

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Economía, Administración y  
Mercadología

**Maestría en Administración**



Análisis, Diseño e Implementación del modelo para el  
Control y Reducción de Inventarios en unidades de  
Alta Complejidad en manufactura electrónica

---

**TESIS** que para obtener el **GRADO** de  
**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN**

Presenta: **JOSE FELIX GONZALEZ VAZQUEZ**  
Asesor **JUAN PABLO ZATARAIN HERNÁNDEZ**

Tlaquepaque, Jalisco. Mayo de 2020.

## Índice

Índice de siglas	3
Abstract	4
Palabras clave:	5
Agradecimientos	6
1. Fundamentación del trabajo	7
1.1. Identificación y caracterización del problema a atender	7
1.2. Contexto de la propuesta de intervención	8
1.2.1. Contexto de la empresa	8
1.2.2. Contexto de la industria	10
1.2.3. Análisis causa-efecto	13
1.2.4. Matriz de marco lógico del problema	13
1.3. Objetivos de la intervención	13
1.4. Delimitaciones y área funcional a intervenir	14
1.5. Justificación y pertinencia del trabajo	17
2. Marco conceptual o de referencia	19
2.1. Estado de la cuestión	19
2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados	24
2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo	24
3. Estrategia metodológica o de intervención	28
3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención	28
3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia	33
3.2. Herramientas e instrumentos	34
3.3. Muestra o sujetos de investigación	35
3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención	36

3.4.1. Cronograma de trabajo	36
3.4.2. Imprevistos	37
3.5. Metas de información	37
4. Exposición de hallazgos	39
4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición	39
4.2. Organización de la información obtenida	40
4.3. Impacto de la estrategia en la organización	42
4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización	42
5. Discusión final	46
5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia	46
5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes	46
5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso	46
Bibliografía	47
Índice de materias	49
Anexos	

## Índice de siglas

TOG: Trabajo de obtención de grado.

IDI: Investigación desarrollo e innovación.

ITESO: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.

DMAIC: Metodología de mejora, definir, medir, analizar, implementar y controlar.

6M's: Sistemas de medición para análisis: método, medio ambiente, medición, maquinaria, mano de obra.

SCI: Empresa de electrónica: Space craft Inc.

NASA: National aeronautics and space administration.

INEGI: Instituto nacional de estadística geografía e informática.

### **Abstract**

El inventario de unidades con defecto para la industria de manufactura electrónica representa un riesgo latente de posible daño catastrófico y una alta probabilidad de que si estas unidades no se reparan a través del tiempo, se hagan obsoletas y, por lo tanto, un riesgo potencial de tirarse a la basura.

El proyecto se desarrolló basado en el análisis de las mejores prácticas de las plantas de Sanmina en México. A través de un análisis de 6M's, se estructuraron los métricos y puntos de control y a partir de este fue desarrollado el modelo de diagnóstico basado en la metodología DMAIC.

El inventario se genera cuando se liberan las tarjetas a producción en serie, y las pruebas de funcionalidad y los procesos de manufactura no se encuentran estables, generando defectos reales de proceso y fallas aparentes en sus pruebas. Esta intermitencia en las pruebas y los procesos provocan inventarios de unidades con defecto que se acumulan a través del tiempo.

Los inventarios se acumulan principalmente en las pruebas en circuito, por ser un filtro de prueba a nivel componente. La segunda estación es la prueba de funcionalidad donde dependiendo del nivel de stress al que se exponga pueden fallar en distintas etapas de la prueba.

Las unidades fallan por algún problema de soldabilidad en los componentes, debido a un problema de diseño electrónico o en su defecto por una inestabilidad en el desarrollo de las pruebas de funcionalidad. En otros casos es debido a que los componentes seleccionados no cumplen con las especificaciones y requerimientos que la unidad misma demanda para funcionar correctamente.

Estas pruebas se realizan para asegurar que las unidades trabajen dentro de los parámetros para los cuales fueron diseñadas, como por ejemplo velocidad de comunicación, transferencia de información, grado de distorsión de audio o nitidez de la imagen. Con estas pruebas se asegura la calidad del producto.

El resultado fue el modelo de diagnóstico basado en el análisis de 6M's y la metodología DMAIC. Todo este sistema está enfocado en la reducción de Inventario, y una vez llegada la meta, mantener el inventario bajo control.

**Palabras clave:**

- SANMINA.
- Operaciones.
- Ingeniería de Pruebas.
- Análisis de falla.
- Diagnóstico de unidades de Alta complejidad.
- Diagrama de análisis causa efecto.
- Análisis de 6M's.
- Ciclo DMAIC.
- Modelo de Diagnóstico.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por permitirme finalizar mis estudios de maestría.

A mi esposa María, por apoyarme en esta etapa de mi vida quien tuvo la paciencia de acompañarme y darme aliento a diario para continuar este proyecto. Y entender que parte de mi tiempo fue para estudiar y hacer tareas de Investigación para la maestría.

A mis padres y hermanos que entendieron que debido a mis estudios no asistí en ocasiones a las reuniones familiares.

