUDITORIA VDA DEFINICIÓN .....	40
7.1.1 FMEA .....	42
7.1.2 Plan de control .....	45
7.1.3 Capacidad .....	48
7.1.4 Dimensional.....	54
7.1.5 Soldadura .....	62
7.1.6 Rastreabilidad.....	69

7.1.7 Operación.....	72
8. CONCLUSIONES .....	77
9. RECOMENDACIONES .....	78
10. BIBLIOGRAFÍA .....	79
11. ANEXOS .....	80
11.1 ANEXO A.....	80
11.2 ANEXO B .....	81
11.3 ANEXO C .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1 VDA 2016 .....	22
2. Tabla 2 VDA 2016 División del VDA .....	24
3. Tabla 3 Encabezado del archivo de seguimiento .....	28
4. Tabla 4 Lista de revisión de requerimientos par maquinaria .....	31
5. Tabla 5 Encabezado del FMEA .....	42
6. Tabla 6 Encabezado del Plan de Control .....	46
7. Tabla 7 Piezas por hora fase 1 .....	51
8. Tabla 8 Piezas por hora fase 2 .....	52
9. Tabla 9 Piezas por hora fase 3 .....	52
10. Tabla 10 Resumen de Capacidad .....	53
11. Tabla 11 Tolerancias .....	56
12. Tabla 12 Prueba de repetitividad .....	59
13. Tabla 13 Tabla de dimensionales .....	60
14. Tabla 14 Tabla de dimensionales (continuación) .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1 Proceso.....	25
2. Figura 2 Fases del proyecto.....	26
3. Figura 3 Mapa de la planta para el proyecto.....	26
4. Figura 4 Formato de revisión de fases.....	28
5. Figura 5 Flujo de Validación de Maquinaria .....	29
6. Figura 6 Determinación de Capacidades .....	32

7. Figura 7 Cronograma del Proyecto .....	39
8. Figura 8 Flujo general del proceso de producción .....	41
9. Figura 9 Ensamble del sistema de parachoques en el auto .....	42
10. Figura 10 Flujo general del proceso de producción .....	44
11. Figura 11 Puntos de control y riesgos .....	46
12. Figura 12 Diagrama de flujo de operación .....	47
13. Figura 13 Diagrama de flujo de operación (continuación) .....	47
14. Figura 14 Esquema de producción en celda 1 .....	49
15. Figura 15 Esquema de producción en celda 2 .....	50
16. Figura 16 Diagrama de tiempos fase 1 A .....	51
17. Figura 17 Diagrama de tiempos fase 1 B .....	51
18. Figura 18 Diagrama de tiempos fase 2 A .....	52
19. Figura 19 Diagrama de tiempos fase 2 B .....	52
20. Figura 20 Diagrama de tiempos fase 3 A .....	53
21. Figura 21 Diagrama de tiempos fase 3 B .....	53
22. Figura 22 Scanner .....	54
23. Figura 23 Pantalla de FaroArm .....	56
24. Figura 24 Resultados de medición .....	57
25. Figura 25 Resultados de medición (continuación) .....	57
26. Figura 26 Prueba de normalidad .....	57
27. Figura 27 Gráfica de capacidad de proceso .....	58
28. Figura 28 Equipo de inspección de soldadura .....	63
29. Figura 29 Equipo de inspección de soldadura (continuación) .....	63
30. Figura 30 Microsección de soldadura .....	64
31. Figura 31 Microsección de soldadura y penetración .....	64
32. Figura 32 Microsección .....	65
33. Figura 33 Gráfica de normalidad .....	66
34. Figura 34 Gráfica de capacidad del proceso de soldadura .....	66
35. Figura 35 Diagrama de flujo de inspección .....	68
36. Figura 36 Visión del panel de control de Plex .....	70
37. Figura 37 Listado de reportes .....	71
38. Figura 38 Panel de reportes .....	72
39. Figura 39 Formato de Auditoria .....	74
40. Figura 40 Plan de Auditorias .....	74



## 4. GLOSARIO

5S	Metodología japonesa: Clasificar (Seiri), Orden (Seiton), Limpieza (Seiso), Estandarización (Seiketsu), Disciplina (Shitsuke)
8D	Metodología de resolución de problemas diseñada para encontrar la causa raíz de un problema, idear una solución a corto plazo e implementar una solución a largo plazo para evitar problemas recurrentes
AMEF	Análisis de Modo Efecto de la Falla
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ASNA	Estructuras Automotrices de Norte América
ASSE	Sociedad Americana de Ingenieros de Seguridad
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
BOM	Lista de Materiales
Calidad	Herramienta básica e importante para una propiedad inherente de cualquier cosa
CMM	Maquina de Medición de Coordenadas
CMS	Sistema de Manejo de Choque
CNC	Computadora de Control Numérico
Costo	Valor adquirido a razón de características cualitativas o cuantitativas
DIN	Instituto Aleman de Estandarización
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar
EHS	Medioambiente, Higiene y Seguridad

Entregas	Cumplir con el requerimiento del cliente en tiempo y forma
IATF	International Automitive Task Force
IMDS	Sistema Internacional de Información de Materiales
ISO	Organización Internacional de Estandarización
KANBAN	Método Lean par manejo y mejora de sistemas de surtimiento
Lean	Metodología para mejora de procesos
LED	Diodo de emisión de Luz
LOTO	Procedimiento de seguridad para asegurar máquinas y no prenderlas
LPA	Proceso de Auditorias por Capas
MA	Mantenimiento Autónomo
NFPA	Asociación Nacional para Protección de Fuegos
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
PFMEA	Análisis de Modo Efecto de la Falla de Procesos
PLC	Controlador de Lógica Programable
PPA	Aprobación de Proceso de Proveedor
QS-9000	Sistema de Calidad
RIA	Red de Innovación y Aprendizaje
SMED	Sistema para reducir el tiempo en cambios de herramientas
SQE	Ingeniero de Sistema de Calidad
TPM	Sistema para Carga de Material en camiones para entrega
TR1	Metodología para programación de robots
VDA	Sistema de Control de la Calidad para Automotriz Alemana

## 5. CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Constellium es un productor mundial de productos de aluminio con sede en Ámsterdam, Países Bajos. Se creó cuando Rio Tinto vendió Alcan Engineered Products a Apollo Management (51%) y FSI (10%) en 201. Alcan Engineered Products fue el resultado de varias fusiones y adquisiciones entre Pechiney, Alcan y Alusuisse. Constellium fabrica productos laminados de aluminio y productos extruidos basados en una gran variedad de aleaciones avanzadas. La empresa reportó 4.700 millones de euros de ingresos en 2016.

Constellium cuenta con básicamente tres divisiones las cuales son las siguientes:

- Aeroespacial y Transportación - tiene alrededor de 3.800 empleados trabajando en 7 sitios en Europa y América. Produce piezas y componentes de aviones para los sectores de aviones comerciales, militares y espaciales. Ofrece una aleación de baja densidad para aeronaves más ligeras denominado AIRWARE®. Esta solución es una tecnología que inspira un mayor interés entre las empresas aeroespaciales en el uso de nuevas soluciones de aluminio para estructuras de alta tecnología en la próxima generación de aeronaves.
- Empaque y productos laminados - tiene cuatro plantas y emplea a más de 4.200 personas, quienes diseñan y producen empaques, bobinas y láminas de aluminio.
- Estructuras automotrices – tiene diez sitios en Europa y 2 en América, emplea a más de 2.200 personas, proporciona estructuras para fabricantes de automóviles europeos y norteamericanos, mercados emergentes en el sector automotriz mundial, de seis sitios en Alemania, Estados Unidos y China. En paralelo, Constellium también suministra diversas extrusiones personalizadas, incluyendo aleaciones blandas y duras y grandes perfiles.

El aluminio es una industria sustentable y a la vez amigable con el medio ambiente, la política del reciclaje se ha vuelto muy importante en la industria del aluminio, el 75% de todo el aluminio producido desde 1888 todavía se usa hoy en día. Como parte de su programa de reciclaje, Constellium es socio del proyecto PAMELA de la Unión Europea, donde ayudó a reciclar las partes de aluminio de un avión Airbus A300 de 35 años de edad. El 77% del peso del avión era de aluminio, que es totalmente reciclable y no pierde sus propiedades cuando se recicla de la manera apropiada.

Constellium es miembro fundador de Aluminium Stewardship Initiatives para promover prácticas responsables en toda la cadena de valor del aluminio. También se unió en 2013 al Pacto Mundial de la Organización de las Naciones Unidas.

El año pasado, Constellium anunció que construiría una nueva planta de fabricación de estructuras automotrices en el condado de Bartow, Gerogia, que se esperara comience la producción en 2017. Constellium duplicó la capacidad de fabricación en su instalación en Van Buren, Michigan, en 2015 y ha mejorado el proceso de prototipos avanzados y capacidades de desarrollo para servir mejor a los clientes de automoción en América del Norte.

Partiendo de esto, la división de la que forma parte será Estructuras Automotrices, de las cuales el arranque de planta y validación de producción serán las tareas que se tendrán por desempeñar con objetivos y fechas previamente establecidos y mencionados en los siguientes renglones.

El proceso de auditoria será siguiendo el VDA 6.3, dado que es una importante y bien establecido metodología para el análisis del proceso, se sistema de auditorías a proceso exhibe un alto grado de eficiencia a través de la evaluación del rendimiento objetivo de los procedimientos y procesos en el sitio, se examinarán las interfaces de liberación, el soporte de funciones en el proyecto y la fase de producción en serie.

Después de la primera edición del VDA 6.3 publicada en 2008 una revisión total fue completada en 2010, adicional con la revisión del 2016 sirvió para recolectar la experiencia para actualizar y optimizar este último volumen.

El proceso estándar del VDA 6.3 consta de criterios de evaluación y requerimientos adicionales para el proceso de auditoría, así como la preparación previa a la implementación de las mismas.

## **5.1 JUSTIFICACIÓN**

La necesidad parte de la exigencia del mercado en mejorar el abastecimiento local para satisfacer los requerimientos de los clientes más exigentes, a la vez mejorar el servicio al cliente acerca de lo que se pueda ofrecer, esto conlleva a que México salga al mapa como industria emergente y empiecen a llegar nuevas ensambladoras automotrices creando la necesidad de abrir una nueva planta Constellium en el territorio mexicano para dar servicio a una reconocida ensambladora alemana de carros de lujo en el área del Bajío Occidente.

Para una rápida reacción a las demandas del cliente, se debe de tener una unidad capaz de producir, así como de implementar las acciones y mejoras pertinentes así se requieran, esto aunado a la rápida solvencia de los cambios de ingeniería o en caso de cambios de demanda, tener la capacidad de solventar para solventar el apuro de nuestros clientes, para esto es básico el poder contar con una cadena de suministros robusta y con posiciones estratégicas dentro del territorio mexicano para acortar tiempos de entrega y posibles esperas en traslados largos y cruce de fronteras.

Uno de los requerimientos del cliente fue la apertura de una planta del grupo Constellium en la región cercana donde su ensambladora comenzaría a producir, por lo tanto, al perseguir el proyecto se da la tarea de buscar la ubicación y características óptimas para un desenlace satisfactorio y así cumplir las expectativas del cliente en cuestión.

La Planta Constellium SLP, ubicada en San Luis Potosí, permitirá a Constellium responder a la creciente demanda de aluminio ligero y de alta resistencia Crash Management Systems y estructuras automotrices para la industria automotriz en expansión en México. La industria automotriz espera que cerca de cinco millones de vehículos serán producidos anualmente en México para 2019,

convirtiéndose en uno de los mercados más grandes para la producción de automóviles.

Constellium planea invertir aproximadamente 10 millones de dólares en la instalación de 5.000 metros cuadrados, que podría ampliarse a 13.000 metros cuadrados en el futuro para adaptarse a las necesidades de suministro de los clientes. La compañía espera emplear inicialmente a aproximadamente 100 personas en San Luis Potosí, que tiene una ubicación central para apoyar a clientes actuales y nuevos en todo México. (Department, 2016)

Retomando la competitividad empresarial es hacer referencia a las diferentes estrategias y métodos que las diversas entidades comerciales elaboran para obtener los mejores resultados, así como también de que estos sean los mejores en el mercado y dependiendo del desempeño le permitirán subsistir en el área en el que se inserta aunado de un mejor posicionamiento en el marco de oferta del producto y satisfacción al cliente. Esto nos lleva a una auto exigencia mayor al pasar el tiempo para poder subsistir y tomando esto se puede explicar la necesidad del proyecto de una nueva planta.

"La planta de San Luis Potosí es un paso importante en nuestro desarrollo en América del Norte y permitirá a Constellium expandir su negocio en uno de los mercados automotores más importantes del mundo", dijo Eric Krepps, Gerente General de Constellium de Automotive Structures for North America. "Al acercar nuestros procesos de fabricación avanzada a México para estar cerca de las plantas de montaje de nuestros clientes, tenemos una nueva oportunidad para apoyar a los fabricantes de automóviles en su misión de hacer los vehículos más ligeros, mejorando así la economía de combustible y la reducción de emisiones".

Todo este esfuerzo tiene que llevar un orden y cuidado, donde entran las auditorías de proceso, la documentación del proceso para beneficiar a la compañía debido a que le permitirán hacer una evaluación, verificación a cada uno de los procesos de producción y a las áreas o sistemas relacionados al producto para asegurar que este cumple con los requisitos especificados, se están llevando a cabo de acuerdo a lo que se tiene como objetivo ya sea en instrucciones de trabajo, especificaciones de proceso, planes de calidad; además de cumplir con los requisitos específicos del cliente.

## 5.2 DELIMITACIÓN

El tema se desarrollará en la planta Constellium México en San Luis Potosí, en el parque de reciente construcción Colinas de San Luis Potosí, en el municipio de Pozos.

El producto que se van estar surtiendo será el sistema de para choque delantero y trasero para autos de reconocida marca alemana de lujo, todos los productos son hechos a base de aluminio, para este proyecto se sigue la normativa ISO 9001:2015 y el sistema de calificación del producto será por el VDA 6.3.

La gama de modelos de nuestro cliente serán los autos compactos para exportación hacia el mercado estadounidense y américa latina, así como para el mercado nacional de acuerdo a la demanda de cada mercado.

Los procesos serán:

- Estampado
- Punzonado
- Troquelado
- Corte
- Soldado

La maquinaria con la que se contará para el proceso es totalmente nueva con proveedores de Canadá, Estados Unidos y México con los cuales se tendrán con contratos de confidencialidad para ambos lados y no se podrán mencionar sus nombres, por los cuales en este documento se redactarán con nombres genéricos como A, B, C según sea el caso y el contexto en mención.

La maquinaria contemplada sería:

- Soldadura 1
- Dobladora 1

En la empresa, durante el proyecto todas las áreas están implicadas de una o varias maneras desde que nace el proyecto hasta que llega a la implementación y control, esto querrá decir que el éxito o fracaso del proyecto puede verse afectado por cualquier área incluida, el flujo del proyecto empieza

con el departamento de ventas que es el encargado de monitorearlo y compartir los tiempos objetivos a lo largo de su ejecución, como primeros pasos se exploró el proyecto con una validación de costo-beneficio, los cuales serían el beneficio económico producido a lo largo del proyecto y se comparara con los gastos o inversiones requeridas, posteriormente se llevó a cabo una revisión con las áreas de Ingeniería y Compras en conjunto de la Alta Gerencia, para analizar el riesgo y buscar la validación de los mismos con los requerimientos monetarios para la un correcto presupuesto de inversión y gasto.

El tiempo estimado para el proyecto serán 62 semanas desde su validación de costos para la empresa hasta su implementación siendo una sola plataforma solo se tomará este tiempo, en este escrito solo se verá la validación técnica más sin embargo se guardará en mención el inicio para poder entender el esquema de actividades y tiempo de desarrollo.

Como objeto de estudio se quedará asentado la implementación del programa y su validación de producción del sistema de parachoques en base de Aluminio, el objeto de estudio será el sistema utilizando para lograr todos los objetivos en tiempo y forma.

### **5.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿El método de validación de implementación es el más óptimo para su evaluación de desempeño del proyecto?

¿El método de calificación dimensional es el más óptimo para su evaluación de desempeño de maquinaria?

¿El método de calificación de soldadura es el más óptimo para su evaluación de desempeño de maquinaria?

¿Contamos con la maquinaria adecuada para cumplir los requerimientos del cliente en Calidad y Entregas?

¿En el proceso de producción inicial fue el correcto, de acuerdo a su Calidad y Entregas?



## **5.4 OBJETIVO GENERAL**

Documentar el proceso de instalación y puesta a punto de las líneas de producción de la nueva planta, comprobar que el método fue el correcto con maquinaria, equipo y proceso, todo esto de acuerdo al tiempo establecido y adicionando los impactos y movimientos de la agenda por cambios de ingeniería del cliente según sea el caso.

### **5.4.1 Objetivos específicos**

- ✓ Comprobar que el método utilizado fue el adecuado para la validación del desempeño del proyecto.
- ✓ Comprobar que el método de calificación dimensional es el más óptimo y adecuado para la validación del proyecto.
- ✓ Comprobar que el método de calificación de soldadura es el más óptimo y adecuado para la validación del proyecto.
- ✓ Verificar que la maquinaria diseñada sea la correcta para el cumplimiento de los requerimientos de nuestro cliente, en calidad, entregas y costo, en caso contrario encontrar las mejoras.
- ✓ Asegurar que el proceso de producción inicial fue el óptimo de lo contrario mejorarlo.

## **5.5 HIPÓTESIS**

Las hipótesis a comprobar es que el método utilizado se emplea de la manera correcta para la implementación y la validación.

Corroborar que el método de calificación dimensional es adecuado de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Corroborar que el método de calificación de soldadura es adecuado de acuerdo a los requerimientos del cliente.

La maquinaria es capaz de mantener el proceso de producción con los requerimientos del cliente en Calidad, Entregas y Costo.

El proceso planteado desde el inicio de proceso de cotización fue correcto y mantendrá su eficiencia a lo largo del programa.

## **6. CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO**

Como marco teórico se tomará como base las metodologías actuales de implementación y nueva validación de producción a través del VDA, las cuales se complementarían con la norma IATF 16949, con estas metodologías se realizará una recopilación de pasos y etapas. En primera instancia será revisión de agenda, objetivos y presupuesto, como segundo paso se revisará la maquinaria y procesos observando, mapeando, tomando datos y tiempos, así como físicamente cada una de las piezas con la idea de validar su calidad y en caso de ser necesario oportunidades de mejora.

Posteriormente se analizarán las oportunidades con el proveedor de la maquinaria para evaluar los beneficios y las actividades que se deben de generar para capitalizar las mejoras en Calidad, Entregas y Costo.

Con todos los cambios de ingeniería que se han de generar han provocado cambios de presupuesto y fechas objetivo, esto también se le suma obsoletos en refacciones, cambios de procesos, posibles reducciones de capacidad, modificaciones de flujos, así como validaciones adicionales en calidad para que se asegure los requerimientos de cliente.

Una vez "congelado" el diseño por parte del cliente se pasará a la etapa de calificación de piezas y proceso en las cuales se validará con el cliente mediante auditorias para corroborar los documentos que requiere el cliente en su plataforma virtual, los cuales son la evidencia que cumplimos de acuerdo a sus estándares de Calidad, Entregas y Costo, una vez validando la producción el área de Calidad Proveedores de nuestro cliente, se dará luz verde y se comenzará a embarcar en la fecha pactada de acuerdo a la rampa de producción que se estableció en contrato para que se alcancen los volúmenes picos durante los años del contrato.

Este proceso es el que se realizará cada vez que entra un cambio de ingeniería y dependiendo de la injerencia del cambio será el impacto en fechas de

entrega de documentación y entregas de materiales, en este caso del sistema de parachoque.

