



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

PROYECTO DE TITULACIÓN

REDUCCIÓN DE MATERIALES CON DEFECTOS DE APLICACIÓN DE STYCAST

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

PRESENTA:

MAYRA YADIRA HERNÁNDEZ

ASESOR:

GERMAN VERDIN GONZALEZ

Junio



CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

1.2 Agradecimientos

Agradezco a Dios por estar presente en mi vida y permitirme concluir mis estudios, por darme la fortaleza para seguir adelante, por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hijos Scarlet y Christian por su amor y apoyo incondicional, paciencia, pero principalmente por ser mi mayor motivación para retomar mis estudios, mi gran motor de vida.

A mis tíos Guadalupe Hernández y José Luis Medina por hacerme sentir parte de su familia, por ser mis guías, mi apoyo y estar presentes en cada momento que ha marcado mi vida.

A todos mis profesores por guiarme y compartirme sus experiencias, conocimientos, pero en especial a mis asesores Montserrat Garabito y Oswaldo Castillo por el tiempo brindado, paciencia, comprensión, por estar siempre disponible para orientarnos para mejorar nuestro proyecto.

1.3 Resumen

El proyecto de residencia profesional fue realizado en la empresa Sensata Technologies de México S de R. L. de C.V. empresa líder mundial y un innovador pionero en sensores y controles de misión crítica diseñados para hacer que el mundo sea más limpio, más seguro y más eficiente, misión crítica significa productos que son esenciales y difíciles de hacer.

En el área de Precision Products la línea 2TC presentó un incremento de material defectivo durante el año 2019, donde la barra principal correspondía a problemas de stycast (epóxido), representando la mayor pérdida económica.

Esta línea produce dispositivos de aplicación aeroespacial, la mayor parte de sus procesos es manual y por ende es dependiente de los operadores, lo que ocasiona varios errores humanos al realizar una tarea repetitiva creando inestabilidad en la calidad del producto.

Las causas que originan los errores se asocian frecuentemente con varios factores como el diseño, carga de trabajo, instrucciones poco claras, falta de herramientas, falta de entrenamiento, entre otros.

La finalidad de este proyecto fue aplicar las herramientas necesarias para reducir los defectos por aplicación stycast (epóxido), para lo cual fue indispensable el apoyo de los operadores e inspectores, quienes apoyaron en la identificación de los problemas en la estación de trabajo, con el seguimiento al realizar las actividades que fueron implementadas.

1.4 Índice

Índice

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES	ii
1.2 Agradecimientos	ii
1.3 Resumen	iii
1.4 Índice	iv
<i>Lista de Figuras</i>	vi
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	8
2.1.- <i>Introducción</i>	8
2.2. <i>Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo</i>	9
2.2.1 Descripción de la empresa	9
2.2.2 Historia de la Empresa	10
2.2.3 Misión	15
2.2.4 Visión.....	15
2.2.5 Filosofía y Objetivos.....	15
2.2.6 Valores	16
2.2.7 Productos Principales	17
2.2.8 Clientes.....	22
2.2.9 Organigrama	22
2.2.10 Área de Trabajo	23
2.3. <i>Problemas a resolver, priorizándolos</i>	24
2.3.1 Reducción de material defectivo.....	24
2.3.2 Entrenamiento a operadores	24
2.3.3 Estandarización de racks de curado	25
2.3.4 Uso de gages.....	25
2.3.5 Estandarización de criterios	25
2.3.6 Implementación de Checklist.....	25
2.3.7 Auditorias operación de stycast.....	25
2.4. <i>Justificación</i>	26
2.5. <i>Objetivos (General y Específicos)</i>	27
2.5.1 Objetivo General	27

2.5.2 Objetivos Especificos	27
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	27
3.1. Marco Teórico (fundamentos teóricos)	27
3.1.1 Herramientas de calidad	27
3.1.2 Manufactura esbelta.....	37
3.1.3 Six sigma	40
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	44
4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	44
4.1.1 Cronograma de actividades.....	44
4.1.2 Fase Definir	45
4.1.3 Fase Medir.....	46
4.1.4 Fase Analizar	49
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	51
5.1 Resultados.....	51
5.1.1 Fase Implementación de mejoras.....	51
5.1.2 Fase Controlar	55
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	57
6.1. Conclusiones del Proyecto.....	57
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	58
7.1. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	58
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	59
8.1. Fuentes de información.....	59
CAPÍTULO 9: ANEXOS	60
9.1. Anexos.....	60

Lista de Figuras

Figura 1 Presencia Mundial	9
Figura 2 Logotipo Sensata Technologies	9
Figura 3 Sensata Technologies Aguascalientes.....	10
Figura 4 Década 1910: Los años dorados	10
Figura 5 Década de 1920: Expansión	11
Figura 6 Década de 1930: La primera fusión	11
Figura 7 Década de 1940: Apoyo militar	12
Figura 8 Década de 1950: La fusión de TI	12
Figura 9 Década de 1960: Misión a la Luna.....	13
Figura 10 Década de 1970: Expansión global.....	13
Figura 11 Década de 1980: La experiencia demuestra su valor.....	13
Figura 12 Década de 1990: Los materiales evolucionan.....	14
Figura 13 Década de 2000: Nuevo nombre, misma promesa	14
Figura 14 Década de 2010: 100 años de seguridad y eficiencia	15
Figura 15 Nuestros Valores	16
Figura 16 Productos Principales	17
Figura 17 APT (Automotive Pressure Transducer).....	17
Figura 18 CSE (Capacitive Sensor Element)	18
Figura 19 TCIS (Transmission Control and Inertial Sensors)	18
Figura 20 IPS (Industrial Pressure Switches).....	18
Figura 21 APS (Automotive Pressure Switches)	19
Figura 22 HVAC (Heating, Ventilation and Aic Conditioning)	19
Figura 23 SAIL (Small Appliance, Industrial and Lighting).....	19
Figura 24 MHA (Líneas pequeñas)	20
Figura 25 Aplicaciones.....	20
Figura 26 Aplicaciones típicas de los productos de precisión.....	21
Figura 27 Clientes.....	22
Figura 28 Organigrama PP	22
Figura 29 Circuitos de Precisión	23
Figura 30 Hojas de Verificación	29
Figura 31 Pareto	30
Figura 32 Histograma	31
Figura 33 Pareto de Estratificación	32
Figura 34 Diagrama de dispersión	33
Figura 35 Diagrama de Control.....	33
Figura 36 Diagrama de Ishikawa	36
Figura 37 Proceso DMAIC	41
Figura 38 Scrap generado en 2019.....	45
Figura 39 Rechazos internos 2019	46
Figura 40 Diagrama de flujo.....	46
Figura 41 Estratificación de rechazos internos por defectos de stycast	47
Figura 42 Material detectado en proceso	47
Figura 43 Clasificación de defectos	48

Figura 44 Lluvia de ideas	48
Figura 45 Diagrama Ishikawa	49
Figura 46 Gage stycast.....	49
Figura 47 Rack de curado.....	50
Figura 48 Formato de operador certificado	51
Figura 49 Formato de certificaciones canceladas por falta de práctica	51
Figura 50 Verificación de altura de stycast.....	52
Figura 51 Estandarización de racks	52
Figura 52 Hoja Viajera (Operación stycast).....	53
Figura 53 HOE Manejo de material en operación de stycast.....	53
Figura 54 Estandarización de Ayudas Visuales	53
Figura 55 Liberación de stycast proceso (cambio implementado).....	54
Figura 56 Checklist para liberación de stycast en proceso.....	54
Figura 57 Desviaciones encontradas en 2020	55
Figura 58 Gráfica Costos 2019 y 2020.....	55
Figura 59 Gráfica Comparación Rechazos Internos 2019 y 2020	56

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1.- Introducción

Los defectos representan una pérdida parcial o total en las empresas, pues además de pérdidas económicas implica pérdidas de tiempo, el material defectuoso no sólo interrumpe la producción, con frecuencia los productos defectuosos deben descartarse lo que significa un despilfarro de recursos y esfuerzo, aun cuando en ocasiones el material puede ser reprocesado, este también implica tiempo y por ende costo, por ello es importante que las empresas busquen soluciones que disminuyan o eliminen el problema de raíz.

Lograr reducir o eliminar los defectos es uno de los principales objetivos en las empresas, sin embargo, no es una tarea fácil pues no sólo se requiere conocimiento, sino también llevar a cabo las buenas prácticas en todas las actividades involucradas en el proceso productivo, para ello es importante la capacitación de los empleados con un enfoque en la calidad, buscando la mejora continua en todos los procesos, pero sobre todo satisfacer las necesidades del cliente.

Este proyecto surgió de la necesidad de reducir la cantidad de material defectivo, siendo este su principal objetivo, para lo cual se realizó un análisis mediante la información que arrojan los sistemas de ORACLE (collection plan) y QRA Inspection (registros de material inspeccionado), para desarrollar el proyecto se utilizaron el método DMAIC y herramientas de calidad como paretos, estratificación, lluvia de ideas y el diagrama Ishikawa lo que permitió determinar las causas que originaron los defectos por mal aplicación de stycast (epóxido).

Con los cambios implementados y el seguimiento en el entrenamiento del personal involucrado con la operación, se logró obtener los objetivos esperados.

2.2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo

2.2.1 Descripción de la empresa

Sensata Technologies es uno de los principales proveedores mundiales de soluciones de detección, protección eléctrica, control y gestión de energía, ayuda a satisfacer la creciente necesidad mundial de seguridad, eficiencia energética y un ambiente limpio. Con operaciones y centros de negocios en 11 países y oficinas de ventas en todo el mundo, atendiendo a mercados globales industriales, de automoción, electrodomésticos, aeronaves, militares, calefacción, aire acondicionado y ventilación, datos, telecomunicaciones, vehículos recreativos y marinos.



Figura 1 Presencia Mundial

El nombre Sensata fue tomado de la palabra en latín “sensata” que significa “todas aquellas cosas dotadas de sentido”. La palabra “Technologies” se refiere al enfoque de nuestra compañía en la tecnología.



Figura 2 Logotipo Sensata Technologies

El logotipo fue inspirado en el lenguaje braille, un lenguaje universal basado en “sentir”, los colores que lo conforman representan nuestras capacidades como expertos, compromiso con nuestros clientes, alcance global y diversidad.



Figura 3 Sensata Technologies Aguascalientes

2.2.2 Historia de la Empresa

El 24 de Abril de 1916 Nace General Plate Company fundada por Rathbun Willard en Attleboro, Massachusetts para abastecer de placas de oro a la industria joyera de Rhode Island. La puesta en marcha se financio con un préstamo de \$50,000 de los directores de la compañía Grinnell en Providence.