A mis maestros que me acompañaron, compartiendo su tiempo, sus conocimientos, vivencias y experiencias en este proceso de aprendizaje. Al maestro Martín Deloya que con su peculiar, práctico y sencillo modo de darnos a conocer las finanzas, nos ayudó de una manera diferente a tomar decisiones financieras. A la maestra Laura Navarrete, al doctor Guillermo y al maestro Juan Pablo Zatarain con quienes tuve la dicha de iniciar, desarrollar y discutir el proyecto, para que llegara a ser lo que hasta hoy es. A la empresa donde laboro y a mi jefe Martín Marín, que me permitió aplicar los conocimientos aprendidos y desarrollarlo en este proyecto.

A todos los gerentes, supervisores e ingenieros que tuvieron la apertura para acceder a su análisis e implementación de este proyecto para que nos diera resultados.

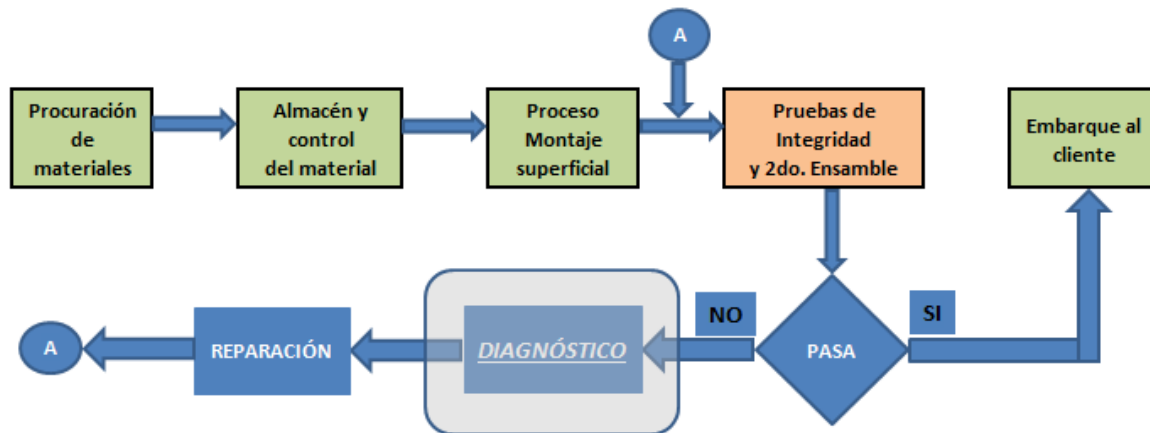
A todas aquellas personas mencionadas y no mencionadas que dieron su aportación para que este proyecto fuera posible de realizar.

## 1. Fundamentación del trabajo

### 1.1. Identificación y caracterización del problema a atender

Este proyecto tiene el objetivo de analizar e identificar los puntos clave para entender la problemática que se genera cuando se lanzan nuevos productos de alta complejidad a producción masiva, y cuáles son los factores principales que influyen en la generación e incrementos de Inventario en unidades con defectos.

El mapa de proceso descrito en la figura 1 muestra el flujo que tiene la manufactura electrónica, poniendo especial énfasis en el proceso de “Pruebas de integridad y segundo ensamble” que es donde se va a centrar el proyecto para el área de diagnóstico.



*Figura 1.* Flujo de Manufactura Electrónica de montaje superficial (Sanmina Corporation, 2019).

El inventario de unidades con defecto se muestra en la figura 2 abajo descrito, se puede observar que una vez controlado, surgen picos que suben de manera exponencial. Esto sucede cuando entran nuevos productos de alta complejidad. Cuando este incrementa se requieren recursos adicionales de equipo y de personal de ingeniería especializado para diagnosticar las unidades con defecto. La figura 3 muestra el costo de esas unidades.



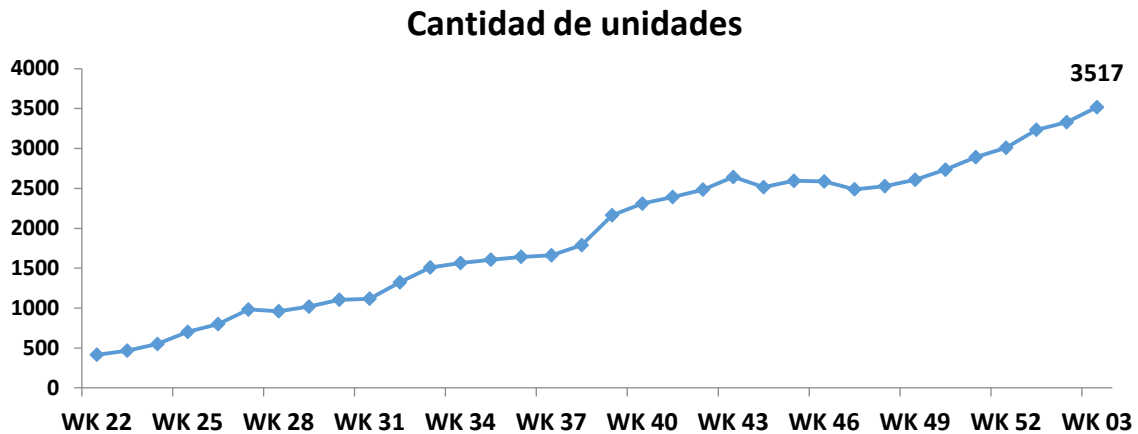


Figura 2. Inventario de Diagnóstico para unidades con defecto (Sanmina Corporation, 2019).