El contexto en el cual se sitúa la investigación es en dos productos que son el sistema de parachoque delantero y trasero así como la estructura que sostiene el radiador, éstos llevarán cambios de ingeniería que modificaron dimensiones de barrenos así como algunas ubicaciones, al ir avanzando en las evaluaciones de las pruebas destructivas del automóvil se esperará una segunda fase de cambios de ingeniería, aunado a este tipo de validaciones, se espera también cambios en el tratamiento térmico que se le darán a las piezas para alcanzar los requerimientos de dureza y plasticidad de las piezas en aluminio que es capaz de alcanzar, esto hace que se recuerde una cita de Henry Ford acerca de la innovación, "si le hubiera preguntado a la gente qué querían, me habrían dicho que un caballo más rápido".

Otra forma de contextualizar el estudio será por las líneas de producción, estas unidades serán maquinaria hecha a medida para garantizar calidad y tiempos ciclos óptimos para esa plataforma, la maquinaria que puede compartir números de parte solo serán las prensas manuales, dado que estas trabajarán con troqueles de levas para trabajar las extrusiones y estos se cambian de acuerdo a producto a estampar. En la maquinaria adicional se pueden producir piezas de otra plataforma, sin embargo, solo si se llegaran a realizar cambios significativos a los herramientas.

Una forma efectiva de trabajar la reducción de costos que se ha visto en la industria es cambiar el sitio de manufactura por esto la creación de una nueva planta en México, la mayoría de las empresas han optado por esta opción ya que representará beneficio en forma de ahorro sin cambiar la especificación de la materia prima y en este momento con el costo base de metales preciosos oro, plata y cobre a la baja representa una buena oportunidad ya que todos los productos que se elaboran son hechos con aluminio, el paso siguiente sería calificar el producto y contemplar los tiempos de entrega.

Para el proyecto y su mejor entendimiento se ha tenido que conceptualizar las palabras claves de la investigación que serán las que se mencionarán de manera regular para explicar el caso de estudio tales como implementación, que se utiliza para referirse a poner en funcionamiento o llevar a cabo algo

determinado, así como producción refiere a fabricar o elaborar un producto mediante el trabajo, el cual puede estar cumpliendo los requerimientos necesarios y estar en control, el caso contrario requeriría acción inmediata para contener y eliminar la condición dañina que compete a la producción, como ya se ha mencionado la implementación tiene varias etapas que se definen en la preparación, recepción, calibración y puesta a punto de la maquinaria para cumplir los procesos definidos con el integrador.

El proyecto que en este texto se describe, se terminará con la calificación aprobatoria por parte del cliente, de nuestros productos abriendo el canal de embarque para la planta ensambladora. Este proceso se garantizará con una buena liberación de equipos para mantener una buena capacidad en los procesos de manufactura, sentando unas bases sólidas en maquinaria y después en capacitación para el mantenimiento del proceso estándar evitando incrementos de costo por baja calidad y tiempo extra.

“Los dispositivos que mantienen al producto dentro de los límites de especificación son un sobre-ajuste grosero del proceso de variación natural que lo empeora e incrementan el costo.” (Deming W. E., 1993). Lo cual se interpreta haciendo énfasis en la inversión de equipos que centran los resultados de un proceso que su naturaleza es variación mayor de la mínima requerida.

También como definición se deberá de revisar los conceptos de manufactura comúnmente utilizados como tiempo de ciclo que se refiere a el lapso de tiempo en que le toma al operador producir una pieza, esto se llevará a los conceptos de inventarios tal como inventario de seguridad que es una cierta cantidad de piezas que cubre una cierta cantidad de demanda pico calculada respecto a la demanda promedio, para evitar paros de línea, estas cantidades y coberturas se pactaron al inicio del proyecto, las cuales se mencionarán en el texto.

Este tipo de estudios de reducción de implementación y validación de producción se requiere tocar en muchos ámbitos, si tomamos los conceptos de manufactura esbelta es gran parte una metodología para la optimización de procesos y aseguramiento de la calidad, nacida en Japón inspirada en los principios del Dr. William Edwards Deming basándose en la aceptación de cambios, eliminación de desperdicios, respeto por el trabajador y la mejora

continua de la productividad y calidad, definida como un conjunto de herramientas para eliminar operaciones que no agreguen valor al producto, aumento del valor y reducción de desperdicios todo esto para lograr un aumento en la productividad que desemboca a la mejora de la competitividad en el mercado.

“El mayor desperdicio... es no haber sabido utilizar las habilidades de las personas... conocer sus frustraciones sobre las contribuciones que están deseosos de hacer” (Deming W. E., 1982). Este se interpreta que el recurso de la fuerza humana es muy importante y se debe de escuchar para utilizar sus ideas.

Todos los artículos citados se basarán en conceptos de implementación y validación de producción y su explicación es muy simple, para el proyecto como indicador principal será el alcance de fechas objetivos y el cumplimiento de los envíos en las ventanas definidas para calificación de producto, así como las auditorías a proceso y a áreas en cuestión para garantizar una sana relación de proveedores de excelencia. Dando un muy buen camino acerca de los trabajos anteriores que se han efectuado, así como la dirección que se estará tomando en las demás empresas ya que este producto va en una creciente demanda y se requiere mejores costos para cubrir las necesidades del mercado cada vez más competitivo y exigente.

Las herramientas del concepto de la manufactura esbelta se basan en conceptos estratégicos culturalmente hablando para aumentar el valor y disminuir perdidas todo esto es importante, pero de la mano de la conceptualización del cumplimiento de los requerimientos del cliente para tener una satisfacción alta para con esto poder crecer y fortalecer la relación comercial, introduciendo soluciones innovadoras y competitivas que mejoren el desempeño de los productos de nuestros clientes.

## **6.1 METODOLOGÍA**

La metodología a tomar será la del VDA 6 parte 3, en la cual se redactan estos pasos:

P1: Análisis potencial

P2: Dirección de proyecto

P3: Planeación del producto y desarrollo del proceso

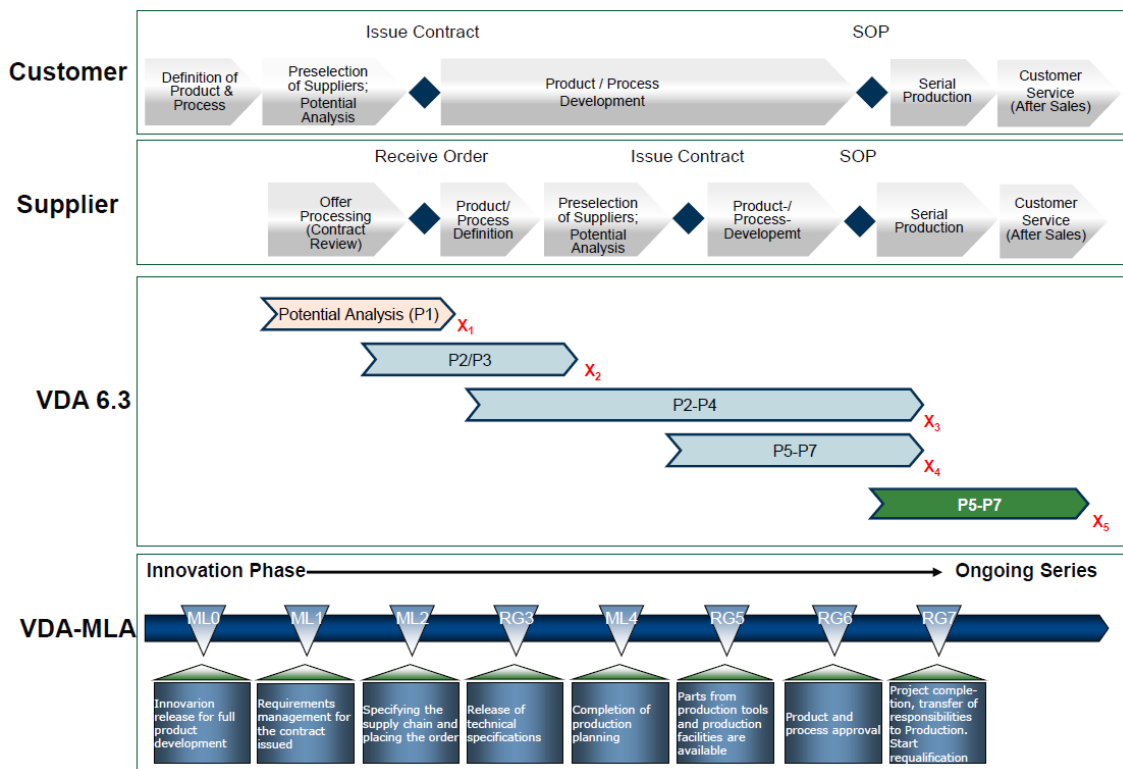
P4: Implementación del producto y desarrollo del proceso

P5: Dirección de proveeduría

P6: Análisis de proceso / producción

P7: Atención al cliente, satisfacción del cliente y servicio

Esta grafica a continuación nos comparte el panorama completo para entender mejor las fases dentro de la sección 6.3 del VDA:



VDA 6.2 Relación de los procesos

Tabla 1 ((VDA), 2016)

Para las evaluaciones de tiempos y presupuesto se revisará el cronograma y de acuerdo a las métricas del proyecto se estimará si está bajo los estándares normales internos del proyecto, por medio de sondeos de los registros, a partir de ahí se traza el comportamiento, como los temas financieros son privados, el estudio solo hará la referencia de montos en porcentaje de un total.

Para los demás procesos que incluyen una cotización del proveedor se hará mediante un diseño no experimental dependiendo de los precios incluidos en los contratos comerciales con términos y condiciones, esto se realizará en una tarea de negociación con proveedores, con reducción de costos y aumento de calidad así como capacidad, en los casos en donde se negocia aumentos de volumen anuales con una recotización del producto con cambios de ingeniería, se buscará lo más competitivo no solo en precio sino en Calidad, Entregas y Costo en este orden.

La norma VDA (Verband der Automobilindustrie) contiene el sistema de gestión de calidad para la industria automotriz de Alemania. En diciembre de 1998 se emitió la cuarta edición de esta norma, que a partir del 1 de abril de 1999 es obligatoria para todos los fabricantes de automotores alemanes.

La norma VDA está dividida en dos partes: la primera, se refiere a la gestión y, la segunda, a los productos y procesos. Es importante mencionar que la norma VDA, redactada sobre la base de ISO 9001:1994, contiene todos los elementos de QS-9000, con cuatro requisitos adicionales:

- Reconocimiento del riesgo del producto:
- Satisfacción de los empleados
- Estructura de cotización
- Antecedentes de calidad

### **6.1.1 Tipos de auditoria**

De acuerdo al VDA hay distintos tipos de auditoria dependiendo de lo que se quiera auditar.

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| • Auditoria de Sistemas           | VDA 6.1 / 6.2 / 6.4 |
| • Auditoria de Procesos           | VDA 6.3             |
| • Auditoria de Producto           | VDA 6.5             |
| • Auditoria de Servicios          | VDA 6.6             |
| • Auditoria Equipos de Producción | VDA 6.7             |

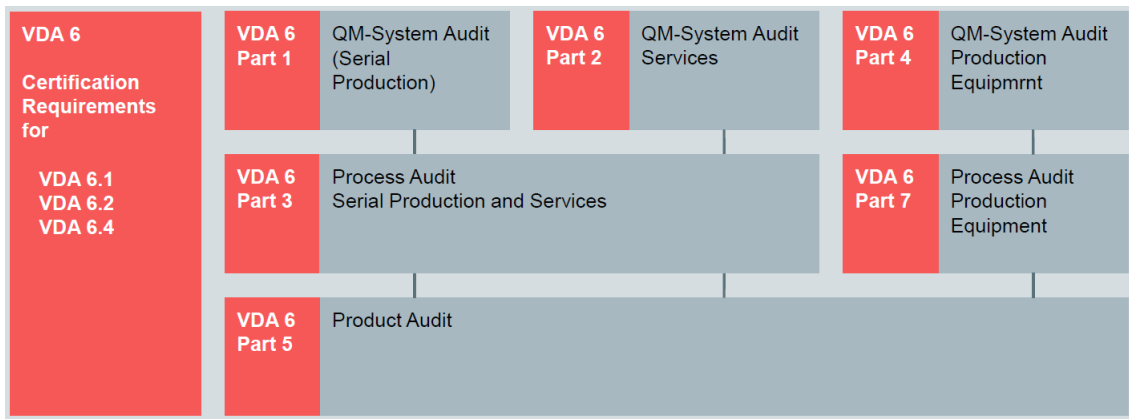


Tabla 2 ((VDA), 2016) División del VDA

En este caso, únicamente se mencionará la parte 3 que sería proceso de auditoría a producción en serie.

Se tomará nuevamente en cuenta las áreas en las que se generará la evaluación son del P1 al P7:

P1: Análisis potencial

P2: Dirección de proyecto

P3: Planeación del producto y desarrollo del proceso

P4: Implementación del producto y desarrollo del proceso

P5: Dirección de proveeduría

P6: Análisis de proceso / producción

P7: Atención al cliente, satisfacción del cliente y servicio

Le llamaremos por grupos de la siguiente manera:

X1 = P1

X2 = P2 / P3

X3 = P2 – P4

X4 = P5 – P7

X5 = P6 – P7



De acuerdo a esto X5 es ideal para aplicarse como monitoreo regular de la producción en serie o como respaldo/soporte de alguna situación que implique un análisis para identificar algún cambio.

Para denotar y clarificar un poco el proceso de auditoria se presenta esta figura:



Figura 1 Proceso

Para el caso X1 que es la parte inicia de análisis potencial se acuerda en conjunto con el cliente que esta evaluación no será realizada dado que esta se realizó al inicio del proyecto y fue a corporativo.

### 6.1.2 P2 Gestión de Proyectos

Desde el comienzo del proyecto se planearán los tiempos de cada una de las etapas, estas partiendo de la necesidad de nuestro cliente, el diseño toma una gran importancia dado que se optimizará con la suma de esfuerzos de diferentes áreas, una vez aceptado el diseño preliminar se inicia la etapa de prototipos y construcción de la maquinaria para producción en serie, posteriormente se entrará a una fase de aprobaciones con el cliente con piezas físicas.

En un inicio los prototipos se evaluarán de manera preliminar hasta llegar a la fase final de producción donde se evaluará el producto como parte de un sistema, es decir un vehículo. Las pruebas a las cuales se somete el producto fueron previamente acordadas en la asignación del negocio y de acuerdo a los requerimientos del cliente para cumplir normativa y funcionalidad así llegar a la una satisfacción plena de nuestro cliente.

La aprobación final de cliente para la producción final es una auditoria VDA 6.3 en sitio, posteriormente a la aprobación de la auditoria se procederá con el inicio de producción en serie y tiempo de después se procede con la validación y entrega a planta del proyecto.

En la siguiente imagen se muestran las etapas del proyecto y las fechas clave para el cliente:

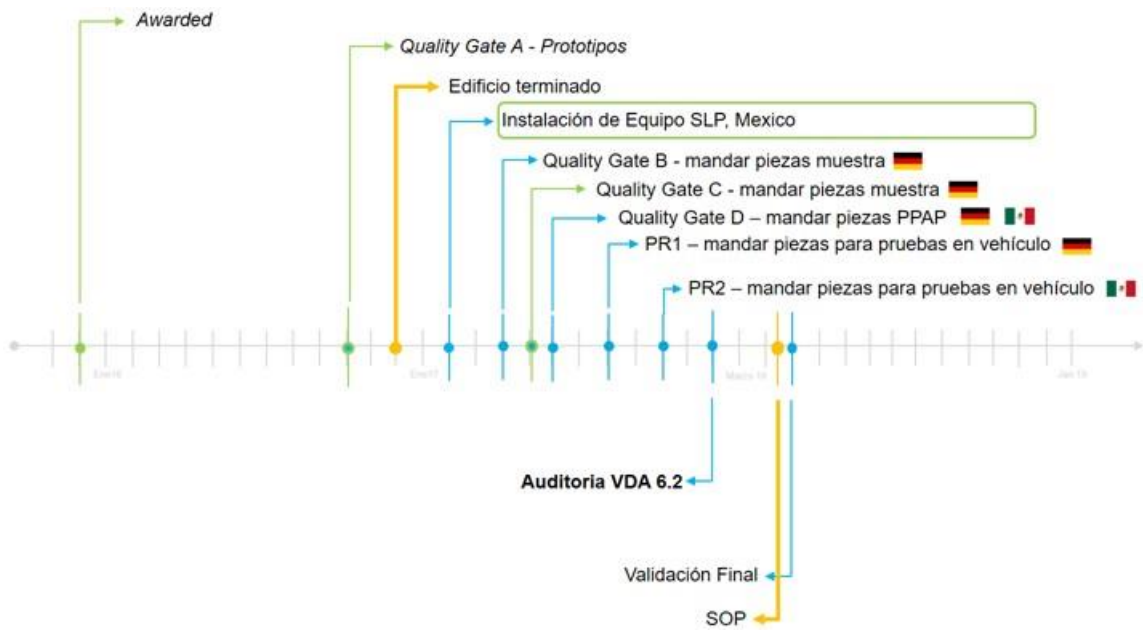


Figura 2 Fases del proyecto

Área definida para el cliente en cuestión, en la siguiente imagen se muestra el área destinada para el proyecto:

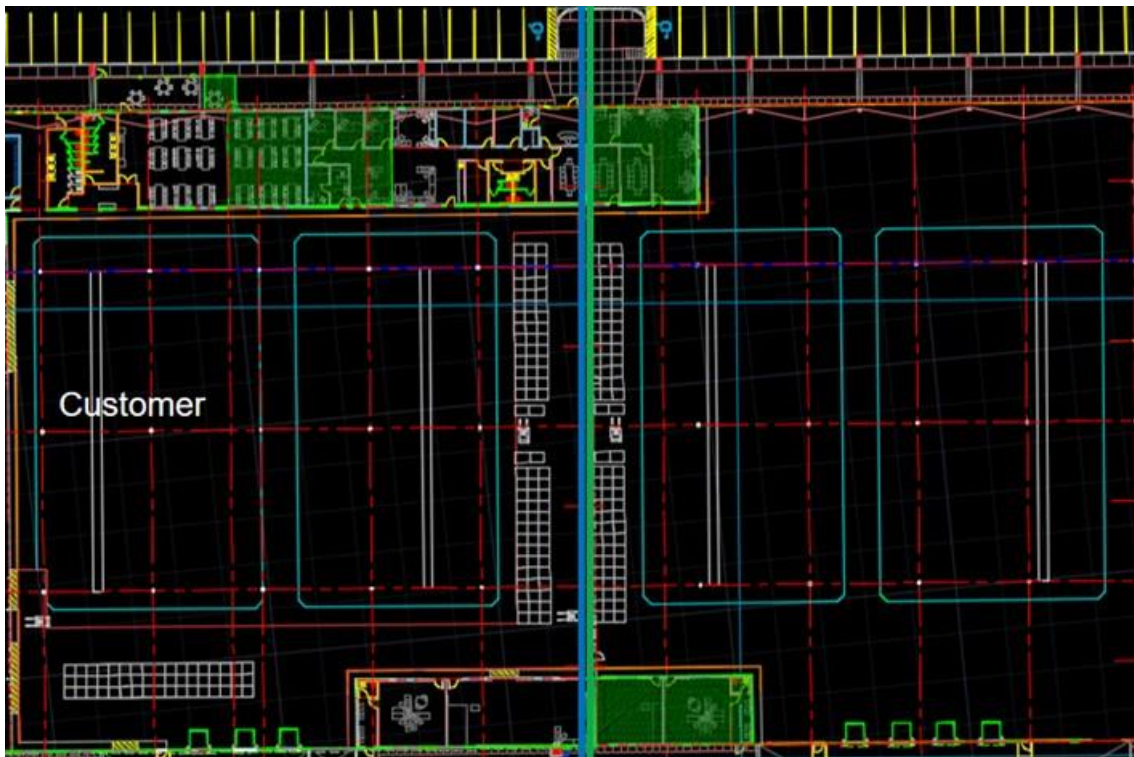


Figura 3 Mapa de la planta para el proyecto

Al ser la primera planta del grupo Constellium en el país, la planta de Michigan tuvo la fase inicial del proyecto concluyendo la fase de prototipos, la planta de San Luis Potosí tomara la responsabilidad a partir de la llegada de los equipos y su instalación en piso, de esta manera se soportan las validaciones del producto en piso del proveedor de la integración de la maquinaria.