Figura 4 Década 1910: Los años dorados

En 1926, la fábrica se realizó por primera vez en el sótano del edificio Brigney en Attleboro, Massachusetts. Limitado por el espacio, Willard decidió mudarse de la compañía y compró más de 200 acres de tierra en lo que entonces se conocía como el pantano Cat-O-Nine-Tail. El primer edificio fue construido en 34 Forest Street.



Figura 5 Década de 1920: Expansión

En 1931, la compañía se fusionó con Spencer Thermostat Company de Cambridge, MA y formó Metals & Controls Corporation. Esta fusión combinó las capacidades del procesamiento de metales con la experiencia en control de detección de temperatura que luego atrajo la atención de Texas Instruments.



Figura 6 Década de 1930: La primera fusión

En 1941, Metals & Controls Corporation diseñó y construyó sus primeros disyuntores para vehículos militares y aviones. Actualmente hay más de mil millones de interruptores automáticos Sensata todavía en uso.



Figura 7 Década de 1940: Apoyo militar

El negocio comenzó a expandir sus operaciones internacionalmente en 1955 cuando abrió una oficina de ventas y una pequeña planta de fabricación de Holanda. A lo largo de la década de 1950, se establecieron plantas adicionales en varios lugares internacionales. En 1959, Texas Instruments se fusionó con la antigua Metals & Controls Corporation.



Figura 8 Década de 1950: La fusión de TI

En 1963, Texas Instruments cambió el nombre de la división de Materials & Controls. En 1965, los ingenieros comenzaron a diseñar y construir todos los interruptores de control del panel para los módulos de comando lunar y Apollo 11, así como para el rover lunar. El proceso de unión de alambre de aluminio y revestimiento de cobre también se desarrolló para cables de baterías de automóviles.



Figura 9 Década de 1960: Misión a la Luna

La empresa siguió creciendo y comenzó a fabricar en Malasia y Japón. La empresa también creó su primer estrangulador eléctrico de coeficiente térmico positivo (PTC) para automóviles, que se implementó en el Chevrolet Chevette en 1979.

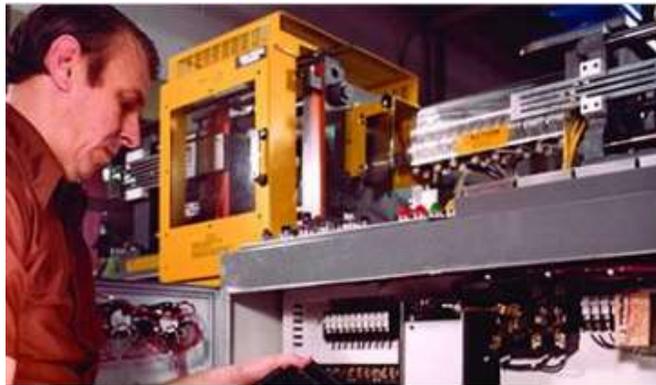


Figura 10 Década de 1970: Expansión global

Aguascalientes, México, fue elegido como el sitio para la primera expansión de la compañía en México en 1983. En 1985, el laboratorio electroquímico y de corrosión determinó la causa del deterioro del exterior de cobre de la Estatua de la Libertad.



Figura 11 Década de 1980: La experiencia demuestra su valor

En 1990, la empresa creó su primer protector de batería y acelerómetro de baja gravedad. El desarrollo de materiales continuó con el lanzamiento de DuraFoil. La tecnología de etiquetas inteligentes Tag-it se anunció en 1997 y comenzó su producción en 1999.



Figura 12 Década de 1990: Los materiales evolucionan

En 2006, la empresa, ahora Sensata Technologies, renació como empresa privada y adquirió First Technology. En 2007, la empresa adquirió Airpax Holdings y sus cuatro unidades operativas.



Figura 13 Década de 2000: Nuevo nombre, misma promesa

En 2010, la compañía realizó su oferta pública inicial y comenzó a cotizar en la bolsa de Nueva York bajo Sensata Technologies. En 2016, Sensata celebró su centenario, marcando 100 años mejorando la seguridad, la eficiencia y la comodidad para millones de personas, la Fundación Sensata Technologies, una organización sin fines de lucro, se fundó en 2017.



Figura 14 Década de 2010: 100 años de seguridad y eficiencia

2.2.3 Misión

Generar el máximo valor posible para Sensata, nuestros clientes, nuestros socios y nuestra gente, alcanzando consistentemente resultados de excelencia en calidad, entrega y lanzamiento de nuevos productos, apoyados en un equipo ganador y respetuoso de nuestro medio ambiente.

2.2.4 Visión

Un líder mundial e innovador en sensores de misión crítica y protección eléctrica, satisfaciendo las crecientes necesidades mundiales de seguridad, eficiencia energética, ambiente limpio, somos un socio empleador y vecino de elección.

2.2.5 Filosofía y Objetivos

- Calidad y Entrega Excelentes.
- Hacer nuestras las necesidades de los clientes.
- Solidificar el NOTD por debajo del 2% en todas las áreas.
- Disminuir Eventos de Calidad en un 40%. Cero “Quality Spills”.
- Mejorar los Productos y Procesos para alcanzar expectativas futuras de los clientes.
- Seguir construyendo la excelencia técnica del sitio, basados en Six Sigma y Lean.
- Manufacturing, mejorando la calidad, el rendimiento y las ganancias por productividad.

2.2.6 Valores

- Integridad. Somos abiertos y honestos con todos nuestros grupos de interés. Hacemos lo correcto y cumplimos lo que prometemos.
- Excelencia. Nos esforzamos por la mejora continua en todo lo que hacemos. Encontramos formas nuevas e innovadoras de resolver problemas, hacer crecer nuestra empresa y nosotros mismos.
- One Sensata. Tenemos confianza, respeto, visión compartida, diversidad de pensamientos y un equipo global que son fundamentales para nuestro éxito duradero.
- Pasión. Contamos con un equipo dedicado y comprometido que trabaja para resolver algunos de los problemas más desafiantes del mundo. Nos apasiona servir a nuestros clientes y construir nuestro futuro.
- Flexibilidad. Operamos en un entorno dinámico y de ritmo rápido y actuamos con agilidad.



Figura 15 Nuestros Valores

2.2.7 Productos Principales

En Sensata Technologies tenemos dos negocios principales llamados Unidades Globales de Negocios (GBU: Sensores y Controles, también llamado Electrical Protection). En la Planta Aguascalientes manufacturamos estos diferentes productos a diversos clientes.

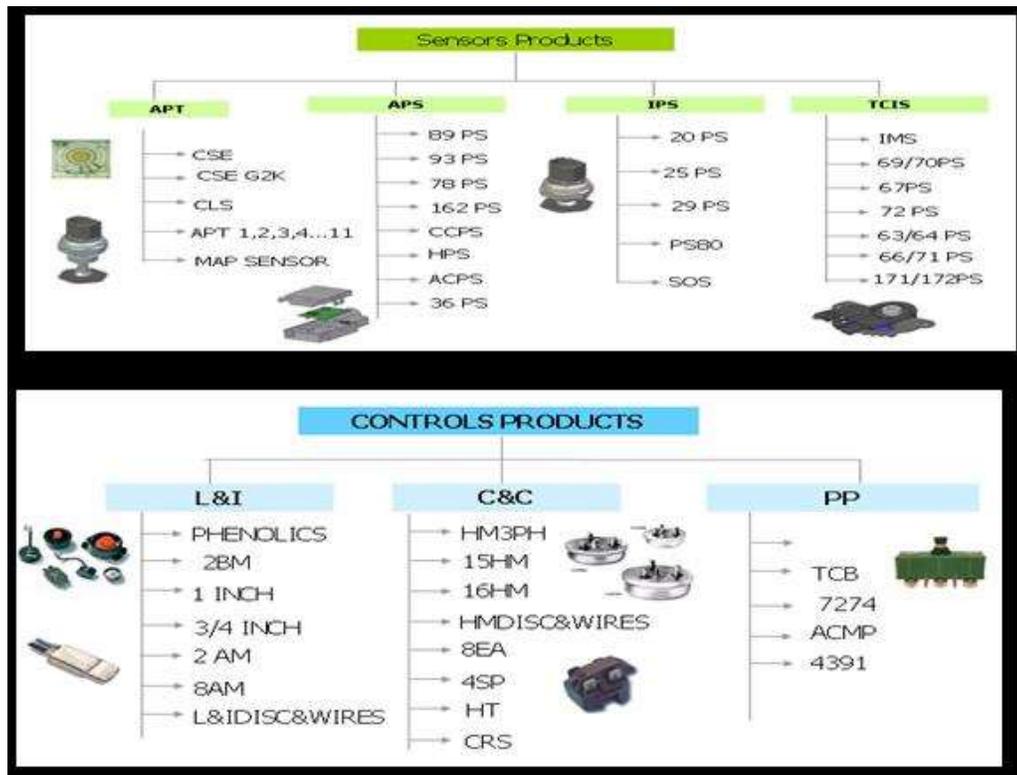


Figura 16 Productos Principales

APT: Siglas de Automotive Pressure Transducer, son sensores transductores de presión se utilizan en muy diversas aplicaciones que van desde el escape hasta el aire acondicionado del vehículo.



Figura 17 APT (Automotive Pressure Transducer)

CSE: El "corazón" del APT, es un Elemento Capacitor Sensitivo (Capacitive Sensor Element) que convierte la presión de un gas o líquido a señal eléctrica.



Figura 18 CSE (Capacitive Sensor Element)

TCIS: Sensores para Transmisiones y de Detección Inercial (Transmission Control and Inertial Sensors) que se utilizan en aplicaciones automotrices.



Figura 19 TCIS (Transmission Control and Inertial Sensors)

IPS: Interruptores Industriales de Presión, (Industrial Pressure Switches) reaccionan ante condiciones cambiantes de presiones de líquidos y gases, sus principales aplicaciones son cámaras de refrigeración, aires acondicionados y maquinaria pesada.

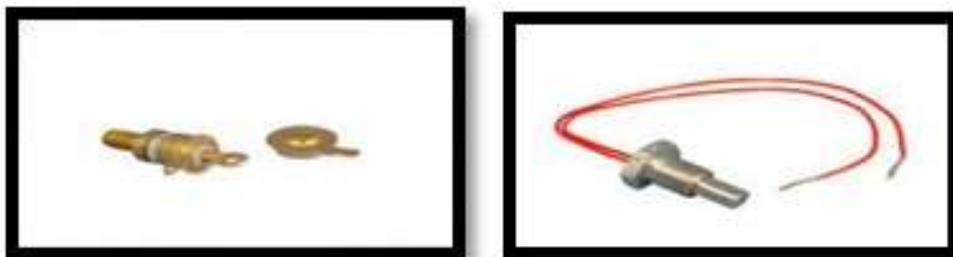


Figura 20 IPS (Industrial Pressure Switches)

APS: Interruptores de presión para aplicaciones automotrices y de maquinaria pesada. Sus siglas significan en inglés "Automotive Pressure Switches"



Figura 21 APS (Automotive Pressure Switches)

HVAC: Moto protectores herméticos para diversas aplicaciones, que pueden ir desde electrodomésticos hasta aires acondicionados y sistemas de calentamiento. Sus siglas significan "Heating, Ventilation and Air Conditioning"



Figura 22 HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning)

SAIL: Por sus siglas significa "Small Appliance, Industrial and Lighting". Son moto protectores para aplicaciones en iluminación comercial y doméstica; para motores eléctricos de uso pesado generalmente para aplicaciones industriales y electrodomésticos pequeños.