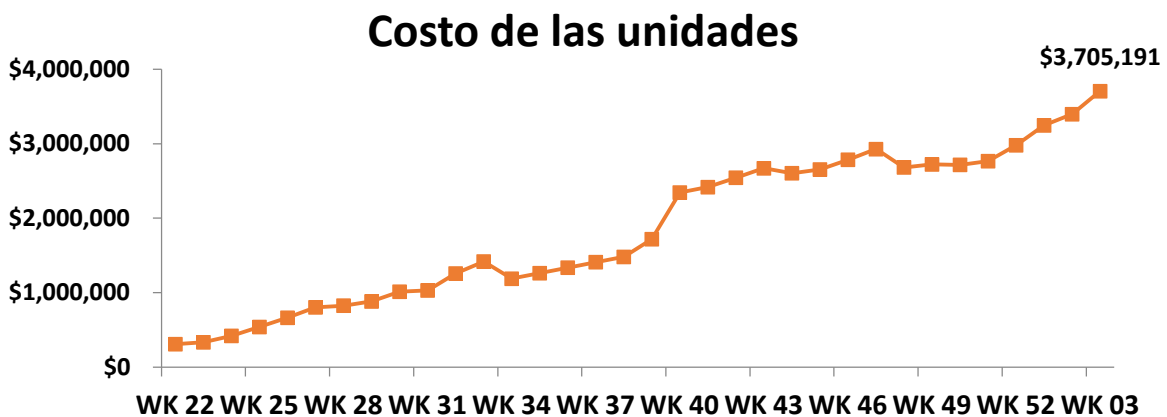


Figura 3. Inventario de unidades en costo (Sanmina Corporation, 2019).

Dado que la entrada de unidades con defecto es mayor a la capacidad instalada de equipo e Ingenieros para diagnosticarlas aumenta el tiempo que se encuentran con defecto, por lo tanto el riesgo que se conviertan en basura también se incrementa. Esto implica que se tenga que reservar el costo de las unidades con un tiempo en estado defectuoso mayor a 45 días. En consecuencia implica la reserva de Inventario en costo, afectando directamente los resultados financieros de la compañía. Este efecto se ejemplifica en la figura 4.

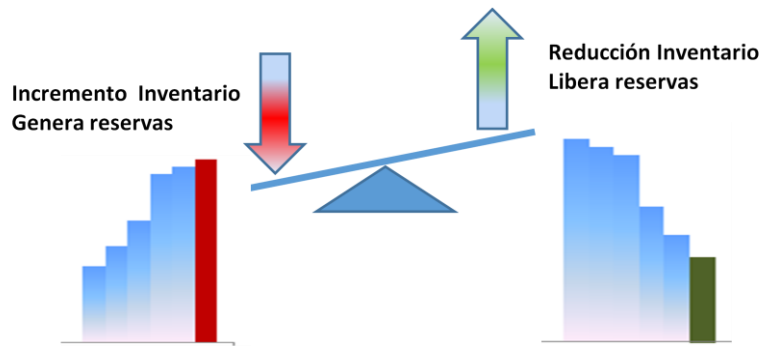


Figura 4. Modelo de Inventario & Reservas (Sanmina Corporation, 2019).

## 1.2. Contexto de la propuesta de intervención

### 1.2.1. Contexto de la empresa

La organización inició en 1961 con el nombre de “Space Craft Inc” instituida como SCI en Huntsville, Alabama por el Señor Olin King.

En sus inicios manufacturaban pequeños satélites, hasta que fue subcontratada por la NASA para emprender el proyecto espacial Apolo.

Cuando el programa fue cancelado, SCI se movió a trabajar en proyectos militares y a principios de los setentas la compañía comenzó a crear productos de comunicación para los jets de la fuerza aérea y sus navíos.

La diversificación que existía en los contratos de empresas privadas, así como de gobierno le permitió tener la capacidad de introducir más actividades como el moldeo de plásticos, selección de aluminio, mecanizado de componentes metálicos y el ensamble de componentes electrónicos.

Sanmina fue fundada por Jure Sola y Milan Mandaric en 1980 como un fabricante de placas de circuitos impresos. Durante este tiempo la compañía se expandió de modo que comenzó a hacer productos para la industria de telecomunicaciones.

En diciembre del 2001 Sanmina y SCI se unieron para constituir Sanmina SCI y en noviembre 15 del 2012 la compañía cambió su nombre a Sanmina. Actualmente tiene más de 75 plantas en los 5 continentes, cerca de 45 mil colaboradores y 38 años de experiencia en el mercado de la manufactura electrónica. La figura 5 muestra el resumen de capacidades de la compañía. (Encyclopedia of Alabama, 2016).



*Figura 5.* Información general de la Compañía. (Sanmina Corporation, 2019).

El organigrama de la figura 6 es una representación de posiciones dentro de la organización, desde el nivel Vicepresidente hasta nivel de ingenieros y técnicos con el enfoque en la parte operativa.

El proyecto se centrará en 6 planta de Guadalajara. La figura 6, en recuadro azul muestra las áreas con las que se va a trabajar principalmente, pero no es limitativo; desde nivel de Gerente funcional a nivel hasta nivel técnico de diagnóstico cuando sea necesario.