En la gestión del proyecto se contará con un formato interno el cual abarca distintos campos para que se gestione una implementación óptima, con calidad y en tiempo, misma que cumplirá con la satisfacción del cliente en todo momento.

Este formato llevará una revisión periódica que se define de acuerdo a las necesidades del mismo, regularmente es de manera quincenal con un equipo multidisciplinario para brindar asesoría y recursos para cumplir con sus objetivos.

Los campos mencionados son los siguientes:

- Programa
- EHS
- 5S
- Básicos de calidad
- Lean
- TPM
- SMED
- Análisis de producción
- Logística
- Materiales

Para reportar estos campos se empleará un formato que cuenta con cuatro campos de los cuales brindan un reporte eficaz y rápido del estatus del proyecto.


 <b>Constellium</b>		<b>Launch Readiness Assessment</b>			CSTM Mtg Site => SLP	
Assessed by		Score	Risk	Major Risks	Minor Risks	Subjective Rating
		100%	Low	0	0	
1. Significant Points						
A. Positive			B. Negative			

Figura 4 Formato de revision de fases

En el anexo A se podrá encontrar el formato completo, los puntos a reportar será una puntuación que marcará el avance general del proyecto, una clasificación del riesgo “A” la cual puede ser menor, riesgos menores, riesgos mayores y riesgos mayores con acciones inmediatas por un equipo de reacción rápida, posteriormente se enlista los puntos significativos ya sean positivos o negativos.

Por otro lado, se contará con archivo de seguimiento con el cliente, este archivo se revisa de manera periódica según nuestro SQE le requiera, este archivo también seguirá la metodología VDA por medio de etapas, cada etapa dependiendo de la madurez del proyecto, cabe destacar en este formato incluye tareas para cada uno de los lados, parte del proveedor en este caso Constellium y el cliente, a continuación, el encabezado:

# Etapa	Indicador	Criterio de Medición	Comentarios	Fecha Compromiso	Proveedor	Cliente	Eventos	Descripción del problema (proveedor)	Descripción del problema (cliente)	Acción	Responsable

Tabla 3 Encabezado del archivo de seguimiento

### 6.1.3 P3 Planificación del producto y desarrollo del proceso

Los requerimientos específicos del cliente se tendrán claros desde el momento de la firma del contrato tomando varios campos de especial importancia para el cliente, los cuales serán tomados a resguardo para lograr la completa satisfacción del cliente.

- Compras

- Suministro de piezas y reposiciones
- Suministro de recambios
- Aseguramiento de costos planeados y reales
- Calidad
  - Aprobación del producto y procesos
  - Aseguramiento de la calidad
  - Proceso de reclamo
  - FMEA
- Logística
  - Entregas
  - Empaque y logística
  - Envíos
  - Comunicación
- Producto
  - Regulación y confidencialidad
- Medio ambiente
  - Sustentabilidad y reglamentación

### 6.1.4 Maquinaria y equipos

Para el proceso de maquinaria y equipos se cuenta con un proceso básico de 4 grandes etapas las cuales incluyen diferentes tareas algunas repetidas entre ellas:

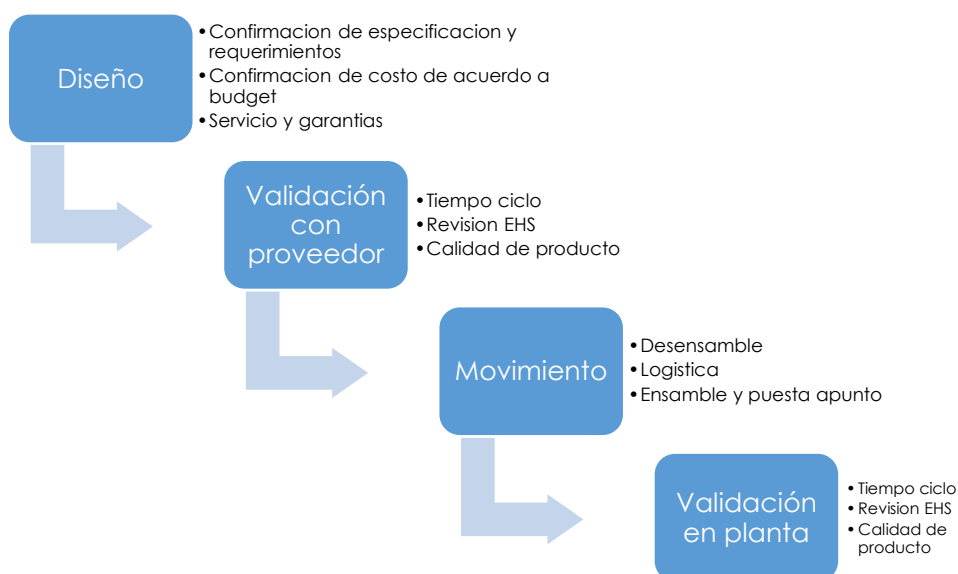


Figura 5 Flujo de Validación de Maquinaria

En general lo que se buscará en una maquina será que produzca la pieza con la calidad deseada y que cuente con repetitividad, estos factores con un tiempo ciclo de acuerdo a la demanda de cliente dejando una capacidad disponible de 48 horas semanales disponibles de acuerdo al 100 % de la demanda pico semanal más un 10 % adicional interno como factor de seguridad, adicional de los requerimientos se toma en cuenta el costo aceptable de acuerdo al Budget del programa.

La seguridad de nuestros trabajadores siempre será primero por lo tanto al momento de seleccionar al proveedor, se le notificará a éste la especificación técnica requerida para seguridad y medio ambiente, las normativas mencionadas en el documento se listan a continuación:

- MIOSHA Estándares Generales Industriales
- OSHA 29 CFR 1910
- ANSI / NFPA 79 - Estándares eléctricos para maquinaria industrial
- Norma NFPA 70E para la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo
- ANSI / RIA R15.06 - Estándar de seguridad del robot
- ANSI / AWS Z49.1 - Estándar de seguridad de soldadura
- ANSI / ASSE Z244.1 - Control de energía peligrosa
- ANSI B11 Requisitos de seguridad generales comunes a las máquinas B11
- ANSI B11 TR1 - Pautas ergonómicas
- ANSI B11.19 - Criterios de rendimiento para la protección
- ANSI B11 [1] .2 (R2005) - Prensas de potencia hidráulica
- ASME B20-1\_Edtn - Norma de seguridad para transportadores y equipos relacionados

Cada una de estas normas se aplicarán de acuerdo al tipo de maquinaria que se va construir, se cuenta con una lista de apoyo para revisar la aprobación de la maquinaria, este formato se utiliza tanto en la validación con proveedor como en la validación, se asegura que se revisen nuevamente la totalidad de los campos por diferentes responsables dependiendo del sitio.

			<b>"General" checklist complete?</b>
			<a href="#">"Safety/Environmental" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Documentation" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Equipment Performance " checklist complete?</a>
			<a href="#">"Tooling and Fixture" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Electrical" checklist complete?</a>
			<a href="#">"PLC/HMI" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Robotic/Welding" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Robot Material Handling" checklist complete?</a>
			<a href="#">"CNC" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Pneumatic" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Hydraulic" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Quality/Error Proofing" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Maintenance" checklist complete?</a>
			<a href="#">"Dry Cycle " checklist complete?</a>
			<a href="#">"Hit List" checklist complete?</a>

Tabla 4 Lista de revision de requerimientos para maquinaria

En la tabla 6 se enlistan los campos evaluados en la revisión, en el anexo B se presenta el formato de la primera página de la aceptación de maquinaria.

La validación del desempeño de la maquina se evaluará de acuerdo a una corrida de 4 horas al 100%, se verificara la velocidad de salida de piezas y la calidad, con esto se obtendrán valores de repetitividad, las dimensiones de la pieza se miden mediante una máquina de coordenadas, se forzará a errores y se evaluará la capacidad de programación para solventarlos y evitar paros largos, también un punto importante de acuerdo al estándar es un flujo pieza a pieza a través de las operaciones, no se deberán de tener piezas en espera entre operaciones durante cada una de las etapas al inicio, durante y fin de producción.

Se deberá de tener completa y disponible la documentación a continuación:

- Planos electrónicos 2D y 3D
  - o Elementos mecánicos
  - o Herramientales
  - o Eléctricos
  - o Neumáticos
  - o Hidráulicos
- Copia electrónica de programas completos
  - o CNC
  - o PLC
  - o Robots

- Copias físicas y electrónicas
  - o Manual de mantenimiento preventivo
  - o Paquete de refacciones recomendadas (10% valor total)
  - o BOM
  - o Hojas técnicas de partes de catalogo

Los informes de medición se conservarán como base histórica en físico y electrónico para futuras referencias, una vez se complete todo esto se procede con la aceptación final y firma de carátula del formato.

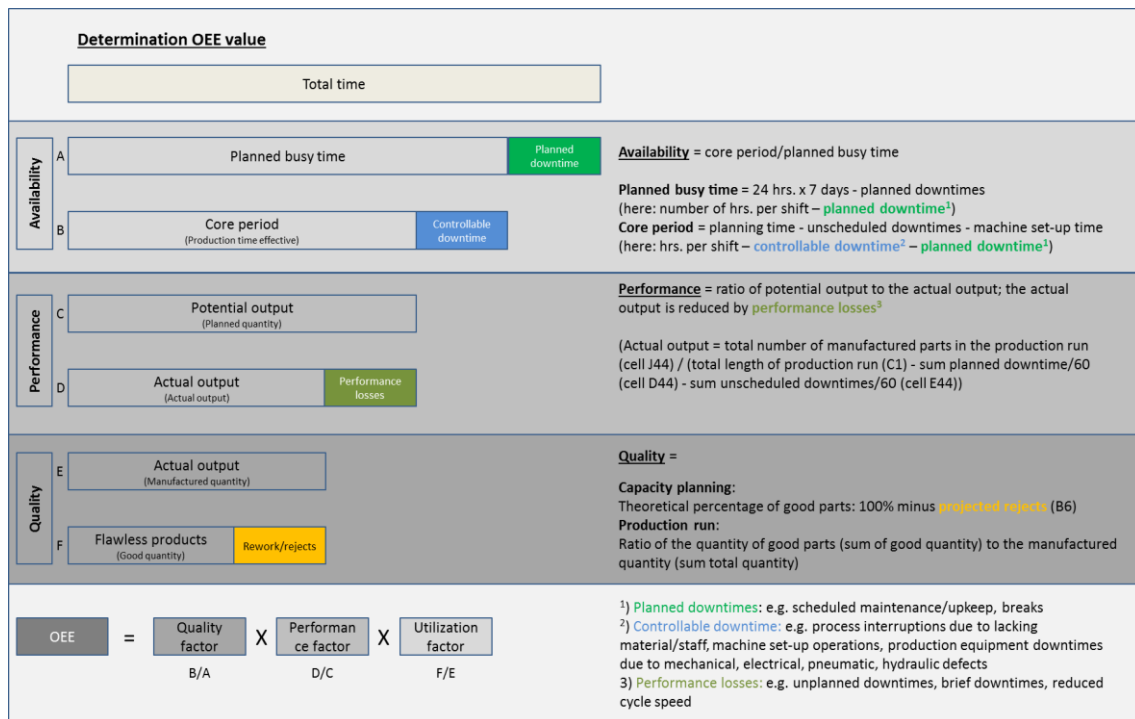


Figura 6 Determinación de Capacidades

### 6.1.5 Planes de evaluación al producto

Para que se garantice la calidad del producto se tendrá que hacer evaluaciones periódicas del producto y proceso, estas evaluaciones serán dimensionales y análisis de soldadura.

De acuerdo a la especificación del cliente se deberá de controlar la producción en especial en los cambios que pueda presentarse en este caso en arranques y paros de maquinaria, así como los cambios de modelo, en estos casos se cuenta con una serie de controles:

- Pruebas destructivas para inspección de materia prima



- Gauge – Instrucciones de medición de Gauge
- Pruebas destructivas para inspección de producto terminado
- Mediciones periódicas en máquina de coordenadas (CMM/Creaform)
- Proceso de NFT (de acuerdo VDA)
- Pruebas destructivas para verificación de soldadura
- Apoyo de laboratorio externo
- Validaciones periódicas a operadores y certificación para utilizar gauges
- Certificaciones anuales a equipos de medición
- Recalificaciones anuales al producto con el cliente

Se garantizará tomando esto en cuenta el proceso para tener un producto con calidad satisfactoria para ser enviado al cliente.

#### **6.1.6 P4 Implementación del desarrollo de producto y proceso**

La implementación de una nueva línea de producción en una empresa siempre implicará cambios y desarrollo de nuevos recursos como lo son maquinaria, procesos, posiciones, documentación, información entre otras muchas necesidades adicionales, con este proyecto se pretenderá montar una línea de desarrollo de parachoques de aluminio para un nuevo vehículo. Para ello será necesario adquirir nueva maquinaria y herramienta, elaborar puestos de trabajo, crear sistemas que faciliten el mejor desarrollo de todas las actividades, entre los cuales se tienen que mencionar los siguientes:

- PFMEA y Plan de Control para cada uno de los productos nuevos
- Control en la maquinaria
- Planes de evaluación al producto
- Pruebas de capacidad de producción
- Capacitación de la operación para la interacción con la maquinaria

### **6.1.7 P5 Administración de suministros**

Los proveedores para el Proyecto deberán de pasar por un proceso de selección y análisis de riesgos de acuerdo al suministro que cada uno de ellos llevará a cabo, al inicio se procederá con una auditoria de negocio en la cual se validará la viabilidad de creación de relación comercial, en este aspecto se analizarán temas de seguridad industrial, capacidad financiera, vías logísticas y capacidad de producción.

El siguiente paso una vez seleccionado el proveedor será compartir los requerimientos del cliente para que se asegure que los entienda y los cumpla, se firmará un acuerdo de confidencialidad y se cotizará, terminado este proceso se acepta el precio y se empieza con la manufactura, una vez cerrados estos temas comienza la fase de validación la cual se hace por medio del VDA 2 aseguramiento de la calidad para proveedores, el cual cuenta con estos puntos de evaluación:

1. Examen de resultados para aprobación de producto
2. Muestras (cantidad, entrega)
3. Especificaciones técnicas
4. Producto FMEA
5. Diseño / aprobación de desarrollo por el proveedor
6. Requerimientos legales
7. IMDS
8. Reporte de prueba (software)
9. Proceso FMEA
10. Flujo de procesos
11. Plan de Control
12. Confirmación de capacidad de proceso
13. Cumplimiento de características críticas
14. Lista de inspecciones y equipo de pruebas
15. Estudio de capacidad para equipo de prueba
16. Lista de herramientas
17. Confirmación de capacidad contratada (run at rate)

18. Autoevaluación de matriz de para madurez del producto y proceso
19. Historial de producción
20. Confirmación de capacidad de manejo y almacenamiento
21. PPA de cadena de suministro

Se validarán todos y cada uno de estos puntos en común acuerdo respecto a la fecha y la manera en que se revisaran, los puntos críticos denotados en los planos de nuestro cliente se deberán de comunicar al proveedor y se asegurarán que los cubran tanto en el FMEA como en el plan de control.

Con las especificaciones pactadas se procederá con el plan de evaluación en donde se deberá mencionar el procedimiento de evaluación y criterio de aprobación, también es muy importante mencionar el responsable de la evaluación y en caso de ser interna mostrar con el conocimiento necesario para hacerla, de lo contrario se deberá proceder con un laboratorio externo calificado para la prueba. Dentro de la producción diaria se deberá de contar con evaluaciones de ppm e informes 8D de acuerdo a los estándares de calidad requeridos.

Cabe destacar que algunas veces se le requieren muestras para almacenarse con la documentación como prueba física del producto recibido para usarlas como clarificación entre proveedor y cliente.

La capacidad se evaluará en tres diferentes aspectos, dependiendo también de la fase del proyecto, en la primera fase se analizará mediante una autoevaluación de acuerdo a la capacidad disponible instalada, la segunda fase mediante un estudio de capacidad en el proceso con estudio de habilidad de manufacturabilidad del producto y la última por medio de una corrida de producción con cantidad pico máximo del proyecto más un 10%, una vez validada esta se considerará como aprobada en términos de capacidad de producción. Adicional a esta se validarán las capacidades logísticas de la empresa, pero en esta ocasión no será el alcance del proyecto.

Los contactos directos se afinan durante este proceso los cuales son básicos para llevar a un buen desarrollo, los contactos más importantes son los siguientes:

Ingeniero de Proyecto

Calidad

Logística

Finanzas

Estos cuatro son los básicos requeridos para el proyecto, estos serán los responsables de procedimientos de calidad, atención a quejas y dar razón a acciones correctivas, así como mejoras al proceso. Se debe de contar con una matriz de calificación en la cual se mencione que las personas están capacitadas para ejercer la posición en la empresa que llevan.

El área de materiales debe de contar con controles estrictos en control de embalaje, inventarios, etiquetado, conocimiento de áreas de almacenaje y cuarentena, FIFO, control de lotes además de tener orden y limpieza en todo momento.

#### **6.1.8 P6 Producción de análisis de procesos**

El calendario de implementación se contará con fechas y acciones definidas con inicios y fin, las cuales se desglosarán en acciones de menor duración, teniendo todas y cada una de ella responsables y recursos para que se asegure su cumplimiento en tiempo y forma.

En esta parte se analizarán las entradas al proceso, en este caso se analizará la materia prima, la cual contará con un proceso de aprobación para su liberación final en planta para la cadena de suministros, esto incluye candados por sistema para corroborar por medio de software su condición.

Con materia prima se aprobarán las siguientes características:

- Medios de transporte
- Almacenamiento
- KANBAN
- JIT
- Flujo de cantidades restantes
- Inventario
- Producción en base EDI

Dentro del proceso se contará con una serie de registros y liberaciones de producción por toda la cadena de producto, estas liberaciones se aseguran que se cumplen todos los requerimientos del cliente, regulaciones y responsabilidades necesarias, con esto cumplido se procederá a identificar las piezas para cumplir con el requerimiento de trazabilidad y documentación necesaria. Todo esto se complementará con un sistema de validación de cambios para la correcta liberación de producto y proceso aunado de la documentación del cambio.

Un punto que no se deberá dejar de mencionar es el control del flujo del proceso, este se llevará a cabo mediante las instrucciones de operación de máquina, directrices, puntos de control y puntos de inspección, todos estos controles se deben de asegurar antes, durante y al final de la producción, así como en los cambios de modelo.

Todo el personal operativo debe constarse que sabe hacer su trabajo y esto se valida mediante el sistema ILUO, este asegura que cumpla con las responsabilidades asignadas, del cual se comentara más adelante.

Un dato muy importante que se considerará es la capacidad corroborada de la planta para producir piezas buenas, calidad aceptable para ser vendible de acuerdo a los requerimientos del cliente, las salidas de los procesos se controlan, miden y monitorean, estas documentaciones se conservan por al menos 15 años.

Todos estos puntos se auditarán periódicamente para asegurar que siempre se cumplan tal y como se confirmó al inicio de la calificación.

#### **6.1.9 P7 Atención, satisfacción y servicio al cliente**

Para cuidar los intereses de nuestros clientes se atenderá y se asegurará las certificaciones del producto, control de la calidad del mismo, así como los reclamos en un sistema específico de nuestro cliente, para esto se contará con un esquema para capacitar al personal que va a atender esta plataforma.

El conocimiento del producto se tendrá en todas y cada una de las áreas dependiendo de su área, ingeniería es el área designada para generar y

compartir el conocimiento del producto, esto incluye las especificaciones técnicas requeridas por el cliente así como el conocimiento acerca de los posibles problemas que se puedan generar y como solventarlos o en su defecto prevenirlos para evitar cualquier incidente con el cliente y afectar su satisfacción, siempre se deberá contar con un plan de contingencia así como un plan soporte de capacidad externa para solventar el requerimiento.