Figura 23 SAIL (Small Appliance, Industrial and Lighting)

MHA: También conocidos como "Líneas pequeñas", son dispositivos relevadores o de encendido que se utilizan en aparatos electrodomésticos grandes como lavadoras o refrigeradores.



Figura 24 MHA (Líneas pequeñas)

PP: Los "Precision Products" son dispositivos de protección eléctrica para circuitos que requieren una gran precisión y confiabilidad. Esto es debido a que sus aplicaciones son generalmente en la industria aeroespacial, la industria de astilleros (construcción de embarcaciones), en maquinaria y vehículos pesados.

Debido a la gran diversidad de productos, Sensata tiene la oportunidad de servir a una gran diversidad de mercados y clientes, que van desde refrigeración, electrodomésticos, aire acondicionado, calefacción, iluminación comercial, vehículos y maquinaria pesada, aeroespacial y automotriz.



Figura 25 Aplicaciones

2.2.7.1 Características de los PP (Precision Products)

El diseño y la producción de dispositivos de protección eléctrica para aeronaves, electrodomésticos, automoción, vehículos pesados, aplicaciones industriales y militares de defensa. Nuestros dispositivos monofásicos son los interruptores automáticos de aviones más pequeños y livianos del mundo, pero brindan confiabilidad y durabilidad de grado militar.

Los dispositivos PP son usados en varios tipos de aplicaciones especialmente de aviación, equipos de soporte terrestre, simuladores, equipos a bordo, y vehículos terrestres. Es instalado entre la fuente de poder y la carga, su principal función es proteger el cableado o instalación eléctrica del avión entre el mismo interruptor de corriente y la carga (aplicación), de un sobrecalentamiento debido a una condición de sobrecarga eléctrica.



Figura 26 Aplicaciones típicas de los productos de precisión

2.2.8 Clientes



Figura 27 Clientes

2.2.9 Organigrama

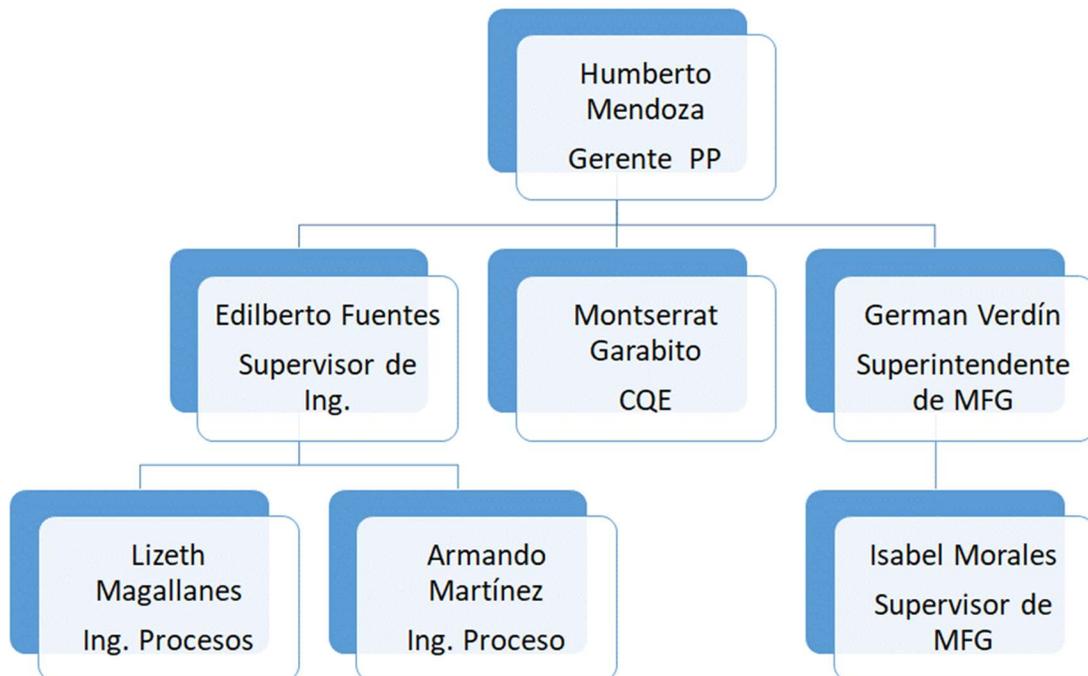


Figura 28 Organigrama PP

2.2.10 Área de Trabajo

El proyecto se realizará en el área PP (Precisión Products) en la línea 2TC, en esta línea se producen circuitos de precisión, estos dispositivos fueron diseñados para dejar pasar un valor específico de corriente y abrir automáticamente al tener una sobrecarga.



Figura 29 Circuitos de Precisión

El Departamento de Calidad es el responsable de verificar que los productos cumplan con los parametros o requerimientos previamente establecidos, a la par se encarga de verificar que se cumplan los controles y procedimientos en todos los procesos. Además de liderar y coordinar a los equipos de trabajo.

Parte de las responsabilidades de Departamento de Calidad es dar acciones en conjunto del grupo de MRB (Ingeniero de Procesos, Ingeniero de Manufactura, Ingeniero de Calidad), así como el seguimiento para el cumplimiento de las mismas.

2.2.10.1 Las actividades o funciones que yo desempeño dentro del área de Calidad

- Actualización de Pareto de Rechazos Internos, Attleboro, Matriz de Cumplimiento.
- Actualización de Tableros de Calidad (Andon).
- Coordino a los Inspectores de Producto Final.
- Auditorias y Captura de LPA.
- Implementacion y Seguimiento de Acciones Correctivas.
- Cambios en Documentacion Temporal (OCN, Alertas de Calidad) o Permanentes (Instrucciones de Trabajo, Control Plan, Formatos).
- Certificaciones.
- Calibración de equipos.
- Estudios MSA.

- PPAP.
- Contenciones.
- Care - Rechazos a Proveedor y Seguimiento.
- Transacciones en ORACLE.
- Inventarios.
- Dimensionales.
- Soporte (Ingeniería y Manufactura).

2.2.10.2 Las actividades o funciones que yo desempeñe dentro del proyecto

- Verificar el correcto registro y captura de material defectivo, realizado por operadores e inspectores de calidad.
- Actualización de paretos que permiten ver el avance del proyecto.
- Estandarizar los rack de curado e implementar acciones correctivas para evitar el escurrimiento o contaminación en material.
- Revisión de método y uso de gage para verificación de stycast.
- Realizar cambios permanentes en la documentación necesaria.
- Estandarización de ayudas visuales.
- Definir procedimiento de liberación en proceso e implementar checklist.
- Auditorías.

2.3. Problemas a resolver, priorizándolos

2.3.1 Reducción de material defectivo

En el año 2019 se presentó un incremento de material defectivo, lo que provoca una pérdida de \$76,000 dólares en scrap, y representó con un 28% el pareto más alto en rechazos internos.

2.3.2 Entrenamiento a operadores

El entrenamiento de los operadores es deficiente pues sólo en algunos casos el material es verificado por otro operador certificado, pero no se retroalimenta al operador en proceso.

2.3.3 Estandarización de racks de curado

El material con aplicación de stycast es colocado en racks, en el cual no se encuentra definido el espacio para colocarlo, además de que colocan las hojas viajeras sobre el material, empalman charolas sin tener el cuidado o la precaución de verificar que el material no quede mal posicionado, para evitar que el stycast se escurra. Aunado a esto el material es liberado en proceso antes de que se cure el stycast con la finalidad de que el material pueda ser reprocesado, para realizar esta liberación tiene que tomar cada charola para su verificación y la vuelve a colocar en un lugar que esté disponible ya que no se tiene definido el espacio para colocar material antes y después de liberar.

2.3.4 Uso de gages

La operación cuenta con gages para verificar la altura del stycast, pero no se usan de forma correcta debido a que no embonan correctamente en la terminal, esto ocasiona que gran parte del material procesado no sea verificado.

2.3.5 Estandarización de criterios

Las instrucciones de trabajo de calidad no se encuentran actualizadas de acuerdo a los nuevos requerimientos de línea, pues no cuentan con ayudas visuales que les permitan mejorar el criterio al realizar la liberación en proceso.

2.3.6 Implementación de Checklist

No se cuenta con checklist para liberación de proceso de stycast, lo cual genera que el inspector no verifique los puntos importantes al realizar la liberación y pase por alto defectos que pudieran ser reprocesados antes del proceso de curado.

2.3.7 Auditorias operación de stycast

Los operadores no realizan las monitorias que indica la instrucción de trabajo, por ende, el material que producen presenta defectos, los cuales se detectan hasta que el material está curado y ya es considerado scrap, con la realización de auditorías se pueden detectar defectos o malas prácticas de manera oportuna.

2.4. Justificación

Durante el año 2019 el scrap por defectos de stycast presentó un incremento lo que provocó una pérdida de \$76,000 dólares, con este proyecto se busca reducir los defectos de materiales a los que se les aplica stycast en forma incorrecta, ya sea por falta, exceso, fracturas, escurrimiento y contaminación.

La correcta aplicación del stycast (epóxido) tiene varios propósitos:

- Fijar las terminales en una posición para que el breaker (interruptor de corriente) pueda ser calibrado.
- Terminales sin stycast se moverían al momento de calibrar, generando una falla de repetibilidad en la calibración.
- El montaje de los cables en el breaker (interruptor de corriente) se hace en las locaciones del cliente, mediante el uso de herramienta neumática. Las herramientas neumáticas ejercen presión en las terminales, las cuales deben resistir el impacto durante el ensamble.
- Una aplicación deficiente de stycast (epóxido) podría generar que no tenga la suficiente resistencia durante el montaje y se pueda fracturar durante la instalación.
- Una aplicación en exceso podría generar escurrimientos o tapar las cuerdas de las terminales, lo cual no dejaría hacer el ensamble de cables en la aplicación con cliente.
- Curar el stycast (epóxido) en horno antes de las 12 horas establecidas para curado en aire causa debilitamiento, esto es debido a que el calor sella la parte exterior del stycast (epóxido) y dificulta el curado del interior, no dejando escapar los gases del interior, lo que genera una consistencia molecular porosa, debilitando la aplicación general.
- El stycast (epóxido) ya instalado y curado adecuadamente, puede exponerse a temperaturas tan altas como 120°C o -55°C sin tener problemas de resistencia.