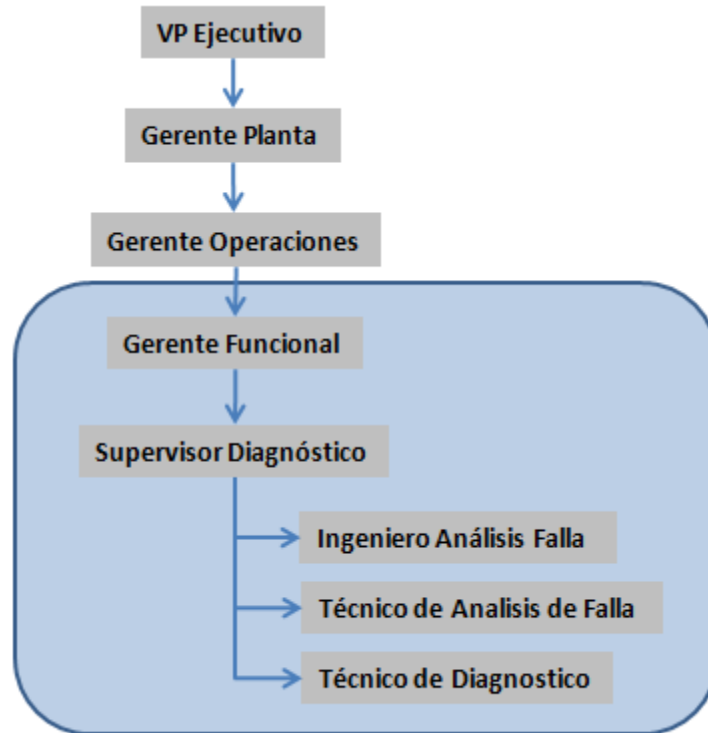


Figura 6. Organigrama de una parte de la Compañía (Sanmina Corporation, 2019).

### 1.2.2. Contexto de la industria

Un indicador de importancia que ayuda a medir la economía de nuestro país es el Producto Interno Bruto. Este es una referencia para saber el valor total que produce nuestro país en bienes y servicios y estos a su vez son adquiridos por el consumidor final. Con esta información podemos hacer comparativas de tiempo definido actual con otro en el pasado, lo cual nos permite saber si la economía creció o se decrementó.

Los porcentajes de PIB nos permiten visualizar cual es la salud de la economía de nuestro país. Si este PIB se incrementa es un signo de que la economía goza de buena salud financiera. Por lo tanto, existen mejores posibilidades de encontrar un empleo, mejores remuneraciones o que nos aumenten el sueldo. Este es un ambiente propicio de estabilidad en ingresos bienes y servicios. (Secretaria de Economía, 2010).

El Producto Interno Bruto de nuestro país ha tenido una tendencia a la baja a partir del tercer trimestre de 2018. Como se observa en la figura 7.

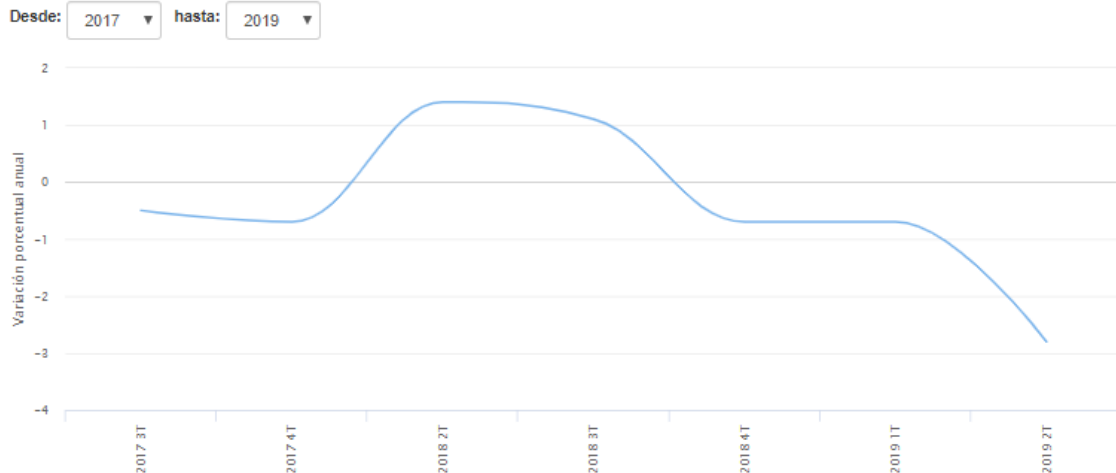
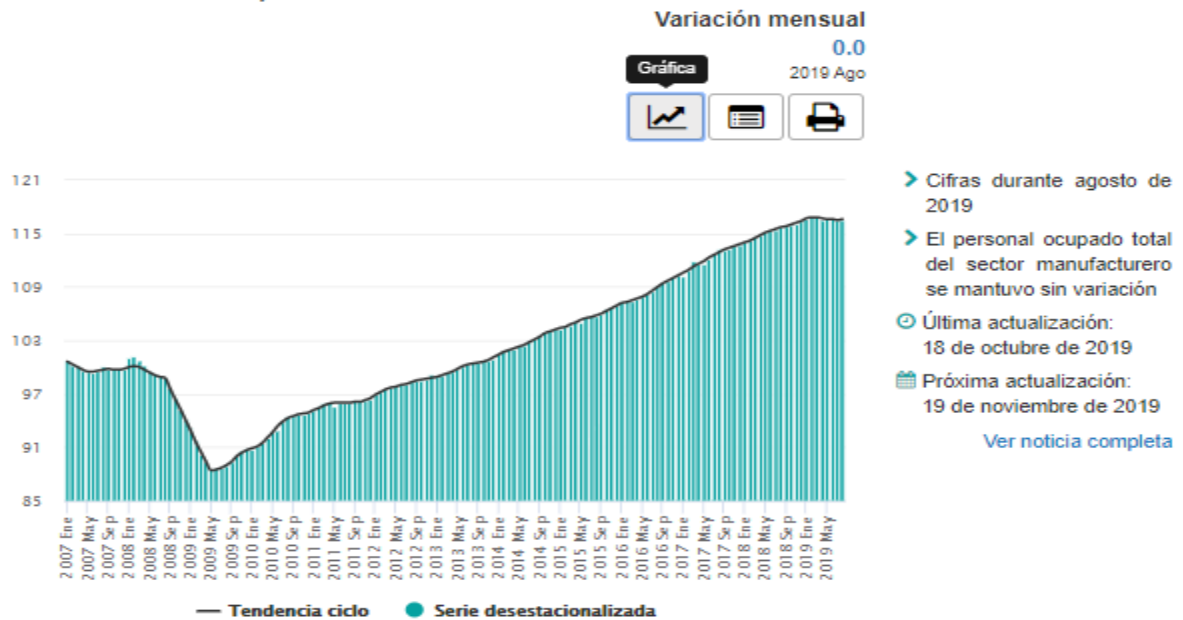