Se contará con un procedimiento de reclamos contemplando la metodología 8D procediendo con actualizaciones en FMEA, un punto de suma importancia para poder solventar los problemas es la capacidad e instalaciones de análisis interno o en su defecto se contará con instalaciones de soporte externo con capacidad de respuesta inmediata.

Como objetivo se contará con cero defectos y si se llegara a tener algún defecto se cuenta con una metodología eficaz de resolución de problemas aunada a un procedimiento de documentación de lecciones aprendidas para que se atiendan así los proyectos nuevos y se evitará la situación pasada, también se considerarán las actualizaciones de todos los FMEA relacionados al problema para mejorarlos.

#### **6.1.10 Cronograma**

Para darle seguimiento al proyecto se tomarán estas fechas objetivo para el cumplimiento de las tareas programadas por semana fiscal durante el proyecto dejando las actividades críticas resaltadas.

## VDA 6.3-2016 Plan Interno

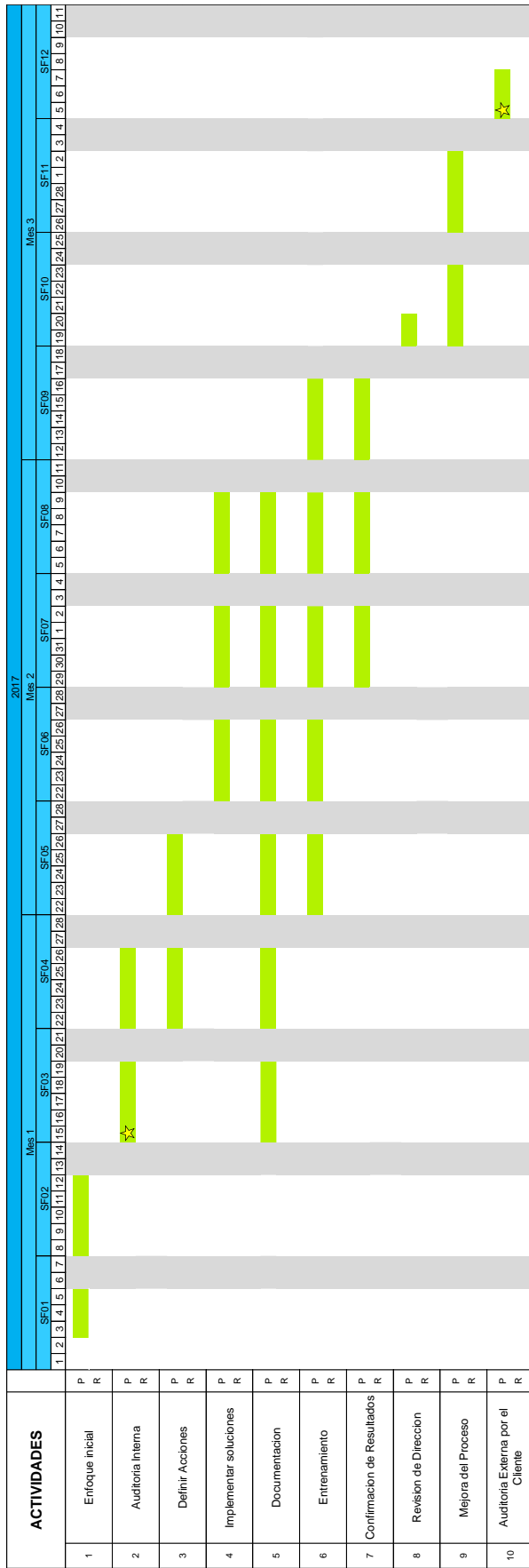


Figura 7 Cronograma del Proyecto

## **7. CAPITULO 3: RESULTADOS**

A continuación, se explicará de manera muy breve la auditoría VDA 6.3, sus definiciones y algunos de los tipos mencionados en el documento original, del cual solo se enunciarán los puntos que en este escrito son relevantes como objetivos del trabajo.

### **7.1 AUDITORIA VDA DEFINICIÓN**

Es la revisión y examen de una función, cifra, proceso o reporte, efectuados por personal independiente a la operación, para apoyar la función ejecutiva. (CONACYT, Secretaria de la Funcion Publica, 2012)

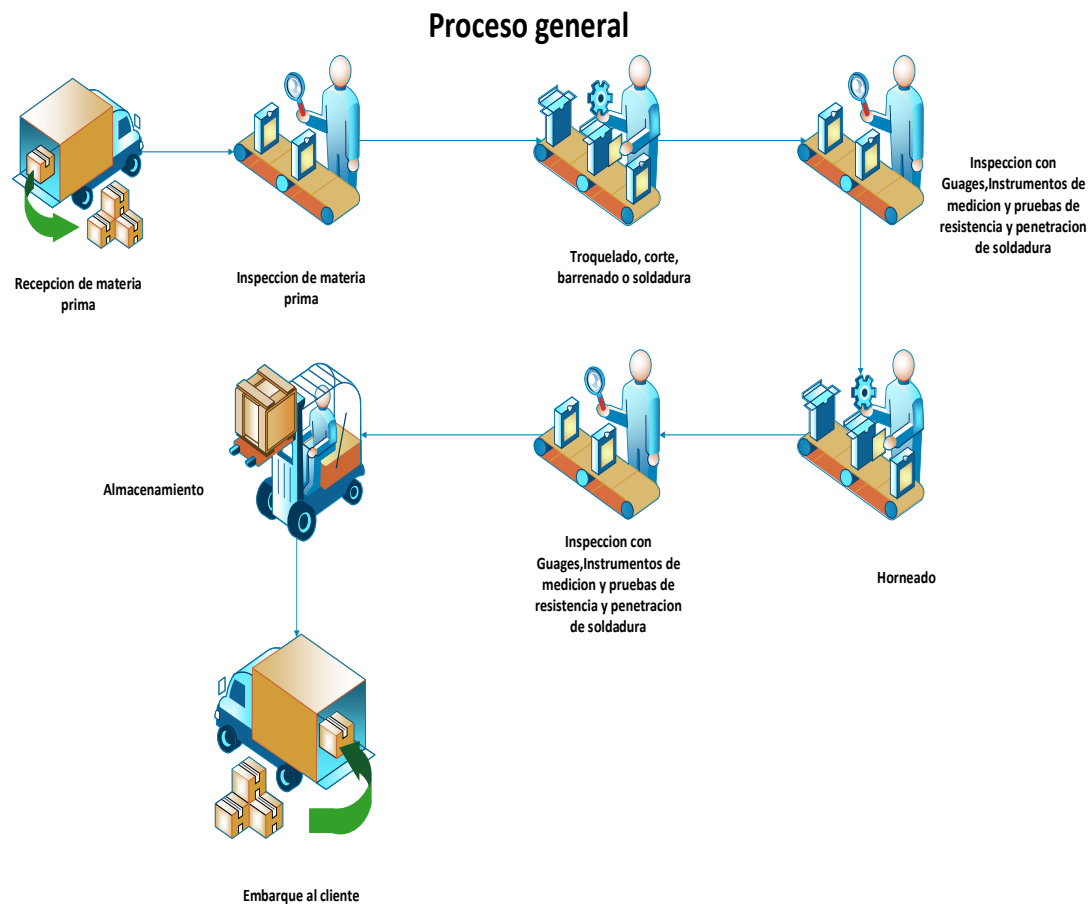
Análisis de los procesos de información que tienen lugar entre los integrantes de una organización y los medios o canales utilizados en los procesos comunicativos. (S. & Gibb, Buchanan, 1998 18 1)

La evaluación exhaustiva de los sistemas de control interno, es decir, el control interno administrativo y el control interno contable, que son diseñados e implementados por la entidad. La evaluación se lleva a cabo por medio del uso de pruebas de control, las cuales determinan si el diseño y operación de ambos sistemas son adecuados. (Empresarial, 2009)

Una auditoría de proceso es un método para el análisis imparcial y la evaluación del rendimiento de un ciclo de desarrollo de producto y la efectividad para el producto definido. ((VDA), 2016)

El proceso de producción general se puede expresar básicamente mediante el esquema siguiente:





*Figura 8 Flujo general del proceso de producción*

El calendario de implementación debe contar con fechas y acciones definidas con inicios y fin, las cuales se desglosarán en acciones de menor duración, teniendo todas y cada una de ellas responsables y recursos para asegurar su cumplimiento en tiempo y forma.

Una de las acciones más relevantes dado a su impacto positivo y contribución para llevar a buen término el proyecto será el desarrollo del FMEA tanto de producto como de proceso, en el primero se asegurará que el diseño sea el más adecuado, se tomará en cuenta las posibles fallas y sus soluciones para tener una propuesta robusta que cumpla con el requerimiento del cliente, con el FMEA de proceso se asegurará que todos los puntos visualizados en el FMEA de producto sean tomados en cuenta durante el proceso de manufactura sin crear riesgos que pongan en peligro la satisfacción total del cliente.

### 7.1.1 FMEA

Constellium en su debido tiempo realizó y según lo demande se actualizará el documento del Análisis de Modo Efecto de Fallas tanto del producto y proceso para el sistema o componente que se desarrolló, el sistema con el que se realiza toma en cuenta cada una de las dimensiones pedidas y a partir de esta lista se desarrolla el estudio de las posibles fallas y de acuerdo a esta se le da un criterio en los siguientes campos:

- Severidad
- Ocurrencia
- Detección

Estos tres criterios se les asignará un valor del 1 al 10 siendo el 1 el que cuente con menor severidad, ocurrencia o detención en el proceso, una vez teniendo estos tres factores asignados se multiplican entre sí para dar una calificación a modo de falla, es decir, una la máxima clasificación de riesgo será 1000 para las cuales siempre se deberá de tener una contramedida para aminorar la puntuación de severidad disminuyendo la gravedad del riesgo, la probabilidad que ocurra o mediante el aumento de factores de detección.

# Operación	Proceso	Requerimientos	Potencial Modo de Falla	Potencial Efecto de la Falla	Severidad	Causa Potencial	Método de Control / Prevención	Ocurrencia	Método de Control / Detección	Detección	TOTAL	Recomendación	Responsabilidad
-------------	---------	----------------	-------------------------	------------------------------	-----------	-----------------	--------------------------------	------------	-------------------------------	-----------	-------	---------------	-----------------

Tabla 5 Encabezado del FMEA

Para crear el FMEA de diseño se soportará en un equipo multidisciplinario que se integra de un equipo principal y un equipo de soporte.

El equipo principal se integra por:

- Ingeniero de diseño
- Ingeniero de manufactura

El equipo de soporte se integra por:

- El cliente
- Calidad
- Área de atención al cliente

En el FMEA de diseño se tomará en cuenta las interacciones entre sistema, subsistema y componentes, se buscará de esta manera fallas del sistema causadas por los subsistemas o sus componentes, con esto claro se inicia el proceso del FMEA.

Este FMEA se basará en los productos similares con los que se ha trabajado incluso para otros clientes para lograr abarcar más fallas a lo largo de la existencia de la compañía, una vez teniendo las fallas anteriores se procederá con un diagrama de interacciones, este se describirá de manera gráfica las relaciones que tendrá el producto con las demás piezas del sistema.

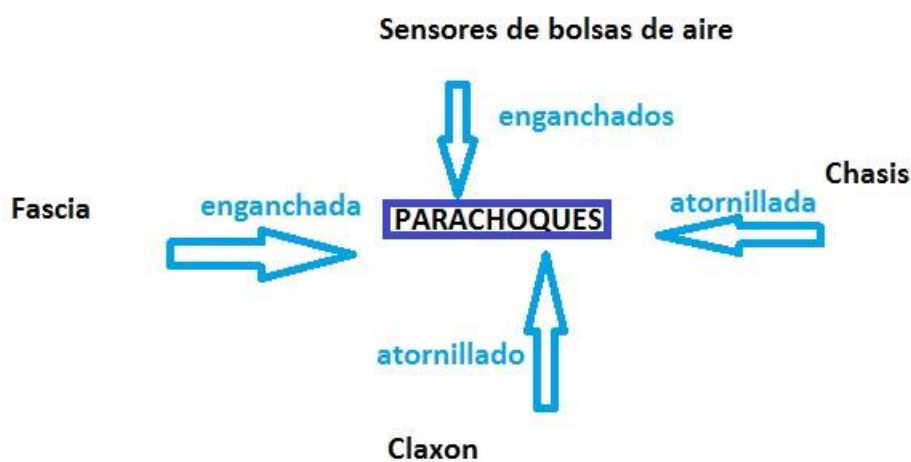


Figura 9 Ensamble del sistema de Parachoques en el Auto

El siguiente paso es una descripción de la interferencia la cual se deberá de describir en solo estos 4 campos:

- Contacto físico
- Intercambio de información
- Transferencia de energía
- Intercambio de material

En nuestro sistema solo se contará con el contacto físico lo cual simplifica nuestro análisis de confiabilidad, este estudio servirá para la evaluación de la parte funcional más débil por diseño de nuestro producto, en este caso sería la parte de la soldadura estructural mas solo la que tendrá esfuerzo de fatiga por funcionalidad mecánica.

Encontrado el punto más débil del producto se seguirá con el esfuerzo para encontrar las posibles causas de falla incluso la mala operación u operación inapropiada para el producto, la cual para el nuestro caso la más relevante sería remolcar objetos pesados sujetándoles del parachoque, esto creará puntos de fatiga en nuestra soldadura.

Con esto identificado se puede crear una forma de prevenir la falla y satisfacer al cliente final, la manera que se encuentra es por medio de la distribución de fuerza en la soldadura para que sea más resistente y con parámetros 75% más robustos para soportar la fatiga.

Finalmente se crearán parámetros de prueba para asegurar la confiabilidad del producto bajo condiciones extremas.

Para el caso del FMEA de proceso se tomarán las características críticas y se asegurará el cumplimiento a lo largo del proceso, los modos de falla se identificarán en el proceso, es decir como el proceso fallaría para generar producto que no cumpla con las especificaciones críticas del cliente o como mi maquina podría fallar al producirlas.

El primer paso será trazar el esquema del proceso productivo:

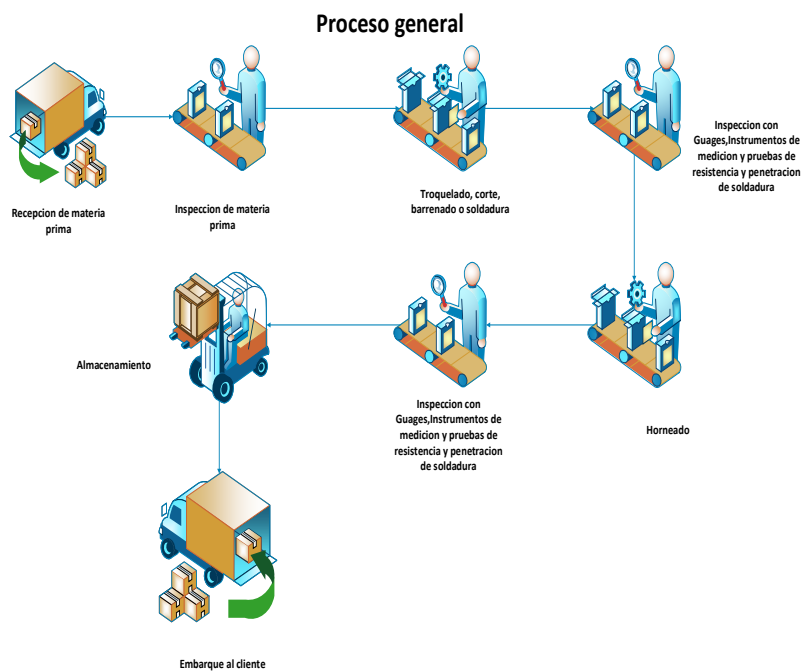


Figura 10 Flujo general del proceso de producción

Se numerarán las estaciones en series de tres dígitos empezando por el 00 que será recibo de materiales y según fuera el número de estaciones se terminará cuando se cargue en ruta.

Cada operación se describirá por necesidad y propósito de existencia es decir en la estación de soldadura se describirá como celda de ensamble por soldadura la cual tiene sus medios de control para asegurar la calidad

En este sentido se garantizará por medio de:

- ✓ Parámetros liberados en una maquina con repetitividad probada.
- ✓ Pruebas destructivas periódicas en cambios de modelo
- ✓ Inspecciones cada hora por medio de inspectores certificados
- ✓ Operadores calificados para identificar fallas y problemas de calidad

Para cumplimiento general se deberá de seguir siempre estos puntos:

- Las características críticas mencionadas por el cliente se deberán citar de forma especial para asegurar que se cumplan durante todo el proceso de la fabricación del producto, así como las normas que se acordaron al inicio del proyecto.
- Los documentos de FMEA siempre deberán estar disponibles para el cliente.
- Constellium en este caso conservará la totalidad de la documentación disponible en relación con este procedimiento durante 15 años una vez finalizada la producción en serie.
- Se actualizará con cualquier falla o reclamo.

### **7.1.2 Plan de control**

EL plan de control será el documento maestro por excelencia el cual se basa en el FMEA para como su nombre lo dice controlar asegurando que en cada una de las piezas que se producirán cuenten con la calidad pactada desde el inicio del proyecto.

Primero se creará el diagrama del flujo del proceso, en el cual se enlistarán todas las operaciones a realizarse y se cubrirán las necesidades del cliente en especial las características críticas definidas por el mismo adicionando las características

definidas también como críticas, pero estas de manera interna por el proceso, a continuación, se muestra un encabezado del plan de control de producto:

Número de parte / proceso	Nombre del proceso / operación Descripción	Máquina, dispositivo, plantilla, Herramientas para manufactura.	Características		Características especiales.	Métodos					
			Producto	Proceso		Especificación de producto / Proceso / Tolerancia	Evaluación / Técnica de medición	Muestra		Método de control	Plan reacción
								Tamaño	Frec.		

Tabla 6 Encabezado del Plan de Control

Se enlistarán todas las operaciones de acuerdo al flujo del proceso dependiendo si es máquina, dispositivo, herramienta o lo que se requiera para la manufactura, se contará con dos tipos de características, producto o proceso, adicional y para hacer una remarcación de mayor importancia se denotarán las características especiales, posteriormente se encuentran los métodos de control de acuerdo a la especificación o tolerancia, los métodos de control con los que se contarán con verificaciones de piezas primera y última, entrenamiento para operadores, instrucciones de trabajo claras, sistemas de detección automatizados, secuencias de flujo de pieza a pieza por PLC, gauges para control de dimensiones, pruebas destructivas periódicas, aseguramiento y control de parámetros de proceso, entre otras.

En la siguiente fase se procederá con un plan de reacción para las características críticas de acuerdo al FMEA y el análisis de riesgo.

Las actualizaciones se deberán de realizar cuando se tenga un cambio en proceso derivado de alguna mejora o reclamo.