2.5. Objetivos (General y Específicos)

2.5.1 Objetivo General

Reducir en un 50% la cantidad de material defectivo por una incorrecta aplicación de stycast, mediante la aplicación de técnicas y herramientas que permitan reducir y mantener los controles implementados.

2.5.2 Objetivos Específicos

1. Identificar y analizar los factores que afectan en la aplicación incorrecta de stycast. mediante la recolección de información.
2. Evaluar el entrenamiento de los operadores.
3. Estandarizar racks y ayudas visuales.
4. Estandarizar y definir proceso de liberación de material en proceso.
5. Realizar auditorías.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Teórico (fundamentos teóricos)

3.1.1 Herramientas de calidad

La evolución del concepto de calidad en la industria y en los servicios nos muestra que pasamos de una etapa donde la calidad solamente se refería al control final, para separar los productos malos de los productos buenos, a una etapa de Control de Calidad en el proceso, con el lema: "La Calidad no se controla, se fabrica".

Finalmente llegamos a una Calidad de Diseño que significa no sólo corregir o reducir defectos sino prevenir que estos sucedan, como se postula en el enfoque de la Calidad Total.

De allí la conveniencia de basarse en hechos reales y objetivos. Para esto es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas.

Existen siete herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los diversos contextos de una organización.

3.1.1.1 Hoja de verificación (obtención de datos)

La hoja de verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. El objetivo que se pretende con el uso de las hojas de verificación son: facilitar las tareas de recolectar información, evitar la posibilidad de errores o malos entendidos y permitir el análisis rápido de los datos.

Debe reunir la característica que visualmente permita hacer un análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde procede, etcétera.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.
- Proporciona un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporciona registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Facilita el inicio del pensamiento estadístico.
- Ayuda a traducir las opiniones en hechos y datos.
- Se puede usar para confirmar las normas establecidas.

Esta forma puede consistir en una tabla o gráfica, donde se registre, analice y presenten resultados de una manera sencilla y directa.



Figura 30 Hojas de Verificación

3.1.1.2 Pareto

Es un método gráfico de análisis con forma de diagrama de barras en el que se representan de forma sencilla, cualitativa y cualitativamente, los factores que intervienen en un problema. Dichos factores se colocan en orden decreciente de importancia, en último lugar se pone uno llamado "otros o varios" que agrupa a los de menor cuantía e interés para el análisis, este se representa sobre el mismo gráfico y mediante un diagrama de líneas, las frecuencias acumuladas en porcentaje sobre el total.

El eje horizontal representa los distintos conceptos o causas del problema que se quiere estudiar y el vertical las frecuencias de las causas citadas.

El diagrama de Pareto es útil para determinar los factores clave de una situación o aquellos aspectos que tienen mayor influencia, proporciona una visión sencilla y rápida de la importancia relativa de los problemas, decidir sobre qué aspectos se debe trabajar de forma inmediata, determinar el enfoque a tomar ante una determinada situación, definir el alcance de una situación, evaluar la evolución de un determinado aspecto en el tiempo respecto al resto y predecir y comprender la efectividad de la mejora.

Las fases de elaboración de este diagrama son:

- Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, así como tener claro qué objetivo se persigue.
- Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación diseñada para la recolección de datos que identifiquen tales factores.

- Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello.
- Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia o si será necesario multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.
- Documentación de referencias del diagrama de Pareto, como son títulos, periodo, área de trabajo, etc.
- Se realiza la interpretación del diagrama de Pareto y, si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo.

Representar gráficamente los datos de frecuencia en orden descendente, así como los valores acumulados.

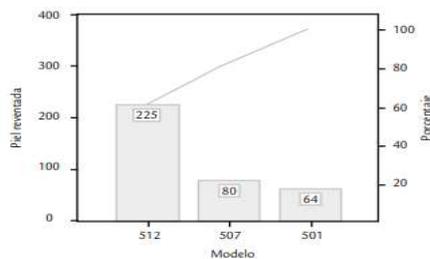


Figura 31 Pareto

3.1.1.3 Histograma (Diagrama de distribución de frecuencias)

Representación gráfica en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o de una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de clases, cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución, el eje horizontal está formado por una escala numérica para mostrar la magnitud de los datos, mientras que el eje vertical representa las frecuencias.

Un histograma ayuda a ver la tendencia central de los datos, facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece el pensamiento estadístico.

Interpretación del histograma

1. Observar la tendencia central de los datos. Localizar en el eje horizontal, la escala de medición y las barras con mayores frecuencias.
2. Estudiar el centrado del proceso. Observar la posición central del cuerpo del histograma con respecto a la calidad óptima y a las especificaciones.
3. Examinar la variabilidad del proceso. Consiste en comparar la amplitud de las especificaciones con el ancho del histograma.
4. Analizar la forma del histograma. Al observar un histograma considerar que la forma de distribución de campana es la que más se da en salidas de proceso y tiene características similares a la distribución normal.

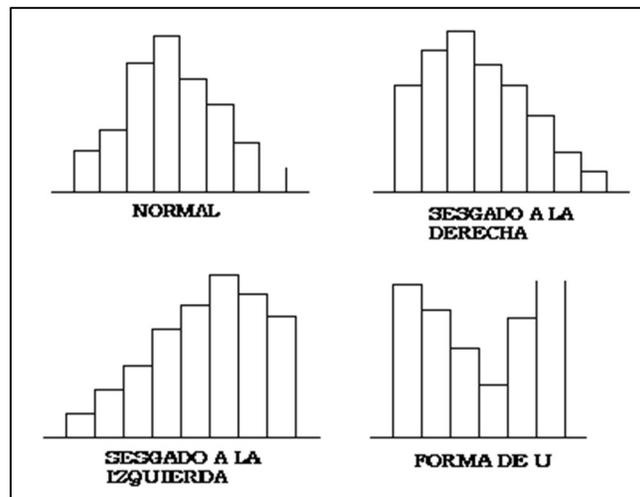


Figura 32 Histograma

3.1.1.4 Estratificación

La estratificación consiste en analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos de acuerdo con los factores que pueden influir en la magnitud de los mismos.

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de forma que sea posible localizar diferencias, prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema. La estratificación recoge la idea del diagrama de Pareto y la generaliza como una estrategia de análisis y búsqueda.



Figura 33 Pareto de Estratificación

3.1.1.5 Diagrama de Dispersión

Es una gráfica cuyo objetivo es analizar la forma en que dos variables numéricas están relacionadas. El objetivo de esta gráfica es analizar la forma en que estas dos variables están relacionadas.

Construcción de un diagrama de dispersión:

1. Obtención de datos. Una vez que se han seleccionado las variables que se desea investigar se colectan los valores de ambas sobre la misma pieza o unidad.
2. Elegir ejes, si se trata de una relación causa – efecto se representa en el eje X y el probable efecto en el eje Y.
3. Construir escalas. Los ejes deben ser tan largos como sea posible, pero de longitud similar.
4. Gráfico de datos. Con base en las coordenadas en el eje X y en eje Y, representa un punto en el plano y los valores de ambas variables.
5. Documentar el diagrama. Registrar en el diagrama toda la información que sea de utilidad para identificar, como son títulos, periodo que cubre los datos, unidades de cada eje, área o departamento y persona responsable de coleccionar los datos.

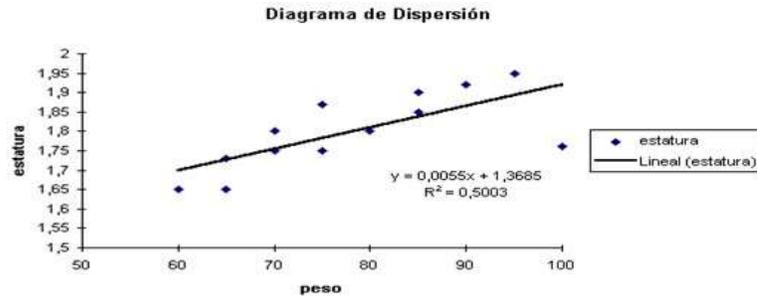


Figura 34 Diagrama de dispersión

3.1.1.6 Diagrama de Control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación. Se utilizan para estudiar la variación de un proceso y determinar a qué obedece esta variación.

Un gráfico de control es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior (límite de control superior) y un límite inferior (límite inferior de control) a ambos lados de la media o línea central. La línea central refleja el producto del proceso. Los límites de control proveen señales estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial.

Un gráfico de control muestra:

- 1-Si un proceso está bajo control o no.
 - 2-Indica resultados que requieren una explicación.
 - 3-Define los límites de capacidad del sistema, los cuales previa comparación con los de especificación pueden determinar los próximos pasos en un proceso de mejora.
- Básicamente el Diagrama de Control sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para indicar que el proceso se mantiene en una condición inestable.

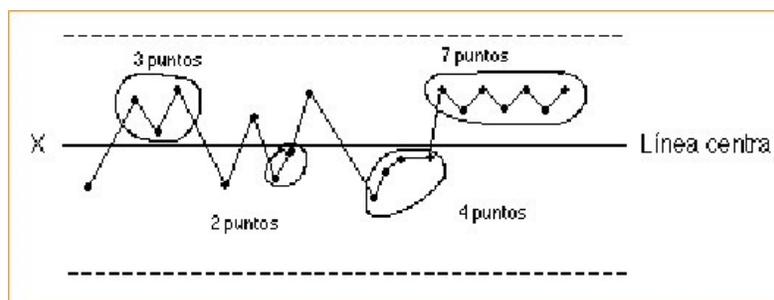


Figura 35 Diagrama de Control

3.1.1.7 Diagrama de Ishikawa (Diagrama de causa y efecto)

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuales son las verdaderas causas.

El método de las 6M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M.

Aspectos o factores a considerar en las 6M

Mano de obra o gente

- Conocimiento (¿la gente conoce su trabajo?).
- Entrenamiento (¿los operadores están entrenados?).
- Habilidad (¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?).
- Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?).
- ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

Métodos

- Estandarización (¿las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada o dependen del criterio de cada persona?).
- Excepciones (¿Cuándo el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo existe un procedimiento alternativo definido claramente?).
- Definición de operaciones (¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada de manera correcta?).

Máquinas o equipos

- Capacidad (¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?).

- Condiciones de operación (¿las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha realizado algún estudio que lo respalde?).
- Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?).
- Ajustes ¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?).
- Mantenimiento (¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

Material

- Variabilidad (¿se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?).
- Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?).
- Proveedores (¿Cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen estas?).
- Tipos (¿se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?).

Mediciones

- Disponibilidad (¿se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?).
- Definiciones (¿están definidas de manera operacional las características que son medidas?).
- Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?).
- Repetibilidad (¿se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?).
- Reproducibilidad (¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuado?).
- Calibración o sesgo (¿existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?).

Medio ambiente

- Ciclos (¿existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de condiciones del medio ambiente?).