Figura 7. Grafica de Producto interno Bruto de México. (INEGI, 2019).

La figura 8 muestra el personal ocupado en el sector de manufactura, se puede observar que en 2019 la tendencia se aplano, y se mantiene en el mismo nivel. Sin embargo no siguió la tendencia a la baja del PIB. Durante 2019 en Sanmina ya no se abrieron nuevas posiciones y las renuncias no fueron re-emplazadas. Este comportamiento se ve reflejado en esta grafica de personal ocupado de INEGI a nivel nacional.

## Personal ocupado

Series desestacionalizadas y de tendencia-ciclo



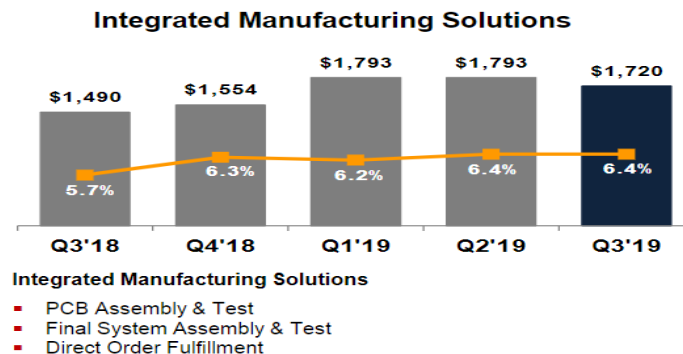
Fuente:

INEGI. Series calculadas por métodos econométricos a partir de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera.

Figura 8. Producción de Industria de Manufactura (INEGI, 2019).

Esto ha permitido mantener e incrementar el nivel de exportación por trimestre fiscal como se puede apreciar en los resultados de la compañía.

La figura 9 muestra el comportamiento financiero de Sanmina por trimestre fiscal, las barras representan las ventas en millones de dólares y la línea naranja muestra el profit o porcentaje de ganancia contra las ventas.



*Figura 9.* Gráfica de ventas versus ganancias (Sanmina Corporation, 2019).

Se puede observar que las ventas ya no crecieron y están estacionadas al igual que el personal ocupado en la industria electrónica. El profit o ganancia también se encuentra estacionado, ya no muestra la tendencia de incremento que se observaba en los ejercicios fiscales de 2018.

Es importante mencionar que en estos resultados hay clientes que piden reducción de costos cada año fiscal e, inclusive, cada trimestre. Acorde a su modelo de negocio les permite ser rentables y competir con otros proveedores de productos similares en costo. Esto implica para la compañía buscar mejorar sus procesos internos de manufactura para hacerlos más eficientes y reducir el desperdicio, para poder mantenerse en el mercado.

Cuando tenemos un crecimiento de ventas por tanto de Producción implica también un reto para la mejora de nuestros procesos internos, ya que los déficits crecen de manera exponencial, esto implica pérdida de competitividad. El hecho de que se tenga que reservar el inventario en costo de unidades defectuosas afecta directamente su estado de resultados. En adición realice un análisis usando las 5 fuerzas de Porter.