Básicamente se deberán de cuidar estas 3 etapas generales, las cuales se explican en la siguiente imagen:

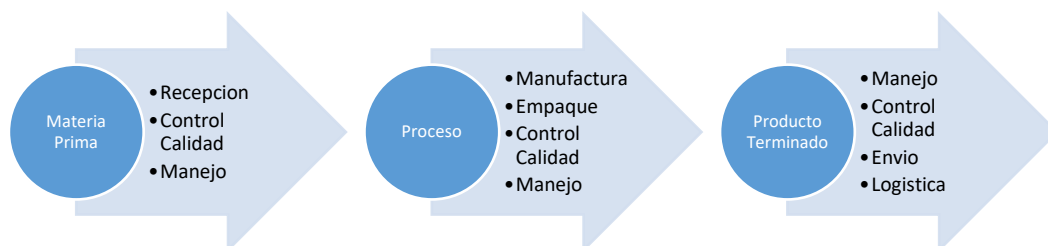


Figura 11 Puntos de Control y Riesgos

El plan de control siempre comenzará con un diagrama de flujo que explica los pasos en el proceso de producción:

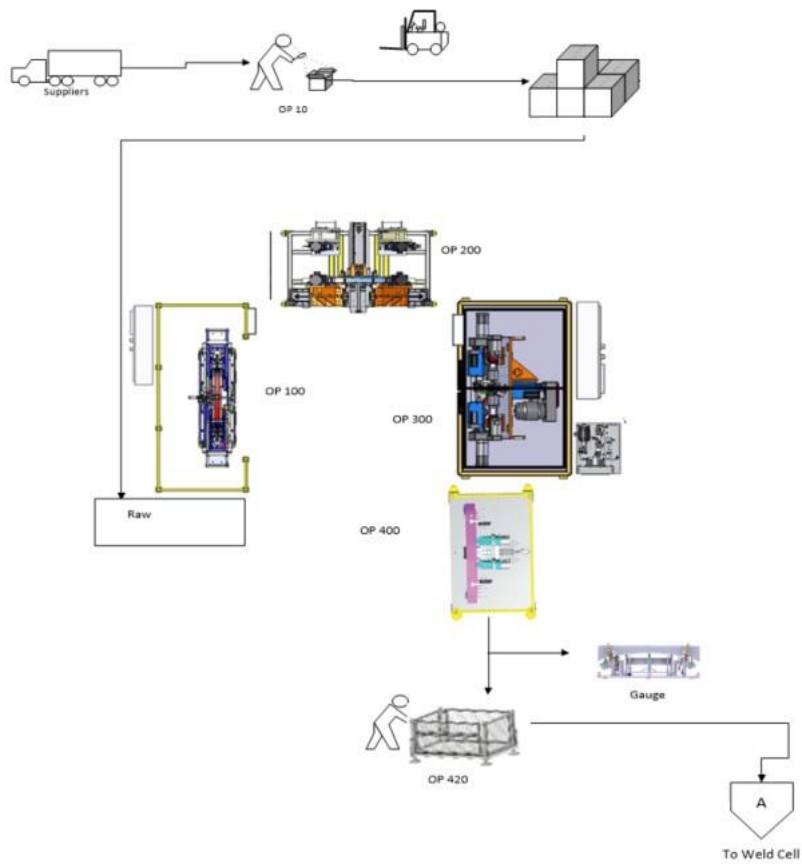


Figura 12 Diagrama de Flujo de Operación

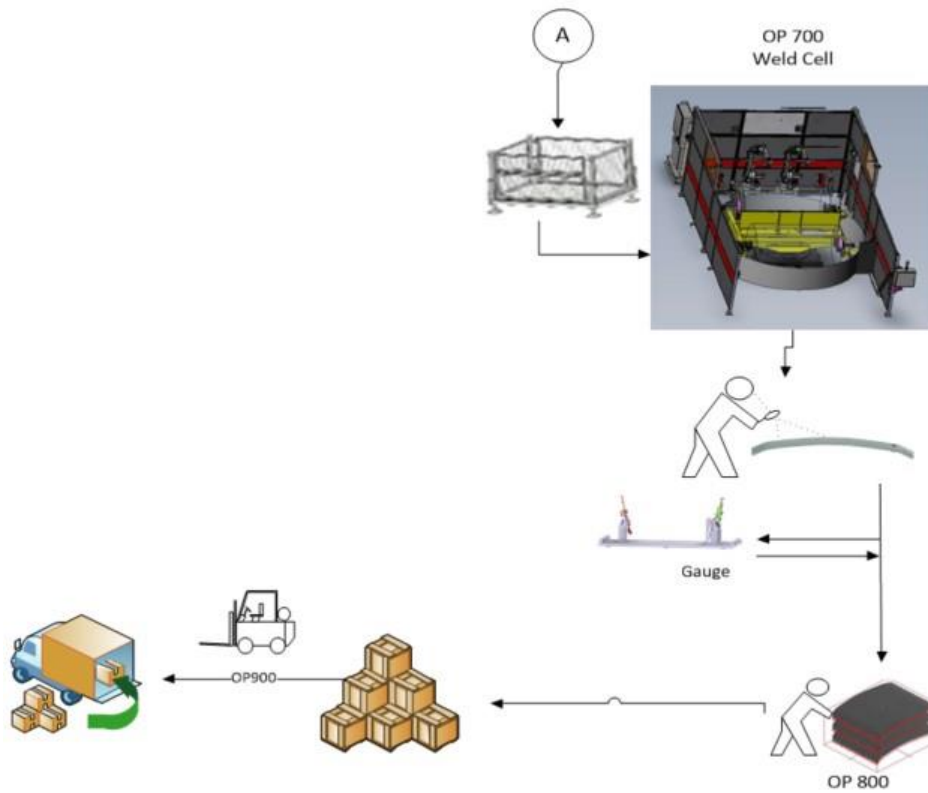


Figura 13 Diagrama del Flujo de Operación (continuación)

Cada uno de los pasos estarán identificados con números los cuales deberán de coincidir en la tabla, estos valores se listan y se describirán las características que se deberán de cuidar para cumplir los requerimientos del cliente en el producto mediante el proceso, cada vez que se tenga un método de control se describirá el proceso de evaluación o técnica, se explicará la muestra a analizar que será tamaño y frecuencia, finalmente se mencionará un plan de reacción para responder a la detección de un error.

### **7.1.3 Capacidad**

La capacidad durante toda la fase de producción es muy importante, no se podrá dejar sin estudiar dado que el riesgo es muy alto contemplando que falta de capacidad sería cortar los suministros al cliente lo cual representa multas a la planta, las capacidades que se deberán de analizar, monitorear y mejorar son las siguientes:

- Capacidad de máquina
- Capacidad de proceso
- Capacidad de medición
- Capacidad de proceso de medición

Siempre se tendrá que hacer mención en las capacidades de medición dado que primero será seleccionar un método de medición correcto que de confianza para asegurar los requerimientos y su proceso también dado que se le garantiza al cliente poder medir las piezas sin retrasar el flujo de suministro por el proceso de medición.

Para la validación de las capacidades de la planta se validará físicamente durante la visita del cliente, la prueba se hará con el volumen semanal de la demanda pico aunado a un 10% adicional como factor de seguridad, esta demanda se tendrá que producir en un día comprobando el tiempo ciclo establecido como objetivo para garantizar el abastecimiento, cabe mencionar que la salida será hasta el material listo para ser embarcado al cliente esto a razón de incluir los procesos de validación y aprobación del producto, siendo una prueba de rendimiento con la evidencia física.



Tiempos de ciclo de producción, estos serán los análisis para el control de la capacidad de la planta, este tiempo se dividirá en tiempo de movimiento y tiempo de operación de maquinaria, el primero en este caso como los movimientos serán controlados por operadores se esperará una variación mayor a diferencia de un sistema automatizado de movimiento, el segundo es el tiempo que tarda la maquinaria en realizar la operación, este es controlado por medio del PLC de funcionamiento que guía la secuencia de manera automática, con esto claro se hará el conteo de ciclos durante un turno.

En la siguiente imagen se tiene el esquema de una celda de producción en “U” con las siguientes características:

- Tres operadores
- Cuatro estaciones
- Una entrada de materia prima
- Una salida de material terminado
- Flujo pieza a pieza

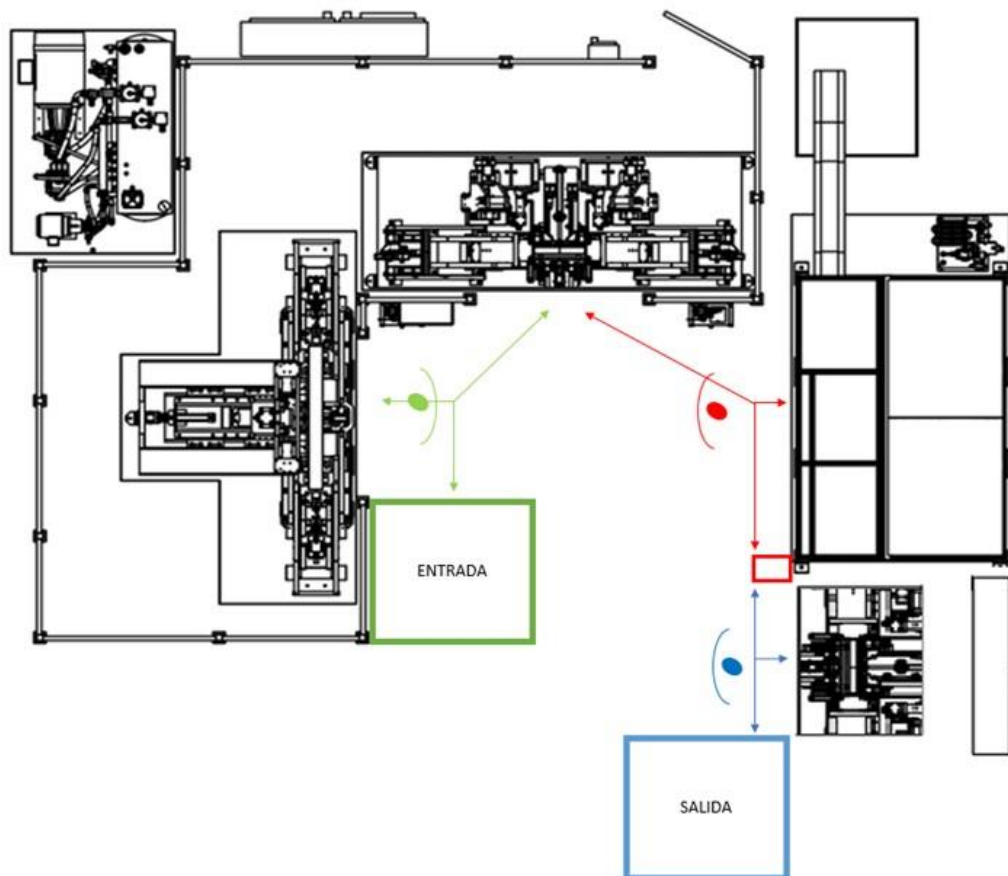


Figura 14 Esquema de Producción en Celda 1

En la siguiente imagen del siguiente proceso se tiene el esquema de una celda de producción de rotación la cual tiene dos operaciones idénticas para reducir el tiempo de ciclo a la mitad con cargas en A al mismo tiempo de operación B y viceversa, cuenta con las siguientes características:

- Dos operadores
- Dos estaciones
- Una entrada de materia prima
- Una salida de material terminado
- Flujo 2 piezas a 2 piezas

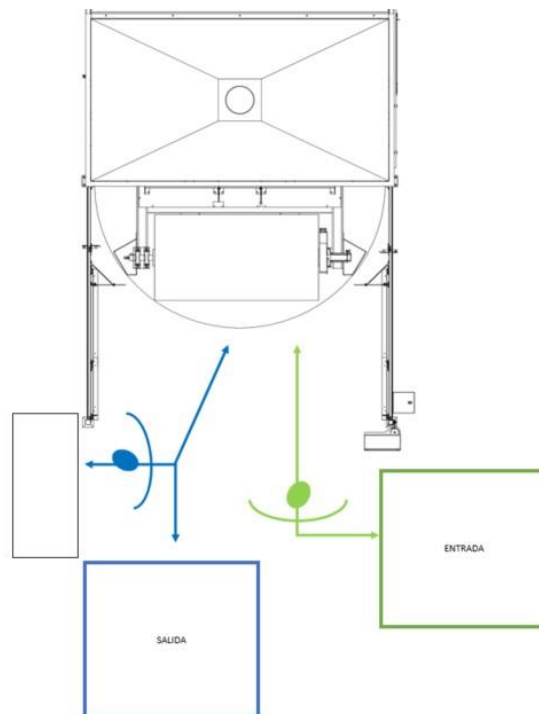


Figura 15 Esquema de Producción en Celda 2

Para las máquinas se harán listas de actividades y se tomarán los tiempos de cada una de ella para hacer un balance de línea para colocar a los operadores en actividades únicas y estableciendo responsabilidades de movimiento y accionamiento de operación.

Esta actividad se hará a lo largo de implantación del proceso durante su desarrollo tomando en cuenta tres etapas principales que serán la puesta en marcha, mejoras a maquinaria o proceso y finalmente habilidad de operación,

la primer fase denota el tiempo de producción al instalar la maquinaria, la segunda etapa será justo después de implementar mejoras a los cuellos de botella por proceso y la tercera y última fase al demostrar una gran habilidad por parte del personal de operación, siendo el objetivo final 50 segundos para la primer máquina y 28 segundos para la segunda.

La primera fase los ciclos se encontraron en 65 y 74 segundos respectivamente.

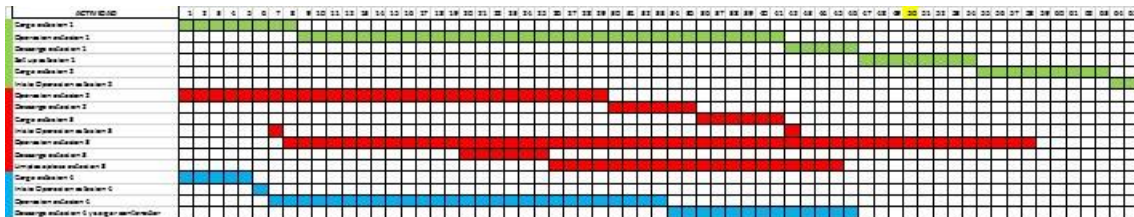


Figura 16 Diagrama de Tiempos fase 1 A

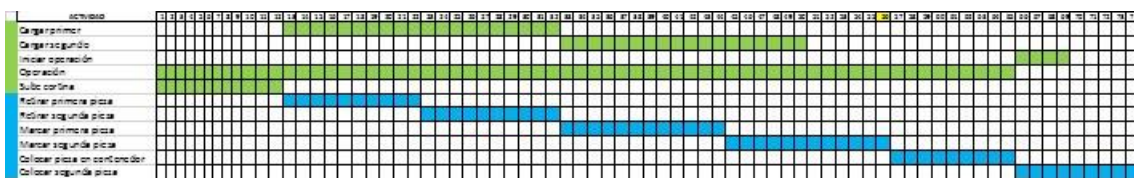


Figura 17 Diagrama de Tiempos fase 1 B

Esta sería la comparación por piezas por hora de acuerdo al objetivo:

Tabla 7 Piezas por hora fase 1

	Objetivo	Fase 1
	Piezas/hr	Piezas/hr
<b>Maq 1</b>	72	55
<b>Maq 2</b>	129	97

Sin embargo, al inicio de la puesta en marcha de una maquinaria siempre se contará con áreas de oportunidad para elevar la capacidad por medio de la reducción del tiempo ciclo del proceso, la hipótesis al final de la primera etapa es que el ciclo de producción de la maquinaria y proceso de producción puede ser optimizado por medio de análisis de tiempos de operación.

Durante la fase dos se detectaron oportunidades de mejora en el proceso tales como reducciones de operaciones, aprovechamiento de tiempo muerto para utilizarlo en actividades simultaneas, optimización de procesos.

Los tiempos ciclos de las maquinas se mejoraron considerablemente a 58 y 66 segundos respectivamente reduciendo movimientos y creando tareas simultaneas para ahorrar tiempo.

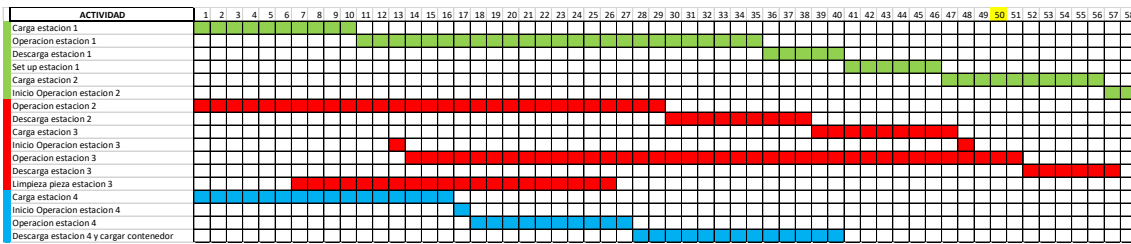


Figura 18 Diagrama de Tiempos fase 2 A



Figura 19 Diagrama de Tiempos fase 2 B

Esta sería la comparación por piezas por hora de acuerdo al objetivo:

Tabla 7 Piezas por hora fase 2

	Objetivo	Fase 1	Fase 2
	Piezas/hr	Piezas/hr	Piezas/hr
<b>Maq 1</b>	72	55	62
<b>Maq 2</b>	129	97	109

Para el tercer caso se basó en la hipótesis que el proceso se podría acelerar más con el entrenamiento y la habilidad ganada de los operadores que adquieren más destreza en sus actividades,

Finalmente, para la tercera fase, después de mejorar la habilidad de los operadores se reduce de gran manera los tiempos de carga y descarga para accionar la maquinaria, esta mejora arroja resultados de 48 y 54 segundos respectivamente.

Tabla 8 Piezas por hora fase 3

	Objetivo	Fase 1	Fase 2	Fase 3
	Piezas/hr	Piezas/hr	Piezas/hr	Piezas/hr
<b>Maq 1</b>	72	55	62	75
<b>Maq 2</b>	129	97	109	133

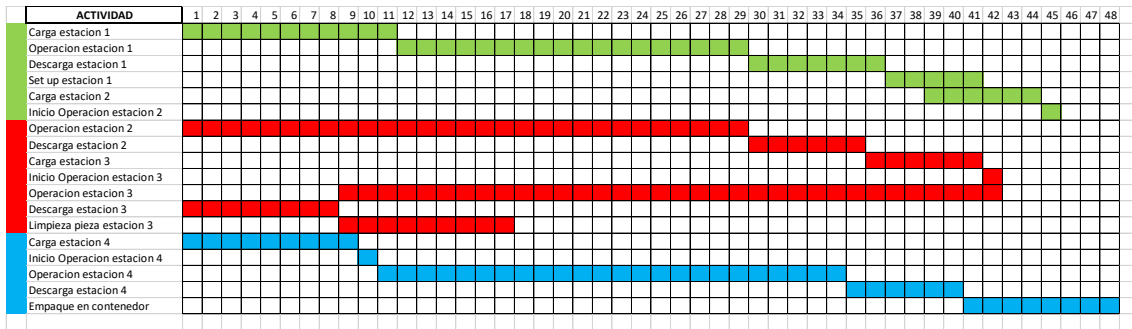


Figura 20 Diagrama de Tiempos fase 3 A

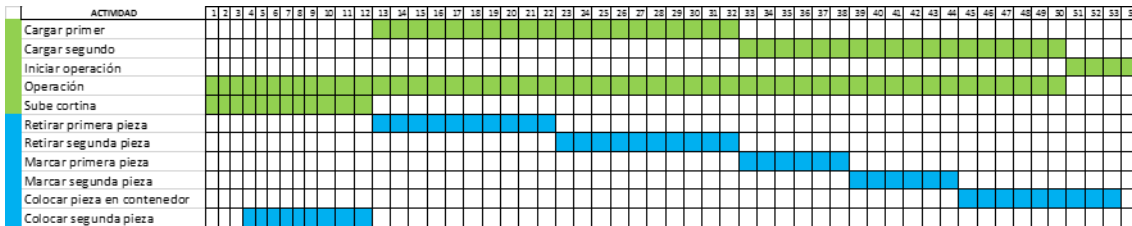


Figura 21 Diagrama de Tiempos fase 3 B

Con estos resultados se documenta la mejora en la capacidad de los equipos a lo largo de las tres fases y cambios al proceso, así como mejora en la habilidad de los operadores.

Con este proceso de mejora se comprueba que el proceso planteado desde el inicio de proceso de cotización fue correcto y mantendrá su eficiencia a lo largo del programa considerando las mejoras iniciales más la mejora en la habilidad del personal.

En esta tabla de capacidades de producción se muestra que nuestros equipos tienen tasas de producción sana sin riesgos de entregas fallidas.