- Temperatura (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?).

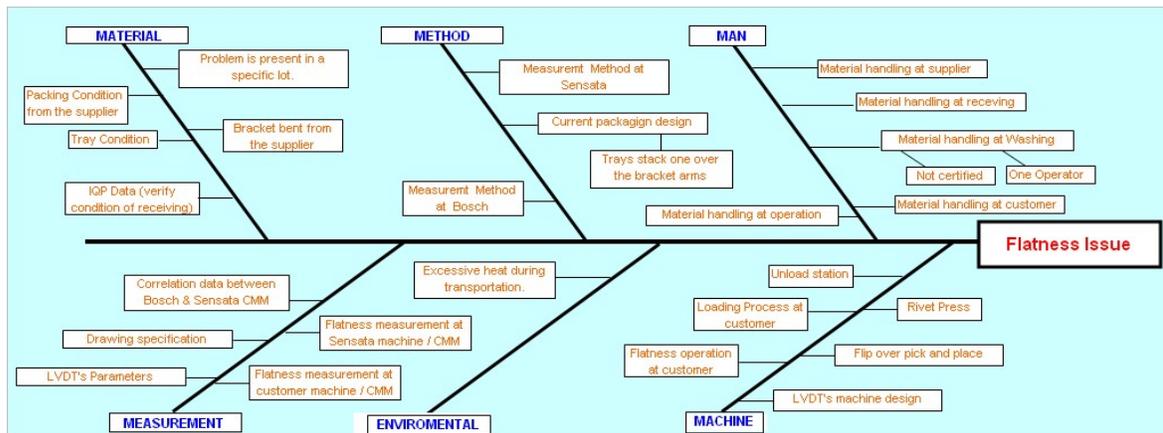


Figura 36 Diagrama de Ishikawa

3.1.1.8 Lluvia de ideas

Es una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. Se recomienda que las sesiones sean un proceso disciplinado a través de los siguientes pasos.

1. Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aportan ideas.
2. Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás participantes.
3. Cada participante de la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema.
4. Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una idea de su lista cada vez. A medida que leen las ideas, estas se presentan visualmente a fin de que todos las vean.
5. Una vez leídos todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales.
6. Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un diagrama de Ishikawa, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama, a la cual se le asigna un título representativo de causas en tal grupo.
7. Una vez realizado el diagrama Ishikawa se analiza si se ha omitido alguna idea o causa importante.

8. Se inicia una discusión abierta y respetuosa dirigida a centrar la atención en las causas principales. El objetivo es argumentar a favor y no descartar opciones.
9. Elegir las causas o ideas más importantes.
10. Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa.

3.1.2 Manufactura esbelta

La manufactura esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taichí Ohno, Shingeo Shingo, Eijy Toyota.

El sistema Manufactura Esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios o que no agregan ningún valor al producto terminado y por la cual el cliente no está dispuesto a pagar.

Los desperdicios pueden ser:

1. Desperdicio por Movimientos: Los operadores tienen que realizar movimientos o desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.
2. Desperdicio de Transportación: Excesivo movimiento de transportación de material entre estaciones de trabajo, áreas de producción, etc.
3. Desperdicio de Corrección: Es todo aquel re-trabajo, reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad; así mismo la sobre inspección como efecto de la contención de problemas en lugar de su eliminación.
4. Desperdicio por Inventario: Exceso de materiales productivos y materiales industriales.

5. Desperdicios por Espera: Tiempos muertos entre operaciones y/o estaciones de trabajo.
6. Desperdicio de Sobre-producción: Hacer más de lo requerido por las especificaciones / programación del producto.
7. Desperdicio por sobre-producción: Hacer más de lo requerido por el siguiente proceso. Entregar más de lo requerido por el siguiente proceso. Hacerlo más rápido de lo requerido por el siguiente proceso.

3.1.2.1 Método de las 5's

La metodología 5's puntualiza la adopción asociada al orden y la limpieza previa a la ejecución de las labores y posteriores a ellas. En término coloquial significa ordenar la casa (Ohno, 1991).

Para Hernández y Vizán (2013), la metodología 5's es una de las primeras herramientas en la implementación de la filosofía de Manufactura Esbelta en las empresas, ya que produce resultados tangibles y cuantificables en un lapso corto de tiempo. Las 5's son Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito. Las tres primeras fases de la metodología son de carácter operativo, mientras que la cuarta es un control visual con el fin de mantener en el tiempo lo implementado en los anteriores pasos, el último paso se focaliza en crear un hábito en los empleados y de tener la mejora continua siempre presente.

3.1.2.2 Kaizen

Es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva. El objetivo de los eventos Kaizen es realizar cambios inmediatos por medio de un evento bien organizado de corta duración, su propósito es proporcionar un fundamento de análisis y acelerar los cambios mejoras organizacionales, involucrando a toda la fuerza laboral y creando un clima propicio para el cambio.

Utilizar Kaizen es centrarse en un área determinada para crear una mejora radical en un corto período de tiempo, es un programa de mejoramiento continuo basado en el trabajo

en equipo y la utilización de las habilidades y conocimientos del personal involucrado, se utilizan varias métricas para medir los resultados como: reducción de espacios, mayor flexibilidad de línea, flujo de trabajo mejorado, ideas de mejora, mayores niveles de calidad, ambiente de trabajo más seguro, reducir el tiempo sin valor agregado.

3.1.2.3 Sistema de Producción Justo a Tiempo (Just in time JIT)

El sistema de producción justo a tiempo se orienta a la eliminación de actividades de todo tipo que no agregan valor, al logro de un sistema de producción ágil suficientemente flexible que dé cabida a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes.

Los principales objetivos del Justo a Tiempo (JIT) son: atacar las causas de los principales problemas, eliminar despilfarros, buscar la simplicidad, diseñar sistemas para identificar problemas. Las técnicas de JIT son aplicables no sólo a la industria manufacturera sino a la de servicios.

3.1.2.4 Mantenimiento Total Productivo (TPM)

Es una herramienta orientada a la mejora de la calidad de los equipos, que trata de maximizar la eficacia y la eficiencia de los equipos a través de un sistema total de mantenimiento preventivo que cubra la vida del equipo.

Mediante el TPM se trata de racionalizar la gestión de los equipos que integran los procesos productivos, de forma que pueda optimizarse el rendimiento de los mismos y la productividad de tales sistemas.

TPM involucra a cada persona en todos los departamentos y a todos los niveles, motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de actividades autónomas y de grupos pequeños y comprende elementos básicos tales como desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en mantenimiento básico de la empresa, habilidades para la solución de problemas y actividades para lograr un lugar de trabajo con cero interrupciones y sin accidentes.

3.1.2.5 Kanban

Padilla (2010) define Kanban en su trabajo como: sistema de control de producción de JIT para aprovechar plenamente las capacidades de los operarios se utiliza una forma

de tarjeta de pedido llamada Kanban, estas son de dos clases, una de las cuales se llama Kanban de Transporte marca cuánto producto reponer para cumplir con el siguiente proceso, la otra se llama Kanban de Producción se usa para solicitar la fabricación de un producto.

3.1.2.6 Cero Defectos

La teoría de los cero defectos fue desarrollada por Crosby, consiste en fabricar productos con cero defectos, todos los productos deben cumplir con los requerimientos de calidad y así evitar desperdicios. Esta teoría ha sido aplicada por numerosas y conocidas empresas manufactureras (Toyota, Motorola), evitando los defectos de la fabricación, evitamos desperdicios y errores, disminuyendo los costes de producción.

Se debe tener en cuenta la capacitación del operador y evaluar su desempeño de las diferentes tareas, se debe analizar cómo se involucra en el producto y el proceso. De este modo se puede llegar a entender y analizar las consecuencias que puede traer algún error. Si por parte de la Dirección y un equipo de expertos se analiza cada proceso y se soluciona cada incidencia detectada, se puede llegar a cero defectos.

3.1.3 Six sigma

Six Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades, entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente. Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. Si un proceso tiene una capacidad "Six Sigma" significa que mantendría una distancia de seis desvíos estándar entre la media del proceso y cada límite de especificación (superior o inferior). En otras palabras, la variación del proceso se reduce de tal forma que no más de 3,4 partes por millón están fuera de los límites de

especificación. Debido a ello, en términos de métrica “Six Sigma”, a mayor número de sigma mejor. No obstante, implementar métodos y herramientas Six Sigma no necesariamente significa alcanzar un nivel Six Sigma de defectos. Lo más importante es lograr una mejora radical que permita lograr los resultados del negocio.

3.1.3.1 Proceso DMAIC

La herramienta se basa en 5 fases principales. DMAIC es un acrónimo de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.



Figura 37 Proceso DMAIC

Fase Definir

Fase para la definición, evaluación e identificación del proyecto. Se prepara la misión y se selecciona y lanza un equipo de proyecto, en este paso se define quien es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas. Se determina el alcance, las fronteras que delimitarán el inicio y final del proceso que se busca mejorar, en esta etapa se elabora un mapa del flujo del proceso.

Pasos para definir

- Revisar el problema u oportunidad.
- Identificar a los clientes.
- Identificar y definir los CTQs (parámetros de calidad críticos).
- Mapear el proceso.
- Desarrollar la estrategia de abordaje.
- Refinar el objetivo y alcance del proyecto.

Fase Medir

En esta fase se mide la magnitud del problema, se determinan las características clave del producto, del servicio y los indicadores del proceso. El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar. Se utilizan los CTQ (parámetros de calidad críticos) para determinar los indicadores y tipos de defectos que se utilizarán durante el proyecto, posteriormente se diseña el plan de recolección de datos y se identifican las fuentes de los mismos, se lleva a cabo la recolección de las distintas fuentes. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora requerida.

Los pasos para Medir:

- Seleccionar que variables medir.
- Validar sistema de medición o datos.
- Recolectar los datos.
- Determinar el desempeño del proceso.

Fase Analizar

En esta fase se analizan los datos recolectados y se establecen y confirman aquellas “pocas causas vitales” o factores que condicionan el funcionamiento del proceso en su nivel actual. Es importante mencionar que los datos recolectados pueden ser originados en la etapa de Medir y complementados en la etapa de Analizar. En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente se tamizan las oportunidades de mejora, de acuerdo a su importancia para el cliente y se identifican y validan sus causas de variación.

Los pasos para Analizar

- Estructurar una estrategia de análisis.
- Desarrollar y contrastar hipótesis sobre fuentes y causas de variación.
- Confirmar causas raíces y/o fuentes de variación.

Fase Mejorar

En esta fase se diseñan y se llevan a cabo experimentos para determinar en forma matemática las relaciones causa – efecto y así optimizar el proceso. Se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente.

Los pasos para Mejorar

- Determinar los niveles actuales de cada variable significativa.
- Diseñar las soluciones.
- Diseñar el plan de implementación.