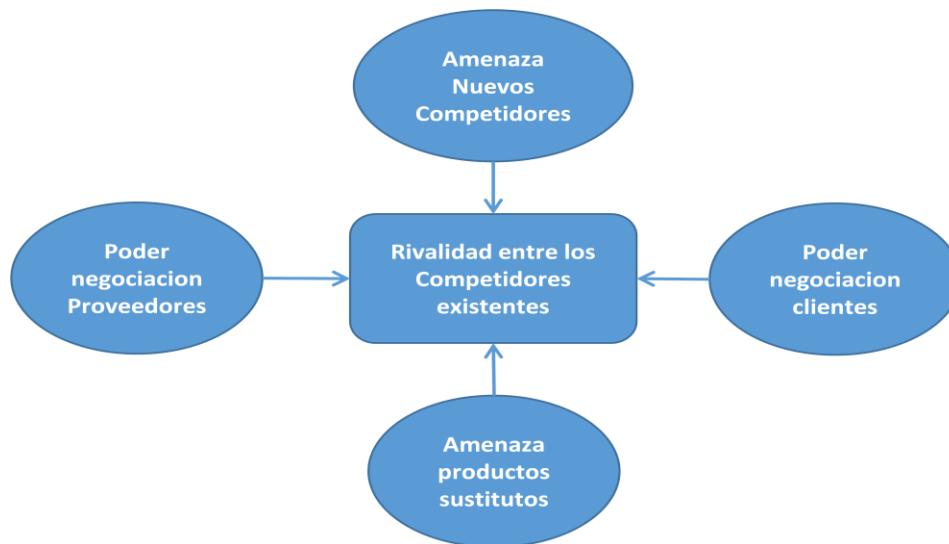


Figura 10. Modelo de las 5 Fuerzas de Porter

Este análisis nos permite revisar y entender donde nos encontramos como industria y realizar un análisis contra sus 5 fuerzas. (Michael Porter, 2015).

Basado en ese análisis, genere este modelo aplicado al proyecto, referencia Figura 11.

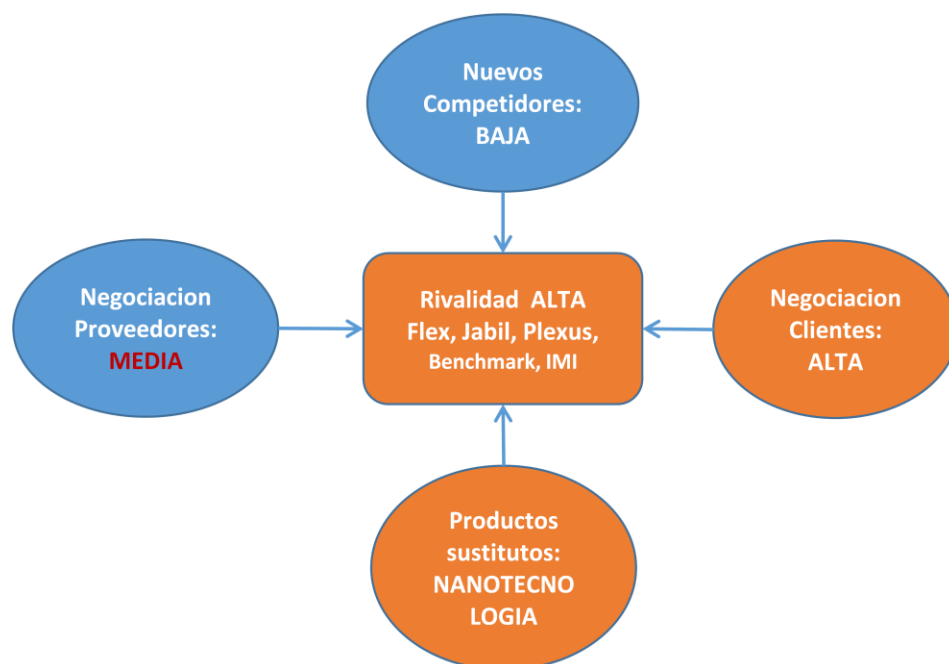


Figura 11. Análisis de Porter como ventaja competitiva aplicado en Sanmina

Poder Negociación de los clientes: Es alto, ya que ellos como dueños del diseño toman la decisión de que empresa manufacture sus productos. Hay clientes que piden reducción de

costos cada año fiscal e inclusive cada trimestre. Acorde a su modelo de negocio les permite ser rentables y competir con otros proveedores de producto similares en costo.

Esto implica para la compañía buscar mejorar su flujo de efectivo, mejorar sus procesos internos de manufactura para hacerlos más eficientes y reducir el desperdicio.

Rivalidad entre los competidores, es alta, ya que al inicio hay competidores que sacrifican su ganancia en el corto y mediano plazo para crear confianza con el cliente crecer el nivel de negocio y generan la ganancia en la cotización de los nuevos productos. Esto implica en ocasiones que un cliente se mueva de una empresa a otra.

Negociación de los Proveedores, es media, debido a que la Empresa realiza compras de millones de dólares, aprueba al menos a dos proveedores, los evalúa y basado en resultados Técnicos los califica y aprueba. Basado en un análisis Técnico los ingresa a la lista de proveedores aprobados y genera negociaciones para ejercer un plan de reducción de precios, tiempos de manufactura de equipos, cursos, garantías y términos de pago. En ocasiones se piden equipos a evaluación sin compromiso de compra o se le pide equipos a renta para soportar picos de demanda.

Ingreso de nuevos competidores, es bajo. Esto debido a que implica una fuerte inversión en Naves Industriales, Equipo capital, Sistema de energía y recursos, Logística, Adquisición de materia prima y el más importante Capital humano calificado para manejo de equipo y maquinaria de alta complejidad a nivel operaciones. Así como un sistema de ejecutivos con alto poder de Liderazgo y Negociación tanto con clientes como proveedores. Aunado a la generación de una cultura lo suficientemente competitiva para poder entrar al mercado, mantenerse retener clientes, proveedores capital humano y generar utilidades.

Productos sustitutos, Existe tendencia al desarrollo y experimentación de Nanotecnología, si bien está en fase de Experimentación Análisis y Desarrollo, es un potencial producto sustituto a la Tecnología actual que puede tener un auge en el mediano plazo (15 a 20 años). Como empresa debemos de estar atentos a los nuevos avances Tecnológicos y estar a la vanguardia en equipo y Tecnología que permita hacer uso de esta nueva tendencia.