Part Process	Gross Cycle Time (Seconds)	Machines	Pcs/ Machine	Gross JPH	OEE	Net JPH	Available Running Time / Shift (hrs)	Production / Shift	Shifts / Day	Production / Day	Days / Week	Production / Week	Weeks / Year	Production / Year	Percentage Utilization
CMS Beam Bend	48.00	1	1	75	70%	53	9.00	473	2.0	945	5.0	4,725	50.0	236,250	99%
CMS Tow Lug Welding	28.00	1	1	129	70%	90	8.00	720	3.0	2,160	5.0	10,800	50.0	540,000	44%

Tabla 9 Resumen de Capacidad

Otra hipótesis que de alguna manera se puede corroborar en estos puntos es que la maquinaria es capaz de mantener el proceso de producción con los requerimientos del cliente en Calidad, Entregas y Costo, porque cuenta con estabilidad de proceso en capacidad por lo tanto no se fallarán entregas a cliente y el costo será el estimado a razón que no se incurrirá en gastos adicionales tales como:

- Expeditados

- Tiempo extra
- Proveedores secundarios
- Fletes extraordinarios
- Compra adicional de equipo no planeado

#### 7.1.4 Dimensional

Para cubrir los requerimientos de calidad, se tomarán valores dimensionales y características de soldadura, mediante los equipos de medición.

Para las mediciones dimensionales el equipo seleccionado es el FaroArm y para el caso de la soldadura el Weld Inspector principalmente, aunque se cuente con algunos otros como una máquina de coordenadas, creaform o microscopio para el análisis de soldadura.

FaroArm - Los brazos de medición portátiles, también denominados brazos articulados o máquinas de medición de coordenadas (MMC), se utilizarán para generar informaciones de geometría muy precisas. El brazo de medición portátil es un instrumento móvil para la medición de coordenadas 3D de alta precisión dentro del volumen de medición que describe una esfera alrededor del sensor.



*Figura 22 Scanner*

En el ámbito dimensional de la pieza, se contará con un plano donde se mencionan las medidas requeridas por el cliente, cada una de estas medidas contarán con una tolerancia para que las medidas reales de la pieza producida

se acerquen a las medidas deseadas y no tener rechazos de piezas durante los envíos.

La norma de referencia será: DIN EN ISO 1101, Dibujos técnicos, tolerancias geométricas, tolerancias de forma, orientación, ubicación, generalidades, definiciones, símbolos en los dibujos.

Se aplicará a todas las áreas de ensamblaje para las cuales no se otorgan tolerancias individuales, donde se hace referencia a esta norma en dibujos o en documentos relevantes (por ejemplo, términos de entrega). A causa de las tolerancias geométricas.

En la mayoría de los campos tecnológicos, las tolerancias dependerán de las dimensiones nominales, la serie internacional de tolerancias para los ajustes, DIN EN ISO 13920, DIN 8570. Estas especificaciones se basarán en la suposición de que, para dimensiones nominales más grandes, también se requerirán valores de tolerancia mayores para grados de producción comparables en complejidad y costo, sin embargo, los requisitos para ensambles no se incluirán prácticamente ninguna disposición para diferentes valores de tolerancia para dimensiones nominales.

Se tomará la siguiente como base, se mencionarán los diferentes tipos de tolerancias con los que debemos de trabajar, cualquier desviación fuera de estas tolerancias no será aceptada como producto vendible y se rechaza como pieza defectuosa.

En esta tabla se mostrará las tolerancias generales del dibujo, estos valores se aplican a la pieza según corresponda, también dependerá de la pieza que se contara con tolerancias específicas las cuales son usualmente con menor tolerancia dado que reemplazarán las tolerancias generales para cerrar la variación de producción de acuerdo a la necesidad de nuestro cliente.



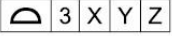








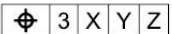

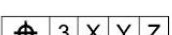


Symbol	Tolerance	Meaning
	0	Datum targets according
		Surface tolerance for formed surfaces
		Line tolerance for cut edges
		Line tolerance for fold edges
		Side of material
		Position tolerance for holes
		Position tolerance for weld screws/-nuts
		Position tolerance for stamped press-in screws/-nuts
		Position tolerance for weld bolts

Tabla 10 Tolerancias

Las mediciones con el FaroArm nos arrojan estas comparativas en las piezas, donde se puede apreciar las posiciones y las medidas de cada una de las características aunado de las tolerancias geométricas para determinar si la pieza es satisfactoria dimensionalmente y poder ser vendida.

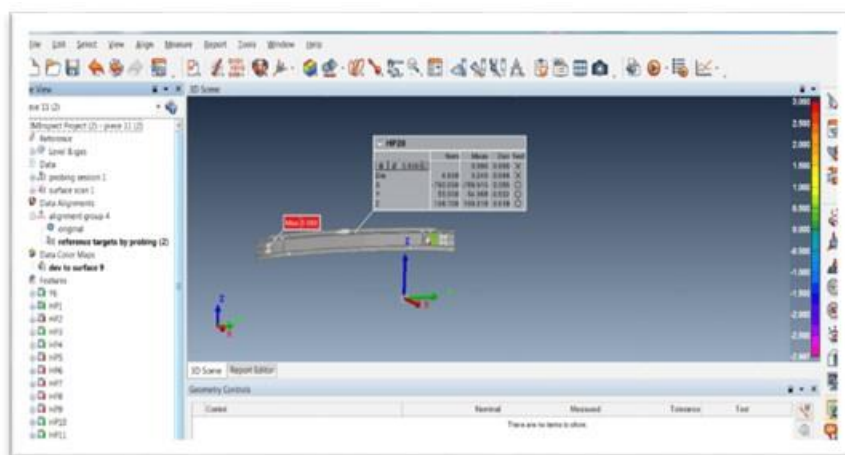


Figura 23 Pantalla de FaroArm



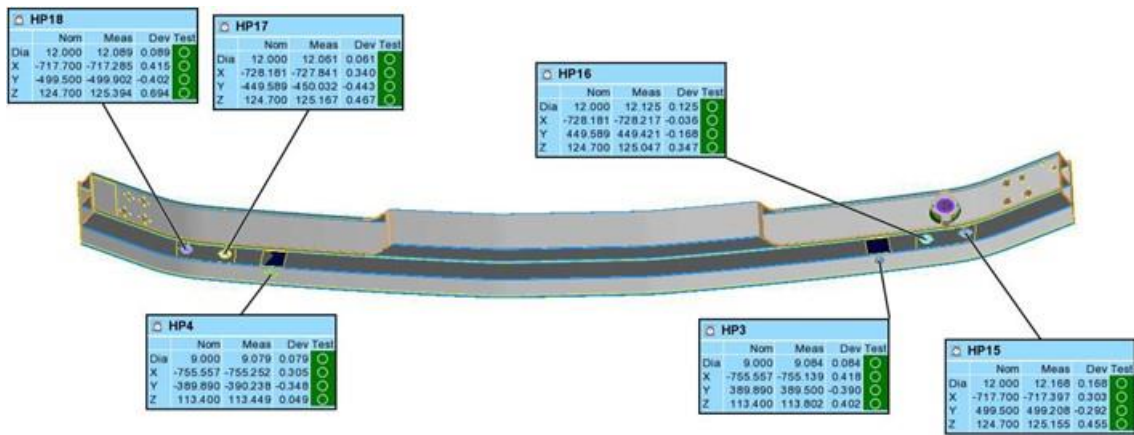


Figura 24 Resultados de medición

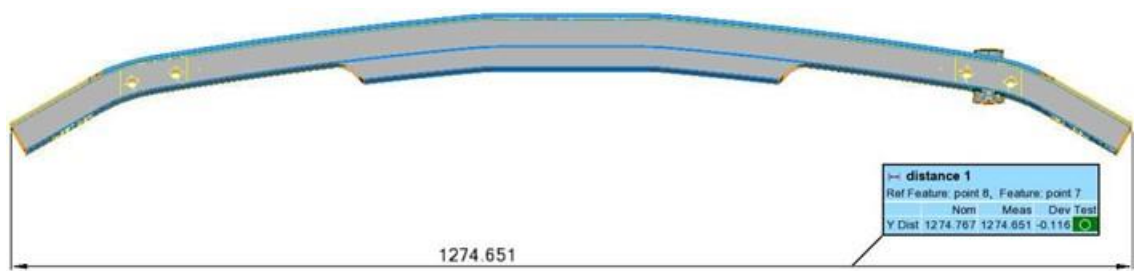


Figura 25 Resultados de medición (continuación)

Para que se asegure que el proceso en las piezas es confiable se toman 30 muestras, se miden y con los datos obtenidos se hará un análisis de capacidad, en el análisis de normalidad de los datos se confirma que son datos normales como se muestra en la imagen siguiente.

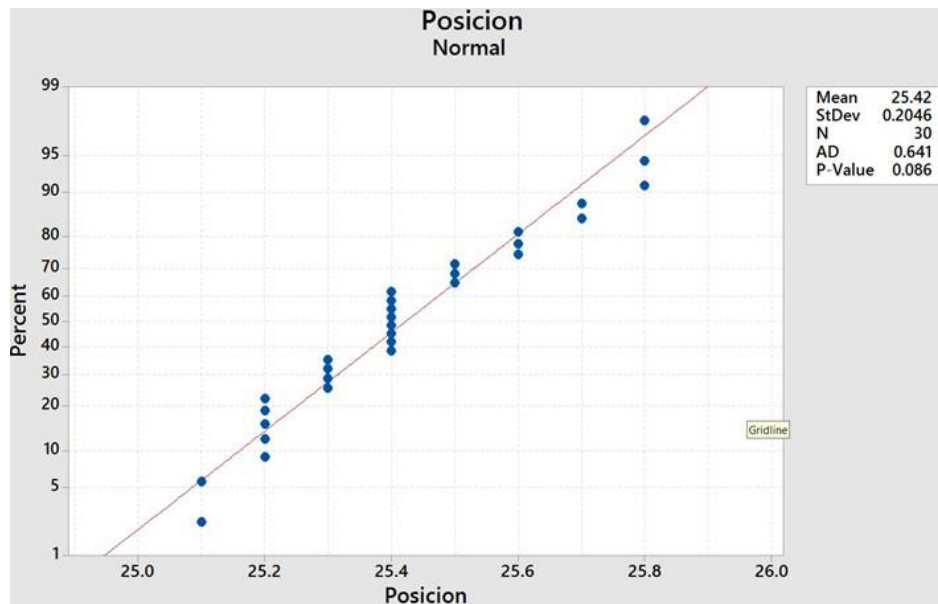


Figura 26 Prueba de normalidad

Una vez que se tenga una normalidad confirmada se procede con un análisis de capacidad, este nos demostrara cual alejados de las tolerancias estamos.

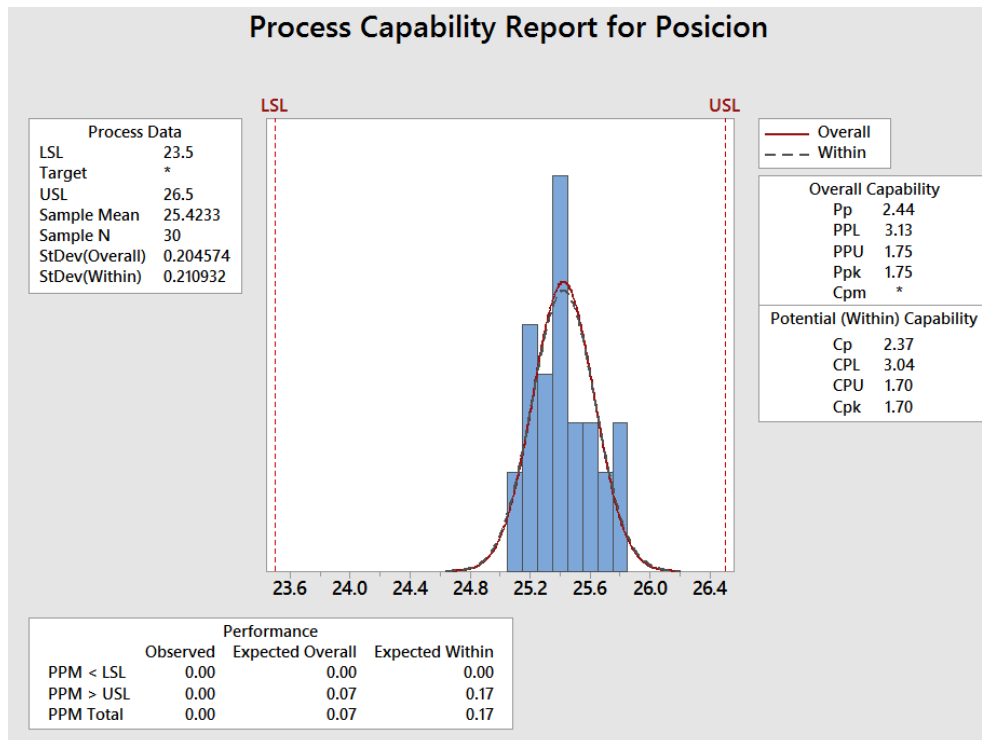


Figura 27 Gráfica de capacidad de proceso

Este método será muy útil para la fase de desarrollo, pero no será el mejor en proceso de producción, ya que un análisis completo se tomará alrededor de 20 minutos por pieza, por esta razón se diseñará el proceso de tal modo un dispositivo de medición rápida para la pieza en este caso un GAUGE, este dispositivo nos dará la certeza de identificar piezas dentro de especificación o fuera, este dispositivo entrará a la lista de dispositivos certificados y verificados anualmente.

A los GAUGES se les aplicará un estudio de repetitividad y reproducibilidad, las mediciones no serán cuantitativas sino cualitativas, lo que se arrojará como resultado de pasa o no pasa la pieza de acuerdo a los criterios de calidad.

El estudio se realizará con una mezcla de 30 piezas no conformes y piezas dentro de especificación, con tres operadores distintos, el orden de las piezas será el mismo en todos los escenarios, cada uno de los operadores deberá de poder distinguir las piezas malas de la buenas para demostrar que el dispositivo es capaz de diferenciarlas, los tres operadores deberán de acertar en los 30 intentos, a continuación, se mostrarán los resultados.

Known Population		Operator #1			Operator #2			Operator #3		Y/N	Y/N
Sample #	Standard	Try #1	Try #2		Try #1	Try #2		Try #1	Try #2	Agree	Agree
1	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
2	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
3	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
4	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
5	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
6	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
7	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
8	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
9	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
10	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
11	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
12	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
13	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
14	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
15	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
16	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
17	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
18	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
19	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
20	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
21	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
22	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
23	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
24	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
25	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
26	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
27	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y
28	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
29	Pass	Pass	Pass		Pass	Pass		Pass	Pass	Y	Y
30	Fail	Fail	Fail		Fail	Fail		Fail	Fail	Y	Y

Tabla 10 Prueba de repetitividad

El siguiente reporte muestra la serie de cotas exigidas por el cliente y cumplidas exitosamente:

## Feature Table

Units                      Millimeters  
 Coordinate Systems    world  
 Data Alignments      reference targets by probing (2)

Name	Control	Nom	Meas	Tol	Dev	Test	Out Tol
Y6	Diameter	12.000	12.030	+0.300/-0.200	0.030	Pass	
	X	-728.181	-728.341	±0.750	-0.160	Pass	
	Y	449.589	449.589	±0.050	0.000	Pass	
	Z	192.300	192.224	±1.500	-0.076	Pass	
HP1	Length	10.000	10.174	±0.300	0.174	Pass	
	Width	9.000	9.132	±0.300	0.132	Pass	
	X	-790.000	-789.256	±1.000	0.744	Pass	
	Y	0.000	-0.220	±1.000	-0.220	Pass	
	Z	202.400	201.832	±1.000	-0.568	Pass	
HP2	Length	37.000	37.040	±0.300	0.040	Pass	
	Width	11.000	10.971	±0.300	-0.029	Pass	
	X	-790.000	-789.360	±1.000	0.640	Pass	
	Y	-30.000	-30.619	±1.000	-0.619	Pass	
	Z	201.400	200.418	±1.000	-0.982	Pass	
HP3	Diameter	9.000	9.165	±0.200	0.165	Pass	
	X	-755.557	-754.947	±1.000	0.610	Pass	
	Y	389.890	389.949	±1.000	0.059	Pass	
	Z	113.400	113.776	±1.000	0.376	Pass	
HP4	Diameter	9.000	9.011	±0.150	0.011	Pass	
	X	-755.557	-755.220	±1.000	0.337	Pass	
	Y	-389.890	-390.130	±1.000	-0.240	Pass	
	Z	113.400	112.929	±1.000	-0.471	Pass	
HP5	$\text{⌀} \text{ } \text{⌀} \text{ } 0.400 \text{ } \text{E}$		0.120	0.400	0.120	Pass	
	Diameter	9.100	9.168	±0.150	0.068	Pass	
	X	-666.702	-667.458	±1.000	-0.756	Pass	
	Y	-572.697	-573.451	±1.000	-0.754	Pass	
	Z	172.190	172.626	±1.000	0.436	Pass	
HP6	Diameter	11.000	11.148	±0.150	0.148	Pass	
	X	-677.876	-678.598	±1.000	-0.722	Pass	
	Y	-553.115	-554.086	±1.000	-0.971	Pass	
	Z	173.000	173.328	±1.000	0.328	Pass	
HP7	$\text{⌀} \text{ } \text{⌀} \text{ } 0.400 \text{ } \text{E}$		0.110	0.400	0.110	Pass	
	Diameter	11.000	11.121	±0.150	0.121	Pass	
	X	-663.008	-663.882	±1.000	-0.874	Pass	
	Y	-579.172	-579.964	±1.000	-0.792	Pass	
	Z	143.000	143.449	±1.000	0.449	Pass	

Tabla 11 Tabla de dimensionales

HP8	$\Phi \pm 0.400 \text{ E}$	0.200	0.400	0.200	Pass
	Diameter	11.000	11.111	$\pm 0.150$	0.111 Pass
	X	-677.878	-678.406	$\pm 1.000$	-0.530 Pass
	Y	-553.115	-553.961	$\pm 1.000$	-0.846 Pass
	Z	143.000	143.369	$\pm 1.000$	0.369 Pass
HP9	$\Phi \pm 0.400 \text{ D}$	0.141	0.400	0.141	Pass
	Diameter	11.000	11.118	$\pm 0.150$	0.118 Pass
	X	-677.878	-678.487	$\pm 1.000$	-0.611 Pass
	Y	553.115	552.748	$\pm 1.000$	-0.367 Pass
	Z	143.000	143.711	$\pm 1.000$	0.711 Pass
HP10	$\Phi \pm 0.400 \text{ D}$	0.056	0.400	0.056	Pass
	Diameter	11.000	11.136	$\pm 0.150$	0.136 Pass
	X	-663.008	-663.741	$\pm 1.000$	-0.733 Pass
	Y	579.172	578.883	$\pm 1.000$	-0.289 Pass
	Z	143.000	143.746	$\pm 1.000$	0.746 Pass
HP11					
	Diameter	11.000	11.117	$\pm 0.150$	0.117 Pass
	X	-677.878	-678.607	$\pm 1.000$	-0.731 Pass
	Y	553.115	552.781	$\pm 1.000$	-0.334 Pass
	Z	173.000	173.750	$\pm 1.000$	0.750 Pass
HP12	$\Phi \pm 0.400 \text{ D}$	0.069	0.400	0.069	Pass
	Diameter	9.100	9.232	$\pm 0.150$	0.132 Pass
	X	-666.699	-667.504	$\pm 1.000$	-0.805 Pass
	Y	572.703	572.414	$\pm 1.000$	-0.289 Pass
	Z	172.185	172.926	$\pm 1.000$	0.741 Pass
HP15	$\Phi \pm 1.000 \text{ A}$	0.173	1.000	0.173	Pass
	Diameter	12.000	12.076	+0.300/-0.200	0.076 Pass
	X	-717.700	-717.728	$\pm 0.750$	-0.028 Pass
	Y	499.500	499.398	$\pm 1.000$	-0.102 Pass
	Z	192.300	192.331	$\pm 1.000$	0.031 Pass
HP16					
	Diameter	12.000	12.025	+0.300/-0.200	0.025 Pass
	X	-728.181	-728.337	$\pm 0.750$	-0.156 Pass
	Y	449.589	449.598	$\pm 0.750$	0.009 Pass
	Z	192.300	192.210	$\pm 1.500$	-0.090 Pass
HP17					
	Diameter	12.000	12.135	+0.300/-0.200	0.135 Pass
	X	-728.181	-728.682	$\pm 0.750$	-0.501 Pass
	Y	-449.589	-448.936	$\pm 1.000$	0.653 Pass
	Z	192.300	192.347	$\pm 1.500$	0.047 Pass
HP18	$\Phi \pm 1.000 \text{ B}$	0.130	1.000	0.130	Pass
	Diameter	12.000	12.204	+0.300/-0.200	0.204 Pass
	X	-717.700	-718.143	$\pm 0.750$	-0.443 Pass
	Y	-499.500	-498.876	$\pm 1.000$	0.624 Pass
	Z	192.300	192.589	$\pm 1.500$	0.289 Pass
HP19					
	X	-697.961	-697.250	$\pm 3.000$	0.711 Pass



	Y	474.500	474.041	±3.000	-0.459	Pass
	Z	154.500	154.379	±3.000	-0.121	Pass
HP21	$\varnothing 0.800$ C		0.280	0.800	0.280	Pass
	Diameter	4.600	4.745	±0.150	0.145	Pass
	X	-790.000	-789.327	±0.750	0.673	Pass
	Y	-65.000	-64.947	±1.000	0.053	Pass
	Z	198.700	198.176	±1.500	-0.524	Pass
HP20	$\varnothing 0.800$ C		0.279	0.800	0.279	Pass
	Diameter	4.600	4.750	±0.150	0.150	Pass
	X	-790.000	-789.252	±0.750	0.748	Pass
	Y	55.000	54.774	±1.000	-0.226	Pass
	Z	198.700	198.067	±1.500	-0.633	Pass

Tabla 12 Tabla de dimensionales

Mediante estos resultados se corrobora la hipótesis acerca de que el método de calificación dimensional es adecuado de acuerdo a los requerimientos del cliente y esta enraizado en la organización por los operadores para poder detectar las desviaciones y corregirlas para evitar cualquier reclamo.