Fase Controlar

Fase en la que se preparan los controles para evitar que el proceso vuelva a su estado original en poco tiempo, se llevan a cabo las mejoras, se implementan, se controlan y se monitorean con el fin de mantener las ganancias. Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo.

Los pasos para Controlar

- Verificar la nueva capacidad y las mejoras.
- Calcular la relación costo – beneficio.
- Plan de Control.

Técnicas más utilizadas

- Análisis de Pareto.
- Análisis de fallas y riesgos (AMEF).
- Análisis del sistema de medición (R&R).
- Análisis del tiempo ciclo.
- Análisis de Varianza (ANOVA).
- Benchmarking.
- 5 Porqué.
- Cálculo de costos (COPQ).
- Correlación y Regresión.
- Diagrama Causa – Efecto o Árbol.

- Diagramas de flujo de proceso.
- Estudios de capacidad del proceso.
- Gráficos y tablas.
- Histogramas.
- Poka yoke.
- Teoría de Restricciones (TOC).
- Tormenta de ideas.
- Value Stream Mapping.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

Este proyecto tiene como finalidad reducir la cantidad de material que presentan defectos por mal aplicación de stycast, para identificar las causas que los originan, se hizo uso de la metodología DMAIC y herramientas de calidad que ayudaron a determinar de manera efectiva los principales problemas.

4.1.1 Cronograma de actividades

Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Identificación y análisis												
Evaluación entrenamiento a operadores												
Estandarización de racks de curado												
Uso de gages												
Estandarización de ayudas visuales												
Implementación de checklist												
Auditorias operación de stycast												

METODOLOGÍA DMAIC

4.1.2 Fase Definir

La línea 2TC presentó un incremento de scrap en 2019, el total de scrap fue de \$ 640,000 dólares, de los cuales \$ 76,000 dólares fueron por defectos de stycast. La meta es eliminar el 50% de scrap por defectos de stycast (epóxido).

Este indicador ha sido calculado con base en la información registrada en “collection plan” (Oracle), por medio del cual se puede medir la eficiencia de las operaciones.



Figura 38 Scrap generado en 2019

Aunado a esto el indicador de rechazos internos, coincidió que el pareto más alto corresponde con los defectos de stycast representando un 28% de lotes rechazados con un total de 5069 piezas, retenidas para su disposición por el grupo de MRB.



Figura 39 Rechazos internos 2019

4.1.3 Fase Medir

Primero se muestra el diagrama de flujo de la operación.

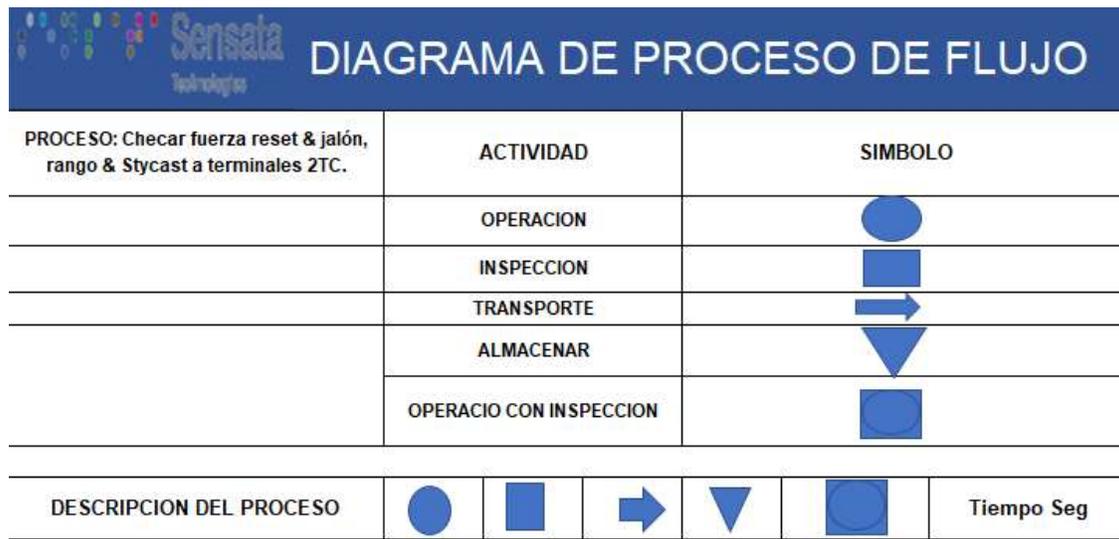


Figura 40 Diagrama de flujo

Las siguientes gráficas muestran la estratificación por aplicación incorrecta de stycast (epóxido), en la primera gráfica se pueden observar los defectos encontrados durante la liberación de calidad, en este caso se trata de un producto terminado.

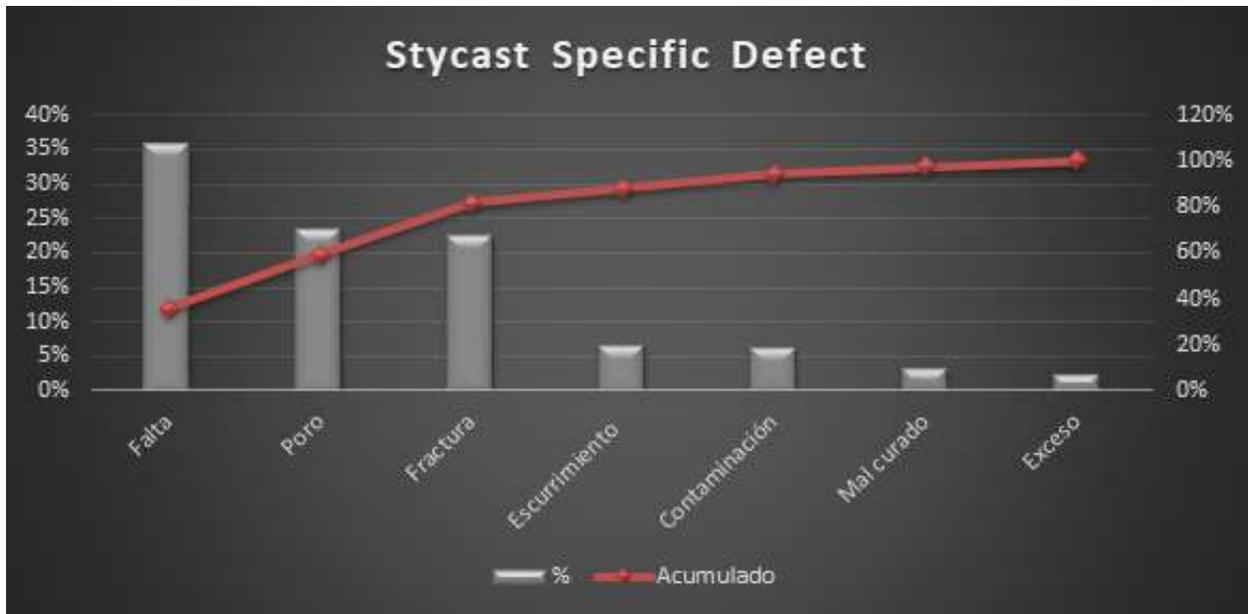


Figura 41 Estratificación de rechazos internos por defectos de stycast

La siguiente gráfica corresponde a material detectado en proceso, en este caso los operadores de operación visuales detectan el problema antes de que concluya el proceso de empaque.

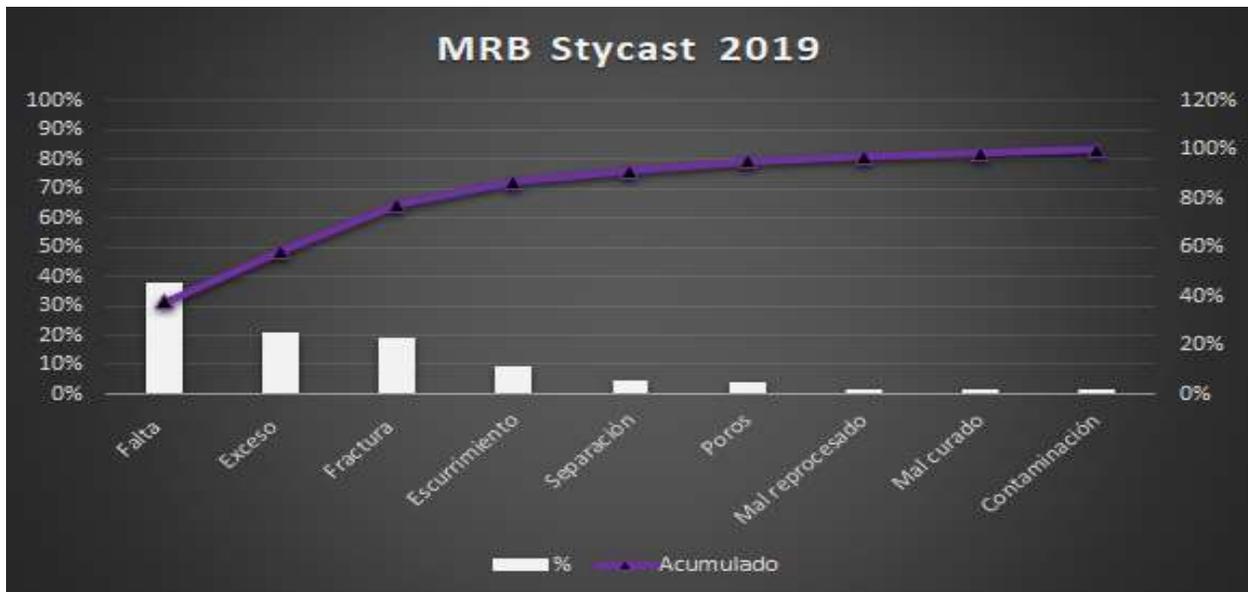


Figura 42 Material detectado en proceso

Defecto	Imagen	Defecto	Imagen
Falta		Poros	
Exceso		Mal reprocesado	
Fractura		Mal curado	
Esgurrimiento		Contaminación	
Separación			

Figura 43 Clasificación de defectos

Con la finalidad de detectar los principales problemas ó áreas de oportunidad en conjunto con el equipo de MRB (Ing. Procesos, Manufactura y Calidad) y un grupo de operadores se realizó una lluvia de ideas y posteriormente se llevó a cabo el diagrama Ishikawa, el cual permitió detectar los principales problemas que se presentan durante la aplicación del stycast.