### 1.2.3. Análisis causa-efecto y matriz de marco lógico del problema

La figura 12 muestra la correlación que existe entre la causa y el efecto de las unidades con defecto:

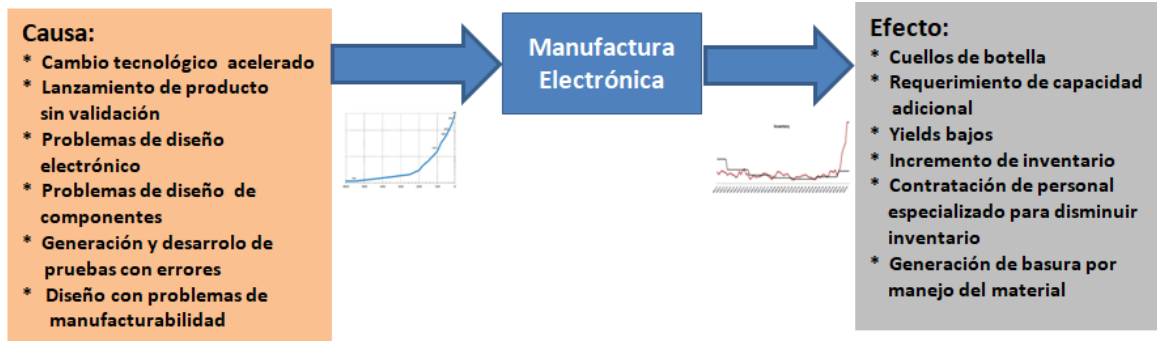


Figura 12. Diagrama de Análisis Causa-Efecto (Sanmina Corporation, 2019).

El modelo muestra las principales causas mas no limitativas del porque se incrementan los inventarios. Los cambios tecnológicos acelerados tienden a forzar a las compañías dueñas del diseño del producto a liberarlo para la producción en masa, esto provoca que los diseños electrónicos en hardware y software sean deficientes. Una vez que estos se ejercitan y liberan a producir en serie, se crean problemas de funcionalidad y confiabilidad trayendo por consecuencia un incremento de Inventario.

Los efectos provocan una fuerte presión por obtener producto libre de defectos. Los equipos de prueba de funcionalidad se convierten en cuello de botella por el alto índice de rechazo, por tanto se requieren equipos adicionales para solventar la producción y cumplir con las entregas. Una vez que el inventario se incrementa, es necesario contratar personal calificado para el diagnóstico y reparación del inventario con defectos. En este proceso un porcentaje del inventario se va a la basura, impactando directamente el estado de resultados de la compañía.

### 1.3. Objetivos de la intervención

Dados estos objetivos:

1. Realizar un levantamiento para conocer la situación de los inventarios basado en el análisis de 6M's y conocer qué información y controles lleva el grupo de diagnóstico.

2. Diseñar un modelo gráfico que permita entender el proceso de entradas de producto con defecto versus las salidas de Inventario libre de defecto del área de diagnóstico.
3. Analizar los factores que influyen para que el inventario se incremente.
4. Controlar los inventarios estableciendo métricos y controles para monitorear tendencias y actuar en consecuencia.

#### **1.4. Delimitaciones y área funcional a intervenir**

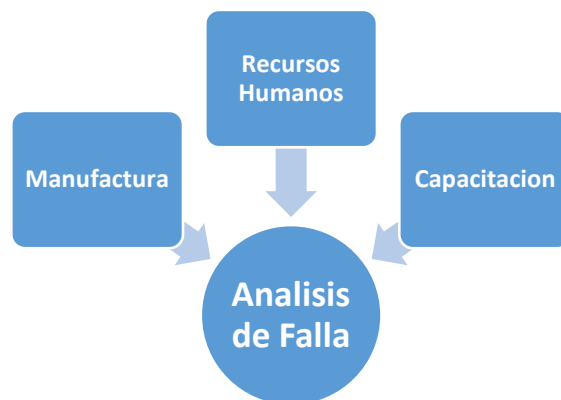
Como se mostró en la figura 1 p. (8), el proyecto se va a enfocar en “Pruebas de integridad y segundo ensamble” que es el proceso en el cual se genera el Inventario de unidades con defecto. De este diagrama de flujo, en segundo nivel, vamos a analizar el área de diagnóstico de las unidades con defecto.

Se va a realizar un levantamiento de 4 criterios clave, los cuales se enlistan a continuación:

##### ***1.4.1 Métricos de control de Inventario***

Este análisis implica la interacción de varios departamentos dentro de la organización.

Para el control de Inventarios debe de haber una comunicación robusta entre análisis de falla y el departamento de manufactura para asegurar que el inventario sea certero, realizando un cuadro físico de las unidades con falla que tiene diagnóstico sean las que están declaradas en el sistema de Oracle. Con recursos humanos para asegurar que los posiciones sean completadas. Y con el departamento de capacitación para asegurar los cursos de los nuevos ingenieros sean capacitados acorde a las necesidades de la tecnología en la cual trabajan las unidades con falla, ver la figura 13.



*Figura 13.* Diagrama de Interacción entre departamentos (Sanmina Corporation, 2019).

Para obtener un inventario confiable es necesario el acceso a información de Oracle, el cual tiene el control de los inventarios de producción. Es necesaria la interacción de control de producción y personal de control de Inventarios, para que lo que dice Oracle que existe como inventario defectuoso sea lo que físicamente esta con defecto.