### 7.1.5 Soldadura

Para analizar y medir la calidad de la soldadura se contará con el equipo Weld Inspector, este dará la resolución que se necesita para corroborar las características mínimas necesarias para una buena soldadura.

Weld Inspector - Es un sistema de imágenes específico para la medición del cordón de soldadura. Consta de alojamiento compacto, sistema de iluminación LED, cámara digital con zoom monitorizado y software específico para medición y elaboración de informes. es una herramienta de diagnóstico por imagen, específica e independiente diseñada para el control eficiente y preciso del cordón de soldadura. Un sistema óptico invertido único, la iluminación automática, el enfoque y calibrado eliminan los prolongados procesos manuales y los errores de medición.

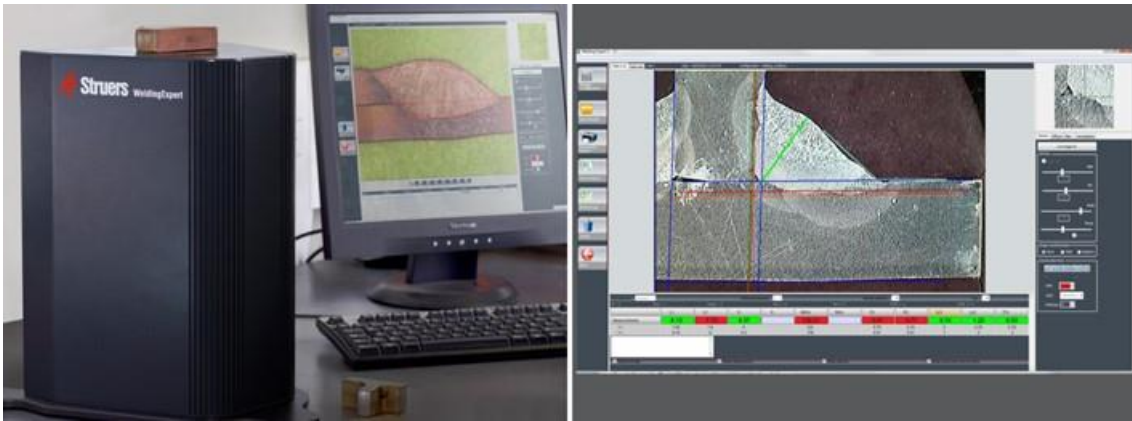


Figura 28 Equipo de inspección de soldadura



Figure 29 Equipo de inspección de soldadura (continuación)

Para el cumplimiento de los estándares de penetración de soldadura en aluminio se deberá de seguir la normativa DIN EN 1320, DIN EN ISO 17659 y DIN EN ISO 10042 para pruebas y bases de acuerdo a los estándares de calidad y desempeño, en los cuales se podrán distinguir estos términos:

- Espesor de garganta: Grosor de la garganta según DIN EN ISO 17659. El valor de la altura del triángulo isósceles más grande que se puede inscribir en la sección de la soldadura filete finalizada.
- Nivel de calidad (QL): Descripción de las cualidades de una soldadura en función del tipo, tamaño y número de imperfecciones seleccionadas
- Falta de fusión: la falta de fusión es una mezcla inadecuada entre el metal de soldadura y la matriz material (falta de unión).
- Espécimen de prueba: Espécimen de prueba para un análisis de soldadura destructiva. La muestra está seccionada de tal manera que se aprecia la raíz de la soldadura. Esto revelará cualquier falta de fusión.

- Penetración de fusión: la penetración es la zona fundida de los metales originales y el metal de aporte.
- Microsección: sección metalográfica, generalmente transversal a la soldadura, rectificada y pulida. Para la evaluación de las condiciones de penetración, la zona afectada por el calor, la microestructura y cualquier defecto (poros, grietas, ...).

Para poder examinar los criterios de la solidez interna en la soldadura, las muestras deberán limarse en la sección de la soldadura en ubicaciones predeterminadas (de acuerdo con el plan de sección metalográfica previamente asignado) y examinado metalográficamente. Los criterios de prueba se dividirán en defectos de soldadura e imperfecciones de soldadura.

El número que se permitirán de defectos de soldadura e imperfecciones de soldadura por sección o soldadura se especifica en la prueba instrucciones para la serie o componente relevante del producto.

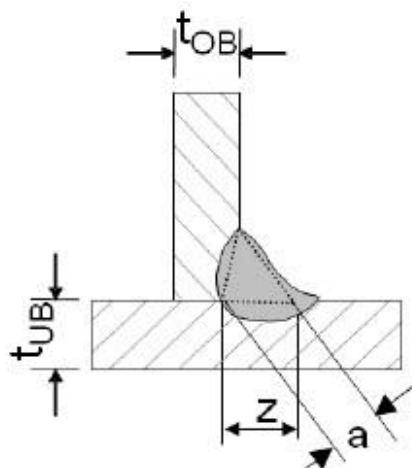


Figura 30 Microsección de soldadura

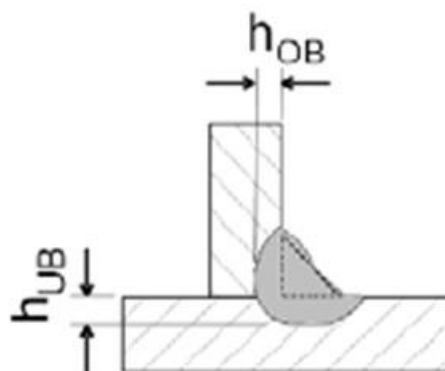


Figura 31 Microsección de soldadura y penetración



Una vez que se mencionaron estos puntos las variables que se analizarán son Hob y Hub como la penetración de la soldadura en ambas partes de los componentes respectivamente.

Se muestra esta imagen de una microsección, la penetración es aceptable:

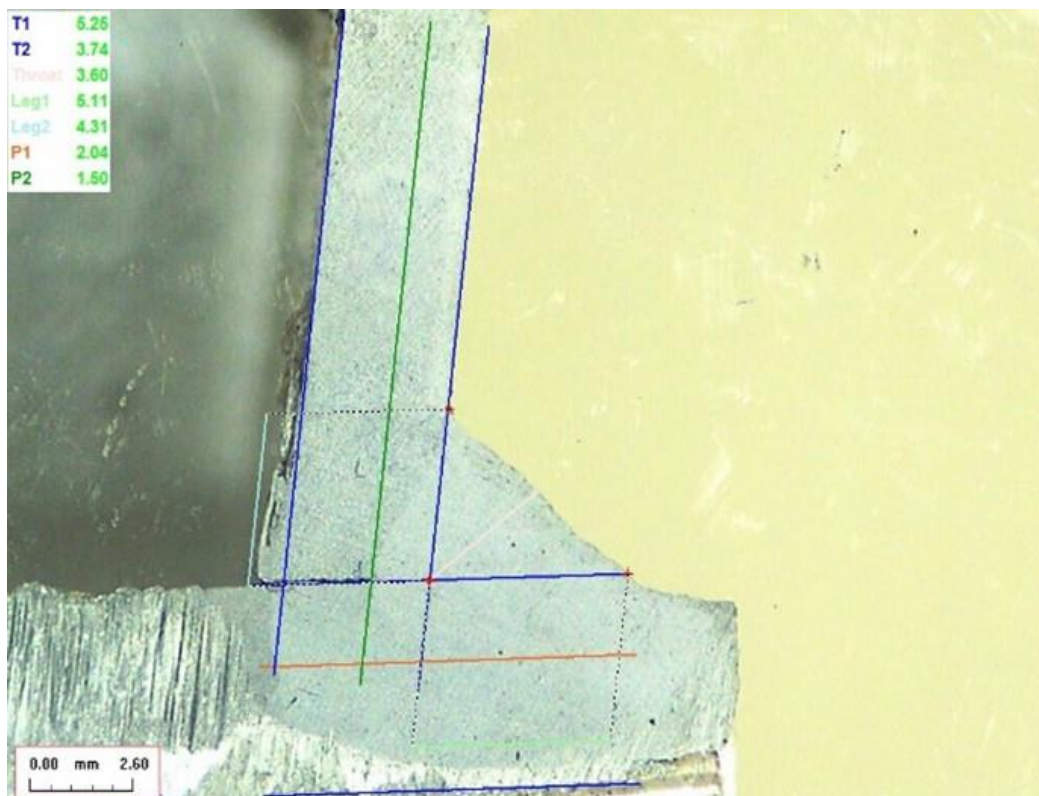


Figura 32 Microsección

A partir de estas muestras de Hob y Hub respectivamente se harán estudios de cada uno de los valores. Los datos que se analizarán son 30 valores de penetración de la soldadura de 30 piezas producidas respectivamente, en primera instancia se analizará su normalidad:

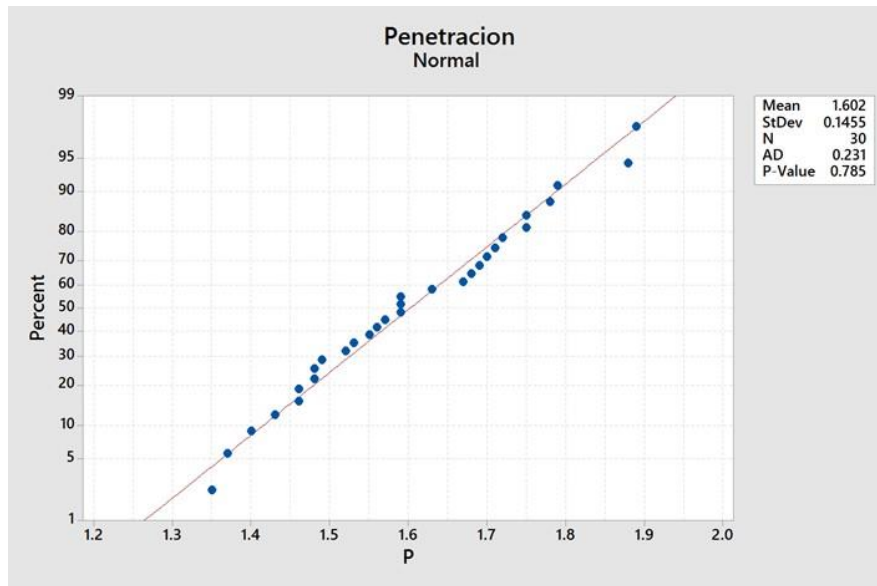


Figura 33 Grafica de Normalidad

Los datos muestran una normalidad, con esto se verifican los valores de capacidad del proceso con un valor mínimo de 0.6 y máximo de 2.8:

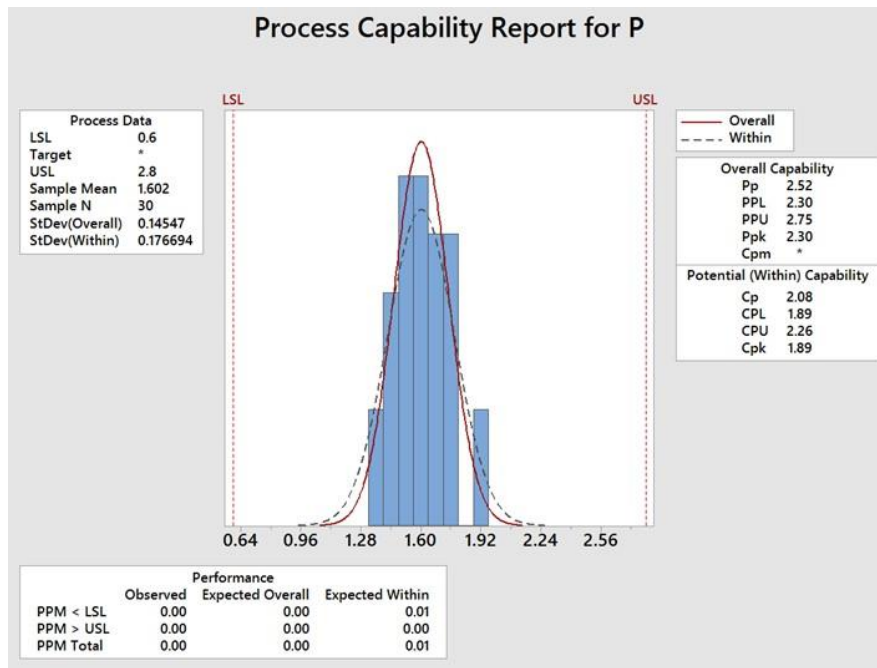


Figura 34 Grafica de capacidad del proceso de soldadura

Los datos se obtuvieron de muestras del sistema del parachoque que nos arrojan un Cpk de 1.89 en Hob y 1.82 en Hub, lo que nos demuestra que ambos valores son superiores a 1.67 y se acepta los valores de control y estabilidad del proceso.

Los parámetros de proceso aseguran que las características demandadas por el cliente estarán siempre dentro de tolerancia, así mismo las características especiales serán tratadas de manera más minuciosa para que se asegure el buen desempeño, se contará con especificaciones de inspección para la evaluación de las características especiales, estas evaluaciones garantizarán el monitoreo de estas características especiales, para todos los puntos de medición se contará con dispositivos calibrados y con ubicaciones determinadas y permanentes en sus puntos de uso con sus instrucciones de operación.

Se contará con diferentes inspecciones en el proceso:

- Inspecciones en línea
  - o Inspecciones de primera y última pieza
  - o Inspecciones por hora
  - o Inspecciones por cambio de modelo
- Inspecciones por parte del Laboratorio de Calidad interno
  - o Inspecciones de cambio de modelo
  - o Inspecciones mensuales
- Inspecciones por parte de laboratorios externos
  - o Inspecciones trimestrales
  - o Inspecciones anuales

Todas estas inspecciones seguirán este diagrama:

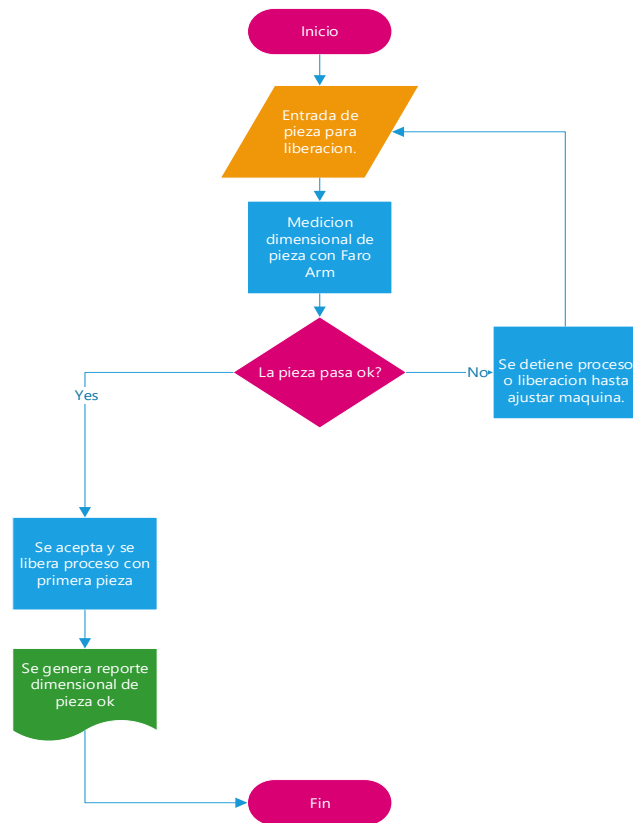


Figura 35 Diagrama de flujo de inspección

Cada una de estas inspecciones llevará una complejidad diferente de acuerdo a la periodicidad y la capacidad de medición, pero cada de estas asegurará el monitoreo periódico del cumplimiento de los requerimientos del cliente.

Corroborando que el método de calificación de soldadura será adecuado de acuerdo a los requerimientos del cliente, por lo tanto, se confirmará la hipótesis inicial planteada al proceso de evaluación soldadura.

Con los resultados de la estabilidad del proceso tanto dimensionalmente así como en soldadura se podrá corroborar en este punto es que la maquinaria es capaz de mantener el proceso de producción con los requerimientos del cliente en Calidad y Costo, la calidad se asegurará mediante el proceso capaz de mantener los requerimientos del cliente sin variación para cumplir su expectativa, en razón al costo se asegurará eliminado los retrabajos para solventar una hipotética baja de calidad en el proceso de fabricación de las piezas.

### **7.1.6 Rastreabilidad**

En la planta se contarán con instalaciones de nivel mundial con alta tecnología para control de inventario y producción, el almacén de materia prima cuenta con sistema FIFO el cual garantizará que nunca se tendrá producto antiguo, en nuestro almacén de consumibles y refacciones contamos con sistema KANBAN el cual se asegurará que siempre vamos a contar con las piezas disponibles en niveles de seguridad altos y con bajo costo de acuerdo a nuestras necesidades.

El flujo de materiales se controlará con el sistema PLEX, este sistema es un programa que no tendrá la necesidad de servidores propios, sino que son servidores generales de nuestro proveedor, esto ayuda a que cualquiera que tenga acceso al sistema no tenga necesidad de estar en la planta, esto garantiza información de primera y siempre a la mano.

El sistema KANBAN también será aplicado en nuestro sistema de producción más sin embargo siempre se analizará de acuerdo a las demandas semanales en firme, es decir cada semana se revisan 4 semanas en el futuro para visualizar necesidades y se transmitirán al sistema de KANBAN, con el sistema de surtimiento también se controlará el empaque dado que Constellium para contribuir con el medio ambiente utilizará contenedores retornables, estos son controlados también por el almacén de refacciones con el mismo sistema.