Lluvia de ideas

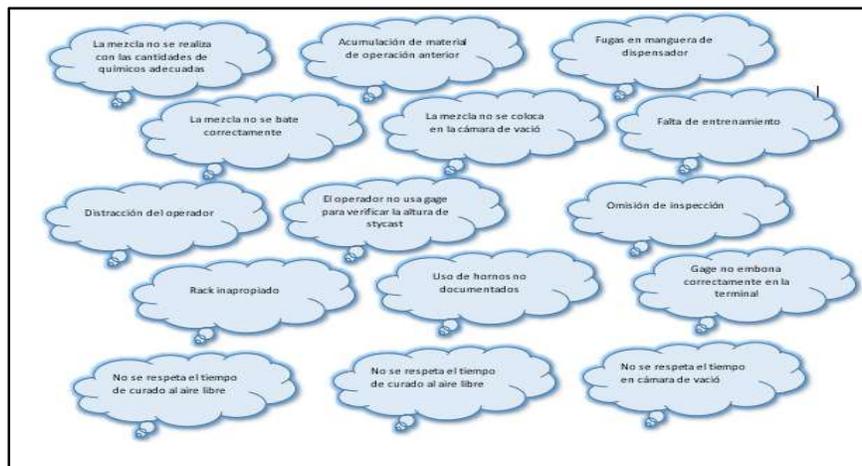


Figura 44 Lluvia de ideas

Diagrama Ishikawa

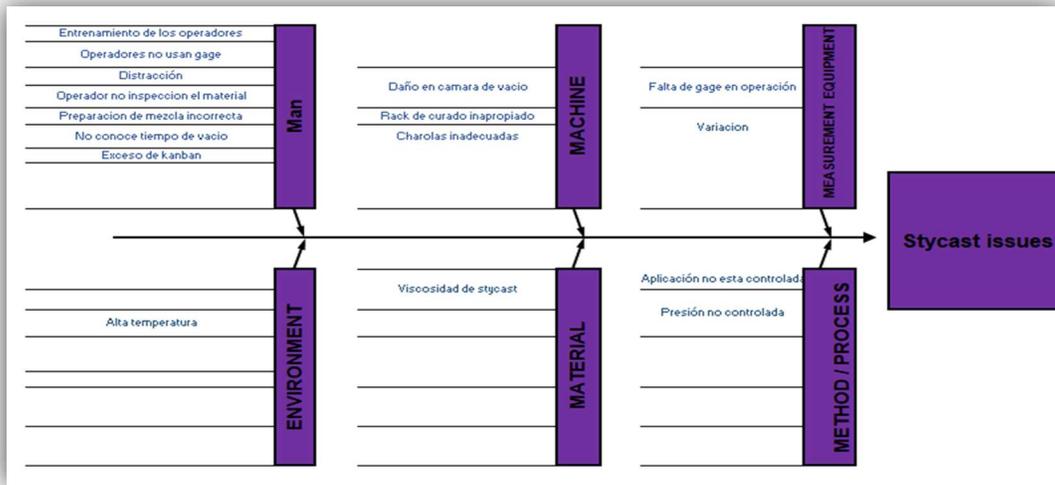


Figura 45 Diagrama Ishikawa

4.1.4 Fase Analizar

De acuerdo a la información anterior podemos determinar algunas de las principales causas detectadas.

- No se da el seguimiento adecuado a las certificaciones de los operadores, se realizan las certificaciones aún cuando el operador no tiene la habilidad o no realiza las verificaciones correctamente, se les da feedback y se autoriza certificación sin embargo el operador continúa realizando la operación de manera incorrecta.
- No colocan el gage correctamente sobre la terminal, por lo que piezas con falta o exceso de stycast no son detectadas.

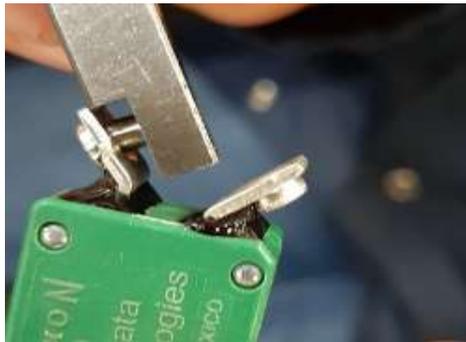


Figura 46 Gage stycast

- Las ayudas visuales no se encuentran documentadas en las áreas que afectan en primera instancia a la operación.
- Las charolas con material procesado son colocadas en racks, los cuales tienen espacios provocando que las charolas no queden alineadas y uno de los extremos caiga en la ranura, la charola queda inclinada y por ende las piezas las cuales se encuentran con el stycast aun fresco derramándose sobre el case.
- Inicialmente se colocó un acrílico como base esto permitió el acomodo de las charolas sin embargo no eliminó el problema de derrame de stycast (epóxido), debido a que la hoja viajera se colocaba sobre las piezas, provocando que algunas piezas quedarán inclinadas.



Figura 47 Rack de curado

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.1 Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con la implementación de las acciones.

5.1.1 Fase Implementación de mejoras

5.1.1.1 Validación de entrenamiento a operadores

Se dio seguimiento al entrenamiento de tres operadores que se encontraban en la operación de aplicación de stycast (epóxido), de los cuales sólo una persona aprobó la certificación, los dos operadores restantes no aprobaron por no realizar la operación como se describe en la instrucción de trabajo y falta de práctica.

Estado de la certificación		Certificado	Tipo de certificación	Cross Training
# de Empleado	A1022432		Nombre del Empleado	Cindy Lorena Cruz Herrera
Nombre de la operación	STYCAST Y UNSET 2TC		Fecha de Inicio	09/22/2020
# de instrucción de trabajo	MFG 2TC 0280	Línea	2TC	
# de Empleado del Tutor	A0798243	Nombre del Tutor	María Dolores Calvario Vazquez	Fecha de Terminación
# de Empleado del Entrenador	A1000121	Nombre del Entrenador	Karina Lizeth Magallanes Delgado	10/08/2020

	Empleado	Aprobada	Observaciones
Tutor aprueba certificación	A0798243, María Dolores Calvario Vazquez	SI	
Ingeniería aprueba certificación	A1000121, Karina Lizeth Magallanes Delgado	SI	
Calidad aprueba certificación	A0390677, Mayra Yadira Hernandez	SI	

Figura 48 Formato de operador certificado

Nombre de operación	Fecha de inicio	Estado de la certificación	Certificado	Tipo de certificación	Cross Training
# de Empleado	A0390677	Nombre del Empleado	Mayra Yadira Cruz Herrera	Fecha de inicio	
Nombre de la operación	STYCAST Y UNSET 2TC		09/22/2020		
# de instrucción de trabajo	MFG 2TC 0280	Línea	2TC		
# de Empleado del Tutor	A0798243	Nombre del Tutor	María Dolores Calvario Vazquez	Fecha de Terminación	
# de Empleado del Entrenador	A1000121	Nombre del Entrenador	Cindy Lorena Cruz Herrera	10/08/2020	

Nombre de operación	Fecha de inicio	Estado de la certificación	Certificado	Tipo de certificación	Cross Training
# de Empleado	A0390677	Nombre del Empleado	Mayra Yadira Cruz Herrera	Fecha de inicio	
Nombre de la operación	STYCAST Y UNSET 2TC		09/22/2020		
# de instrucción de trabajo	MFG 2TC 0280	Línea	2TC		
# de Empleado del Tutor	A0798243	Nombre del Tutor	María Dolores Calvario Vazquez	Fecha de Terminación	

Figura 49 Formato de certificaciones canceladas por falta de práctica

5.1.1.2 Verificación de altura de stycast

Se retroalimentó sobre la forma correcta de colocar el gage sobre la terminal para la correcta verificación de la altura de stycast

<p>Una vez que termine de colocar stycast a todo el lote, tome con mano izquierda un breaker, después con mano derecha el gage para altura de stycast y colóquelo en una terminal y después en la otra. Se considera pieza aceptable cuando la terminal sea visible entre el gage y el stycast. Esto aplica solo para modelos 2TC65/2TC64. Para terminal tipo dos asegurarse que el Gage entre en la terminal que este completamente sentada.</p>	<p>Inspección de altura de stycast</p>	<p>2.5</p>	<p>Se considera pieza aceptable cuando la terminal sea visible entre el gage y el stycast.</p>	<p>Verificar altura de stycast</p>		
---	--	------------	--	------------------------------------	---	---

Figura 50 Verificación de altura de stycast

5.1.1.3 Estandarización del rack

Con la estandarización de los racks se logró evitar no sólo daños en las piezas sino también movimientos innecesarios, para ellos se identificaron los racks para colocación de material procesado y material liberado, se colocaron porta hojas viajeras, se marcaron las charolas con números consecutivos, se realizó cambio en las HOE (hoja de operación estándar) de las instrucciones de trabajo de las operaciones de stycast y se realizó un cambio para agregar en las hojas viajeras un espacio para colocar el número de la charola.



Figura 51 Estandarización de racks

100 STYCAST EN 2 TERMINALES							Code AJ75
Operator	Date	Good	Bad	Begin Time	End Time	Machine	SPC

Verificar Trip Arm Liberado por QC Si _____ No _____

Número de charola _____

Operador: _____, Fecha: _____, Hora entrada: _____, Hora Salida: _____

Total reprocesos _____

Figura 52 Hoja Viajera (Operación stycast)

18	Terminada la aplicación de todo el lote, cierre operación en hoja viajera y registre el número de la (las) charolas utilizadas, tome con ambas manos el lote de breaker's y deje en rack de curado stycast en espacio de material procesado, para su liberación por QC, asegurando en el manejo sea cuidadoso para evitar que los breaker se muevan y que no queden en forma horizontal sobre la charola. Coloque la hoja viajera en porta hojas viajeras para material procesado.	17	Colocación de lote en rack de curado 12hrs	6.1	1.-Asegurando en el manejo sea cuidadoso para evitar que los breaker se muevan y que no queden en forma horizontal sobre la charola. Coloque la hoja viajera en porta hojas viajeras para material procesado.	Evitar derrames o escurrimientos de stycast en superficies del breaker		
----	--	----	--	-----	---	--	---	---

Figura 53 HOE Manejo de material en operación de stycast

5.1.1.4 Estandarizar criterios

Se agregaron referencias a las ayudas visuales en las instrucciones trabajo de liberación con esto se logró estandarizar los criterios.



Figura 54 Estandarización de Ayudas Visuales

5.1.1.5 Implementación de checklist

En las instrucciones de trabajo de calidad se documentó el procedimiento para la liberación en proceso además se dio de alta checklist como base para la verificación del

5.1.2 Fase Controlar

5.1.2.1 Auditorias operación de stycast

Se realizaron auditorias en la operación de stycast con la finalidad de verificar el seguimiento adecuado a las acciones implementadas, o en su defecto detectar áreas y oportunidades de mejora.

Desviaciones LPA

Folio	ID	Nivel	Fecha	No. Operación	Linea	No. Operación	Descripción	Nombre quien reportó el	Responsable de	Ave	Tipo	Acción inmediata	Acción correctiva	Fecha de cierre	Estatus	No. de Empleo	Nombre de Empleado	Categoría BIC
6739	PP	LPA	1/02/2020	5	PREC_2TO	HFG 2TO 0300	Disponer de stycast en vólta SR	Hernandez, Mayra	Hernandez, Mayra	OA	NO	Saliclar vólta SR	Se saliclar vólta y se calce en equipo	2/12/2020 15:50 PM	CERRADA	A104742	Cerecena Chis, Fabiola	BIG2-7, Gase Calibration / Measurement System Analysis
6770	PP	LPA	2/02/2020	4	PREC_2TO	HFG 2TO 0270	Farmacia de identificación de quinizarin flavon. Outilimona muestra con el tipo de sustancia de calidad.	Hernandez, Mayra	Sergio Jara Jimenez	HFG	NO	Se saliclar el vólta de las farmacia y se verifica que la muestra este en la información de cual las quinizar	Se saliclar el vólta de las farmacia para calce en base la información de cual las quinizar	2/7/2020 5:52:38 PM	CERRADA	4102985	Hernandez Martine, Mame Matela	BIG2-11, Standard Work
6775	PP	LPA	2/02/2020	7	PREC_2TO	HFG 2TO 0270	Hum 91 no se aplica en el stycast	Hernandez, Mayra	Karin Liseth Mayallana Delgado	HFG	NO	realice cambio en VI	Se hace evidencia	5/22/2020 0:42:07 AM	CERRADA	A102985	Hernandez Martine, Mame Matela	BIG2-11, Standard Work
70347	PP	LPA	5/05/2020	22	PREC_2TO	HFG 2TO 0300	W.1 Entender de Sralur para encontrar en operación	Hernandez, Mayra	Ma Haraku Valaque	HFG	N	Notificar para que se encuentre en operación	Se calce el artefacto de Sralur en Operación	5/23/2020 4:31:59 PM	CERRADA	4102242	Cruz Herrera, Cindy Larana	BIG2-11, Manos Farming Material Identification
70379	PP	LPA	5/05/2020	22	PREC_2TO	HFG 2TO 0300	2.3 En la operación y equipo Hum. 20 para calce en el equipo. Hum. de marca no se calce con dec. Hubo un error en la operación. W.1 no indica la marca de H.V. Operar en modo de 2000000 con el tipo de operación de marca de	Hernandez, Mayra	Karin Liseth Mayallana Delgado	HFG	NO	Entender sobre el equipo, hacer cambio permanente en la VI	Se realiza cambio en equipo	5/19/2020 9:56:19 AM	CERRADA	4101859	Rios Escamilla, Mayra	BIG2-11, Standard Work
71147	PP	LPA	7/07/2020	31	PREC_2TO	HFG 2TO 0300	5.1 Operar para la línea de stycast en la línea en la terminal (para regular)	Hernandez, Mayra	Hernandez, Mayra	OA	NO	Generar LPA	Se saliclar el equipo de trabajo para realizar la verificación	1/14/2020 10:10:35 AM	CERRADA	4104541	Quacido Hernandez, Yvel	BIG2-20, Process Control Plan Implemented
72317	PP	LPA	8/05/2020	34	PREC_2TO	HFG 2TO 0200	1.4 Lata de stycast fue botada desde 12/01/20 (VI indicaba el nivel de agua de 240ml)	Hernandez, Mayra	Sergio Jara Jimenez	HFG	NO	Realizar preparación de personal	Se realiza el nivel de botella de stycast	8/12/2020 11:26:40 AM	CERRADA	4102242	Cruz Herrera, Cindy Larana	BIG2-11, Standard Work
72410	PP	LPA	8/05/2020	35	PREC_2TO	HFG 2TO 0200	0.3 No hacer un paso para calce de vólta. Procura de verificación de stycast en la línea de trabajo y la 200 en la verificación	Hernandez, Mayra	Karin Liseth Mayallana Delgado	HFG	NO	Generar LPA	se realiza cambio en equipo	8/12/2020 1:57:21 AM	CERRADA	4102242	Cruz Herrera, Cindy Larana	BIG2-11, Standard Work
72627	PP	LPA	9/09/2020	37	PREC_2TO	HFG 2TO 0300	W.1 Entender de Sralur para encontrar en fábrica	Hernandez, Mayra	Sergio Jara Jimenez	HFG	N	Regular el artefacto y calce en el artefacto	Se saliclar el vólta y se calce en el artefacto	9/19/2020 3:16:35 PM	CERRADA	4102242	Cruz Herrera, Cindy Larana	BIG2-11, Manos Farming Material Identification

Figura 57 Desviaciones encontradas en 2020

La siguiente gráfica muestra una comparación de los costos generados en 2019 y 2020, en la cual se puede observar una importante disminución de costos, logrando reducir en un 91% el costo por defectos de aplicación de stycast.

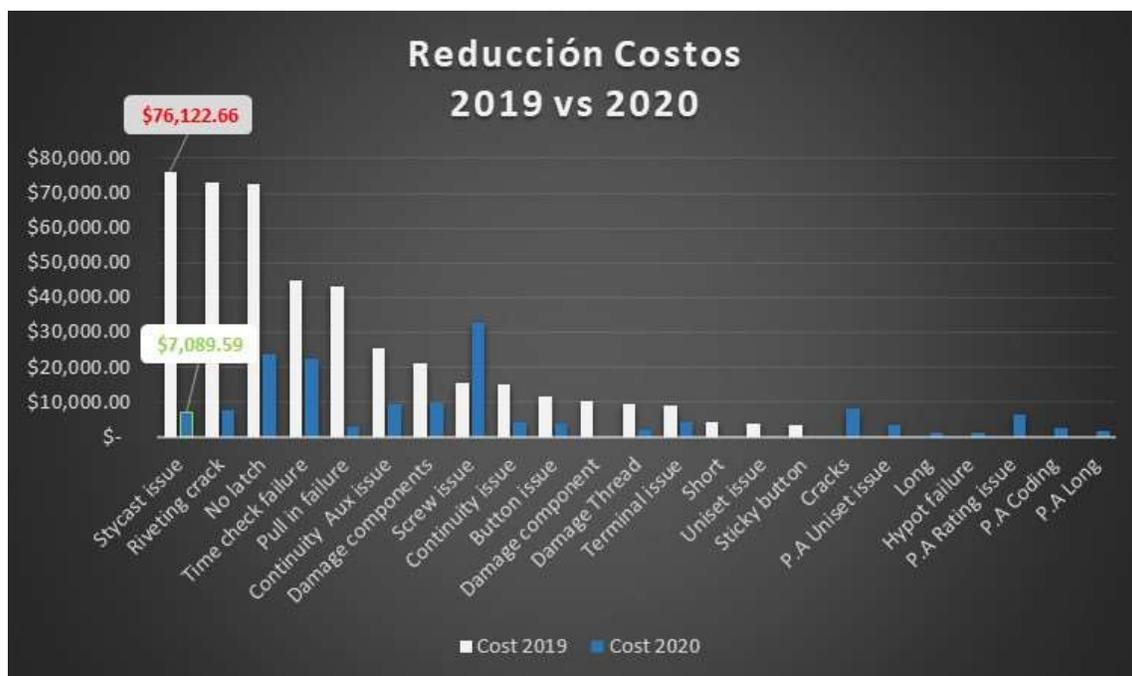


Figura 58 Gráfica Costos 2019 y 2020

A continuación, se muestra gráfica de comparación de los rechazos internos generados en 2019 y 2020, en la cual se observa una reducción del 82% de rechazos por problemas de stycast.



Figura 59 Gráfica Comparación Rechazos Internos 2019 y 2020

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones del Proyecto

En la actualidad es de vital importancia para las empresas la reducción de costos, por eso es importante desarrollar proyectos que permitan lograr sus objetivos, para Sensata Technologies no es la excepción pues cuenta con las herramientas y personal capacitado para llevar a cabo proyectos de mejora continua que le permite estar a la vanguardia.

Este proyecto fue enfocado en la reducción de defectos, los cuales no sólo generan costos al ser enviados al scrap sino también por los reprocesos o el tiempo que permanecen segregados hasta que el grupo de MRB (ingeniero de calidad, ingeniero de procesos, supervisor de manufactura) aprueba la disposición del material.

Durante la realización del proyecto una de las limitaciones que se presentaron fue la resistencia al cambio por parte de los operadores para apegarse a los cambios implementados, sin embargo, el objetivo de este proyecto fue satisfactorio gracias a la correcta implementación de mejoras las cuales permitieron reducir de manera significativa el nivel de defectos.

El proyecto se realizó en conjunto con un equipo de trabajo conformado por operadores, inspectores e ingenieros, juntos logramos analizar la información y los problemas que se presentaban en el proceso durante la operación, de esta manera pudimos realizar la implementación que mejor nos benefició para lograr los objetivos deseados.

Realizar este proyecto en la empresa fue una oportunidad de demostrar las habilidades, conocimientos y herramientas útiles, no sólo para alcanzar los objetivos, sino también con la finalidad de mantenerlos.

Con este proyecto se logró el objetivo propuesto reduciendo la cantidad de material defectivo en más del 50%.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

7.1. Competencias desarrolladas y/o aplicadas

- Se analizó la información para identificar el problema y las posibles causas que lo generan.
- Se aplicaron métodos cuantitativos y cualitativos en análisis de interpretación de datos que sirvieron como base para realizar las mejoras implementadas en este proyecto.
- Se gestionó eficientemente los recursos de la organización, utilizando los materiales ya existentes para realizar la estandarización y marcado de las charolas, con el fin de evitar generar costos adicionales.
- Se gestionó sistemas integrales de calidad para la mejora de los procesos, ejerciendo liderazgo comprometiendo, dirigiendo y apoyando a los operadores.
- Se adquirió la habilidad para colaborar de manera coordinada en las actividades realizadas en conjunto con un equipo de trabajo.
- Se aplicó el método DMAIC y herramientas de calidad para la solución y control del problema.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

8.1. Fuentes de información

- Barba, E.; Boix, F.; Cuatrecasas, L. (2000). Seis Sigma. Una iniciativa de calidad total. Barcelona (España): Ediciones Gestión 2000.
- Bernal T., C.A. (2000). Metodología de la investigación para administración y economía. Colombia: Pearson Educación.
- Hernández, R. (1991). Metodología de la investigación (2ª. Ed.). México: McGraw-Hill.
- <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
- Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar. (2009). Control estadístico de calidad y six sigma. México, D.F.: McGraw-Hill
- http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf
- Richard Y. Chang Matthew E. Niedzwiecki. (1999). LAS HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD. Barcelona, España: Ediciones Granica Associates, Inc.
- Sensata_Technologies. (April de 2005). Change Management Global Process. Attleboro, Massachusetts, United States
- Sensata_Technologies. (15 de April de 2005). Sensata Technologies Global Supplier Quality Manual. Sensot & Control Global Supplier Quality Manual . Attleboro, Massachusetts, USA: Internal Refernce Only - Sensata Technologies.

CAPÍTULO 9: ANEXOS

9.1. Anexos