El concepto de trazabilidad de los materiales se llevará a cabo también a través del sistema Plex con lotes de producción, días y turnos, la relevancia de la trazabilidad se le dará para garantizar el rastreo de la evidencia de control de la calidad en el producto, registro de aprobaciones y en caso de llegar a tener una situación poder rastrear algún problema y garantizar que ninguna pieza defectuosa tenga a afectación en el usuario final.

Plex, es un sistema de ejecución de procesos de manufactura para la visibilidad de extremo a extremo y el control de ciclo cerrado que ayuda a mejorar la capacidad de respuesta, impulsar tiempos de ciclo más cortos y reducir el riesgo de problemas de garantía o retiradas. la nube se desarrolló en el piso de manufactura y se expandió hasta el último piso para lograr un enfoque de fabricación eficiente impulsado por un inventario preciso y en tiempo real, y la

rastreadabilidad, no solo por una mejor contabilidad. Plex es un sistema que ofrece un menor costo total de propiedad para los proveedores automotrices en la nube para eliminar costosas inversiones en TI, licencias adicionales o actualizaciones regulares, todo con un tiempo de valorización más rápido y una innovación continua.



Figura 36 Visión del panel de control de Plex

Por sistema se tendrá que escanear la etiqueta para poder empezar a producir, cada etiqueta tiene un folio único, la información de la pieza está registrada en todo momento al producirla, los contenedores de salida de proceso se deben etiquetar, estas etiquetas también son controladas por el sistema Plex, los múltiples de empaque están cerrados es decir no se podrá empacar de menos ni de más, al final de cada contenedor se etiquetará y se liberará para el siguiente proceso, todo esto con usuarios identificados en cualquier movimiento de sistema.

El sistema cuenta con una amplia variedad de reportes para apoyo de los usuarios en cada una de las áreas:

Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Accounts Payable Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Costing Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Engineering Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Finance Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Human Resource Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Inventory Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Maintenance Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Planning Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Production Tracking Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Purchase Order Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Purchasing Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Quality Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Sales/CRM Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Scheduling Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Shipping Reports
Main Menu	→	Office Menu	→	System Administration Menu	→	System Setup	→	Grouped Reports Menu	→	Supply Usage Report

Figura 37 Listado de reportes

El proceso de liberación interna de partes y materiales seguirá un estricto control en donde se realizarán pruebas destructivas a muestras por lote al inicio del proceso cuando se reciba la materia prima, así como al final del proceso antes que el material se prepare para ser enviado al cliente, a través del sistema Plex se etiqueta el material con el resultado de las pruebas de liberación al inicio y al final de proceso.

También se contará con una rutina de etiquetado con aprobación del laboratorio de calidad, este proceso será liderado por nuestra área de calidad con los auditores de calidad, de esta manera se corroborará que el producto está en buenas condiciones y podrá ser enviado a la planta del cliente.

Los registros de todas estas aprobaciones se conservarán en el sistema de Plex y se cargarán en el portal interno para futuras aclaraciones si llegaran a requerir, con esto se asegura que el concepto de trazabilidad del producto es factible y se llevará a cabo en todo momento.

Los gráficos de control serán generados de manera automática en las pantallas de Plex, también se incluirán gráficos para las fallas para análisis. Los esquemas de 8D, Diagrama de causa y efectos, 5 por qué método, FMEA / análisis de error, análisis de capacidad de proceso, círculos de control de calidad también se llevarán en este sistema.

Los reportes de producción mostrarán este menú que nos arroja análisis de producción por estación o por número de parte, OEE, paros.

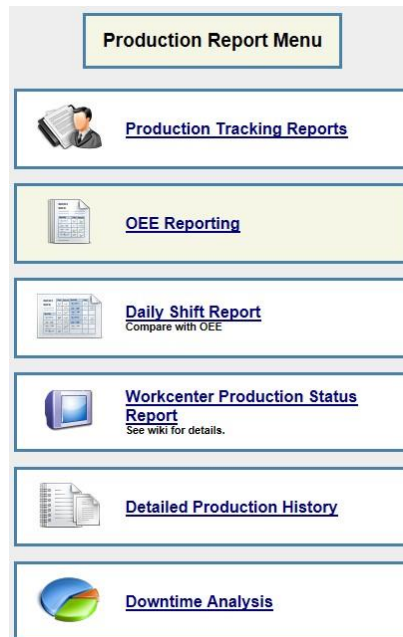


Figura 38 Panel de reportes

El empaque jugará también un papel importante en la satisfacción del cliente debido a que se conservará la calidad del producto y previene daños, así como garantizará el manejo interno eficiente con el cliente, por lo que a través de todo el proceso de producción se seguirán las instrucciones de trabajo para cada producto, máquina, empaque y método de inspección con imágenes que no dejen lugar a confusión, en el anexo C se podrá ver un ejemplo.

### 7.1.7 Operación

Entrenamientos, anteriormente se mencionó que la capacitación y mantenimiento de la matriz de calificación para la operación se llevará a cabo mediante el sistema ILUO, con sus 4 niveles:

- Nivel I
- Nivel L
- Nivel U
- Nivel O

Al ser una planta nueva se tendrá una progresión de contratación de personal en la cual se incluirá la capacitación con el proveedor de la integración de la maquinaria durante la primera etapa de entrenamiento, se empezará con una etapa progresiva de capacitación por maquinaria dado que no es viable tener plantilla completa desde el inicio del proyecto, se estudiará el calendario de



entregas de maquinaria y se desfazan para entrenar al primer grupo de operadores.

Plantilla completa se estimaron 25 personas operando máquinas, dejando fuera todas las áreas de soporte, así como supervisores, por lo que el mínimo necesario para comenzar con las capacitaciones son 6 personas para poder operar la maquinaria de prensas, punzonado y troqueles, con este criterio se comienza a planear las contrataciones, por la complejidad de la maquinaria se le asignará un tiempo de 3 semanas por máquina para aprender la operación y después de esto operar sin supervisión del área de ingeniería dejando al supervisor como líder de esta actividad.

La matriz de calificación se llevará a cabo por máquina y producto, adicional se contará con capacitación en seguridad laboral y en aspectos ambientales propios de la compañía, estos incluyen 5S, LOTO y MA.

Para la capacitación de las áreas de soporte se elaborará un plan de entrenamiento con el cliente en sus sistemas de calidad, control de capacidades y logística. Para la capacitación del área de ingeniería y calidad se asignan entrenamientos en plantas hermanas en Estados Unidos y Alemania para las características especiales y formación sobre el producto, así como para los equipos de medición se agendarán capacitaciones con los proveedores de los mismos.

El mantenimiento de los equipos y maquinaria se llevará a cabo mediante un plan de mantenimiento en los que se dividirá el mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo, el segundo será realizado por los operadores y el primero por nuestro equipo especializado en mantenimiento.

El mantenimiento preventivo, será recomendado por el integrador de la maquinaria, así como por análisis interno de punto débil, basados en estos análisis y recomendaciones se procederá con un plan de refaccionamiento donde los materiales deberán estar siempre disponibles en nuestro almacén, las cuales se reemplazarán cada vez que se requiera con su punto de reorden con mínimos y máximos asignados, las refacciones críticas se clasificarán de acuerdo a tres valores:

- Funcionalidad de maquinaria

- Disponibilidad en el mercado
- Capacidad de ser reemplazada

Las documentaciones de las actividades de mantenimiento se registrarán a través del sistema Plex con órdenes de trabajo y el mantenimiento autónomo por operadores se registrará en la bitácora en línea. Para los servicios externos de mantenimiento se contará con una cartera de proveedores aprobados y se agendará durante los paros planeados, estos servicios siempre son supervisados por personal interno de la planta.

Las auditorias se llevarán a cabo de manera periódica y totalmente aleatoria por miembros del área de STAFF, las cuales se conocerán como LPA (Layer Process Audit) que en español quiere decir proceso de auditoría por capas, esta es una auditoria en donde se evalúa el status de la estación en diferentes aspectos que se narran a continuación:



#### Auditoria LPA check list

Fecha:		Semanal	Mensual	Hora de inicio:					
Turno:		Supervisor	Staff	Gerencias	Hora de terminación:				
Nombre:					ESTACION DE TRABAJO AUDITADA				
RESPONDER A LAS PREGUNTAS		Si la respuesta es Si "S" Si la respuesta es no "N" Si no aplica "N/A"		Corregido inmediatamente ( \ ) NOTA #1	Plan de Reaccion (PR)	Comentarios/ Contencion (en caso de ser necesario)/Persona que emite un plan de reaccion (PR)	PR Fecha de Terminacion	PDCA No. de Item. Nota #2	
1	Esta la estacion limpia y organizada?				QF-LPA-0002				
2	En caso que exista alguna Alerta de Calidad (QA) en el area, el operador sigue las instrucciones y firmo el documento QA?				QF-LPA-0003				
3	Se tienen instrucciones especificas de empaque? Los productos son empacados siguiendo estas instrucciones?				QF-LPA-0004				
4	Estan siendo registrados los datos para el monitoreo del proceso en sus frecuencias establecidas por las instrucciones de trabajo y hoja de datos?				QF-LPA-0005				
5	En caso que se haya registrado algun resultado de medicion fuera de la tolerancia definida, existe alguna indicacion que la inspeccion es No Conforme? En caso afirmativo, esta registrada la accion inmediata? E.j. "Toda la produccion de la ultima hora fue puesta en cuarentena por ser material sospechoso".				QF-LPA-0006				
6	Estan todos los documentos de calidad disponibles en la estacion, legibles, con numero de control y de revision?				QF-LPA-0007				
7	Estan en la estacion de trabajo las hojas de registros que ya fueron completamente llenados?				QF-LPA-0008				
8	Esta identificado el equipo de medicion (Gauge) con numero de control?				QF-LPA-0009				
9	El equipo de medicion (Gauge) tiene etiqueta de calibracion/verificacion, se puede leer y esta vigente?				QF-LPA-0010				
10	Esta el cuadro de certificacion del operador (ILUO) presente y esta vigente?				QF-LPA-0011				
11	Esta el catalogo de defectos presente y esta vigente?				QF-LPA-0012				
12	El mantenimiento preventivo (PM) a sido llevado a cabo de acuerdo al plan establecido?				QF-LPA-0013				
13	La grafica de seguimiento al OEE esta siendo actualizada en el tiempo establecido?				QF-LPA-0014				
14	Confirmando el procedimiento de calidad PPDD-SLP-001, son llevadas a cabo las mediciones de 3 partes por mes, prueba de corrosion y recalificacion anuales de acuerdo a lo establecido?				QF-LPA-0015				

Figura 39 Formato de auditoria

Se asegurará por medio la presente que se seguirá el proceso normal de producción tal cual como se deberá de llevar sin desviaciones, de encontrarse algún incidente se notificará al responsable del área y se tendrá que dar solución en una fecha determinada por ambos, tanto el auditor como el responsable del área, el seguimiento será diario pidiendo informes de la contención y contramedida.

La capacitación y mantenimiento de la matriz de calificación para la operación se llevará a cabo mediante el sistema ILUO, este sistema contempla el desarrollo del personal de la organización, este sistema utiliza niveles de habilidad, en específico son 4 niveles:

Nivel I: Personas en capacitación para conocer y cumplir con su trabajo sin intervenir en la operación.

Nivel L: Personas que intervienen en los procesos, pero no pueden operar sin supervisión.

Nivel U: Personas que han acreditado conocimiento en todos los niveles y son certificados como entrenadores.

Al ser una planta nueva se tiene una progresión de contratación de personal en la cual se incluirá la capacitación con el proveedor de la integración de la maquinaria durante la primera etapa de entrenamiento.

Las hipótesis a comprobar es que el método utilizado se empleará de la manera correcta para la implementación y la validación, esta corroborado al aprobar en totalidad los campos exigidos durante la auditoria de proceso y todo esto dentro del tiempo objetivo del proyecto.

- Auditoria de Procesos

VDA 6.3

## VDA 6.3-2016 Plan Interno

ACTIVIDADES	2017																															
	Mes 1				Mes 2				Mes 3																							
	SF01	SF01	SF01	SF01	SF06	SF06	SF06	SF06	SF07	SF07	SF07	SF07	SF08	SF08	SF08	SF08	SF09	SF09	SF09	SF09	SF10	SF10	SF10	SF10	SF11	SF11	SF11	SF11	SF12	SF12	SF12	SF12
1 Enfoque inicial	P	R																														
2 Auditoria interna																																
3 Definir Acciones																																
4 Implementar soluciones																																
5 Documentación																																
6 Entrenamiento																																
7 Confirmación de Resultados																																
8 Revision de Direccion																																
9 Mejora del Proceso																																
10 Auditoria Externa por el Cliente																																

Figura 40 Plan de auditorias

## 8. CONCLUSIONES

Como líder de la manufactura del proyecto concluyo que el objetivo principal se cumplió, así como los objetivos específicos, se pudiera decir con resultados satisfactorios.

La metodología VDA es ampliamente aceptada y reconocida mundialmente por ser una de las más enriquecedoras durante su proceso de aplicación dado que es muy amplia y a la vez muy específica en cada uno de los campos que toca, para el caso de proceso la documentación requerida es basta y certificaciones tangibles para sus auditores son siempre requeridas, esto nos asegura un control de calidad para sus auditores y garantizar con esto la calidad de sus auditorías.

Retomando la parte del proceso se comprueba que es eficaz y capaz de mantenerse durante el periodo de vida del proyecto, la maquinaria novedosa y altamente tecnológica tiene la capacidad requerida por el cliente para producir piezas dentro de tolerancias dimensionales con valores de capacidad de proceso aceptables y parámetros de calidad consistentes.

También en el proceso de soldadura se demuestra una consistencia en el proceso y capacidad del mismo aceptable en profundidad de penetración en ambas superficies permitiendo una soldadura optima en cumplimiento de los valores requeridos por el cliente, adicional para asegurar esto se incrementa el requerimiento de manera interna para soportar variaciones mínimas a lo largo de la vida del proyecto, con esto se tiene por seguro que no se va a fallar el requerimiento del cliente.

La maquinaria tanto de producción se evaluó la calidad resultando en óptima para la producción de piezas de acuerdo a las características demandadas por el cliente, así como la capacidad de producción satisfactoria para nunca quedar cortos en envíos, los equipos de medición también cumplieron las expectativas requeridas para el proceso de medición y análisis según el requerimiento, demostraron capacidad en las mediciones y consistencias en los análisis.

Con el proceso validado se da por hecho el cumplimiento de las capacidades de la planta, es decir, tomando en cuenta que se tiene máquinas y procesos capaces y óptimos se puede lograr el cumplimiento diario, semanal, mensual y anual de piezas para el cliente sin riesgos de fallar envíos por calidad, entregas o costo.

## **9. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que puedo ofrecer después de la experiencia de este documento son las siguientes:


- Capacitación oportuna – los responsables de las áreas deben estar en capacitaciones tempranas de modo que conozcan los alcances del proyecto y los requerimientos del cliente e internos.
- El proceso de planeación debe tener como mínimo 2 años antes del inicio de producción del cliente dado que se tiene que tomar en cuenta el diseño del proceso, tiempo de espera de maquinaria y puesta a punto de todos los equipos, así como la validación final interna y con el cliente como último aspecto.
- El método de validación VDA es sumamente amplio, siempre antes de empezar la calificación se debe de tomar en cuenta la delimitación y alcance de la validación para el cumplimiento satisfactorio del mismo.
- El equipo de trabajo del proyecto debe estar muy comprometido con el proyecto evitando lagunas de responsabilidad para evitar retrasos, cada miembro del equipo es responsable del éxito del proyecto por lo tanto si hay alguna actividad que se retrase se deberá de tomar especial atención para apoyar al cumplimiento de la misma.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Charles T. Horngren, Spikant M. Datar, George Foster. (2007). *Contabilidad de Costos*. México: Pearson Prentie Hall.
- CONACYT, Secretaria de la Funcion Publica. (2012). *SFP*. Obtenido de SFP: [http://2006-2012.conacyt.gob.mx/transparencia/Documents/Interes/Definicion\\_de\\_auditoria\\_y\\_revision\\_de\\_control.pdf](http://2006-2012.conacyt.gob.mx/transparencia/Documents/Interes/Definicion_de_auditoria_y_revision_de_control.pdf)
- Deming, W. E. (1982). Out of the Crisis. En W. E. Deming, *Out of the Crisis* (págs. Ch.2 Principleas for Transformtaion, pág. 76). Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Deming, W. E. (1993). The New Economics. En W. E. Deming, *The New Economics* (págs. Ch. 9, The Funnel, page 203). Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Department, C. (6 de Julio de 2016). *Constellium*. Obtenido de [www.constellium.com](http://www.constellium.com): <http://www.constellium.com/media/news-and-press-releases/press-releases-only/constellium-to-open-a-new-manufacturing-facility-in-san-luis-potosi-mexico-to-supply-automotive-structural-components>
- Jay Hazer, B. R. (2008). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson.
- S. & Gibb, Buchanan. (1998 18 1). The information audit: an integrated strategic approach. *Journal of Information Management*, 29-47.

# 11. ANEXOS

## 11.1 ANEXO A

 <b>Constellium</b>	<b>Launch Readiness Assessment</b> --	CSTM Mtg site => SLP Review Date =>			
Assessed by	Score	Risk	Major Risks	Minor Risks	Subjective Rating
	100%	Low	0	0	

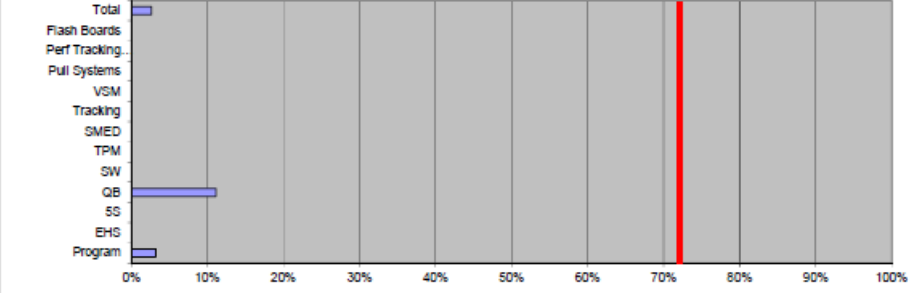
**1. Significant Points**

<b>A. Positive</b>    	<b>B. Negative</b>    
------------------------------------	------------------------------------

**2. Risks Identified (Major Risks in RED)**

**3. Results**

Total Score = 72%



Category	Score (%)
Total	72
Flash Boards	~2
Perf Tracking	~2
Pull Systems	~2
VSM	~2
Tracking	~2
SMED	~2
TPM	~2
SW	~2
QB	~12
5S	~2
EHS	~2
Program	~2

**4. Follow up**

**Rating Guide**

- Low risk or no risks identified
- Minor risks identified - minimal likelihood of Customer Impact
- Major risks identified - high likelihood of Customer Impact
- Major risks identified - Immediate Attention Required - Deploy SWAT Team



# 11.2 ANEXO B

## Aceptación de Maquinaria

Project Name:

---

<b>Description:</b>		<b>Final System Acceptance</b>
<b>Operation:</b>		
<b>Date:</b>		

<b>Representatives</b>	<b>Representatives</b>	<b>Integrator Representatives</b>

**General Requirements**

Yes	No	N/A	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Is general workmanship at an acceptable level?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Are electrical pipe, wire, cords, cable tray, support stands acceptable?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Is fixture lighting acceptable?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Is ventilation system acceptable?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Is the choice of colors and paint acceptable?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Is the work and area layout appropriate?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>"General" checklist complete?</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Safety/Environmental" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Documentation" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Equipment Performance " checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Tooling and Fixture" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Electrical" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"PLC/HMI" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Robotic/Welding" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Robot Material Handling" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"CNC" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Pneumatic" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Hydraulic" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Quality/Error Proofing" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Maintenance" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Dry Cycle " checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<a href="#">"Ht List" checklist complete?</a>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Other: _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>Action required:</i> _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Other: _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<i>Action required:</i> _____
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>General - OK for production?</b>

EHS	
Maintenance	
Lean Manufacturing	
Operation	
Engineering	