Figura 14. Métrico de medición de Inventario (Sanmina Corporation, 2019).

#### 1.4.2 Organigrama y Recursos Humanos

Es necesario realizar un cálculo para saber la cantidad de personal que se requiere para soportar las entradas de unidades con defecto versus el nivel de producto que se está planeando producir. Implica la interacción del departamento de recursos humanos, para la aprobación y contratación de personal especializado, referencia figura 15.

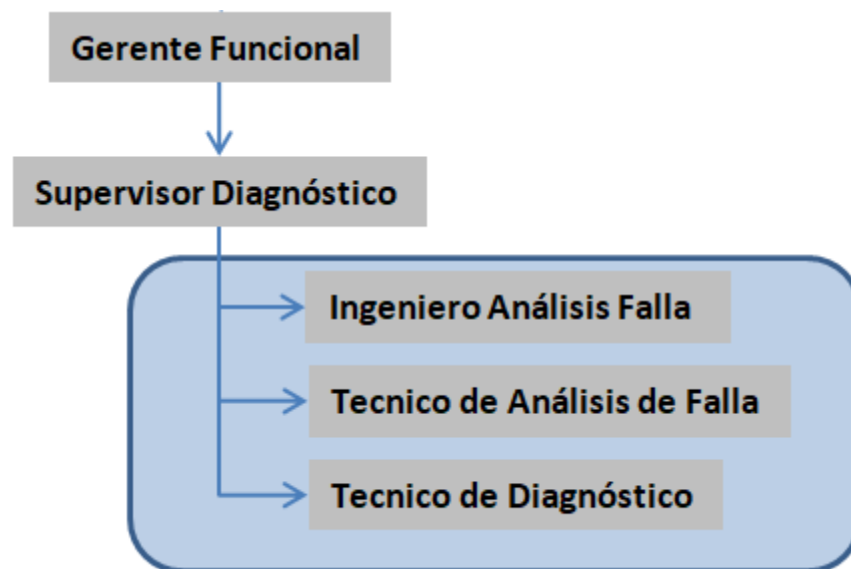


Figura 15. Organigrama de Ingeniería de Pruebas (Sanmina Corporation, 2019).

### ***1.4.3 Plan de entrenamiento***

Para el plan de entrenamiento es necesario conocer el tipo de producto y tecnología bajo la cual está desarrollado, con el fin de generar un plan de capacitación en los temas que se consideren necesarios se entrene al personal. Basado en esta información se hace la planeación de cursos, quienes deben de asistir y la asignación de instructores de Sanmina, por parte del cliente o externos. Esto implica trabajar con el departamento de capacitación, con el cliente y proveedores externos para ejecutar esta planeación de cursos, ver figura 16.



*Figura 16.* Ejemplo de impartición de cursos

### ***1.4.4 Herramientas y equipo de apoyo***

Es necesario hacer una valoración y levantamiento de la situación actual y las principales variables de la planta. Basado en el tipo de tecnología y grado de complejidad de los productos, definir las herramientas a utilizar para su intervención. La valoración y levantamiento lleva un tiempo estimado de 6 meses. La búsqueda del presupuesto en caso de ser requerido lleva un lapso de 2 meses. Y el proceso de aprobación, compra y llegada del equipo dura 4 meses, todas las actividades llevarán 1 año. Otro posible escenario implica el analizar si es posible el mover equipo sin uso de un proyecto a otro, reparar equipo dañado y/o comprar equipo que pueda soportar la tecnología de las unidades de inventario. Es necesario contactar a proveedores de equipo con la capacidad y conocimiento técnico que se ajuste las necesidades.

Una vez instalado el equipo es necesario recibir por parte del proveedor el entrenamiento en el uso y programación del equipo, para la generación de rutinas de prueba y diagnóstico. Este proceso toma aproximadamente 3 meses.



*Figura 17.* Equipos de Prueba y Análisis de falla (Huntron, 2019).

### **1.5. Justificación y pertinencia del trabajo**

Este proyecto es de alta prioridad para la compañía, ya que va a permitir a través de métricos y Paretos:

- Generar análisis de inventarios y modos de falla.
- Investigar las causas que generan los inventarios.
- Trabajar en la mejora de procesos.
- Trabajar con el cliente en solucionar problemas de diseño.
- Con los proveedores para que entreguen componentes libres de defectos.

Este trabajo se debe de reflejar con referencia al capítulo 1 de fundamentación del trabajo en la figura 2 p. (9). inventario de diagnóstico (unidades con defecto) y figura 3 p. (9) grafica de costo del inventario.

Estas mejoras van a ayudar:

- Para la empresa a reducir sus inventarios.
- Hacer eficientes los procesos.
- Incrementar las vueltas de inventario.
- Tener a los clientes contentos.
- Obtener nuevos productos y demanda adicional.

- Creación de nuevos puestos de trabajo.
- Empleados contentos y al incrementar el negocio, la apertura de nuevas posiciones.
- Y la posibilidad de aplicar y escalar a nuevos puestos.

Por tanto, el incremento o decremento del inventario tiene un alto impacto en el estado de resultados. Si el inventario se incrementa, el costo en dinero se tiene que reservar en el sistema de Oracle porque es un posible riesgo de que el producto con defecto se vaya a la basura. Si el inventario disminuye en relación al cierre del trimestre fiscal anterior, se liberan las reservas en el sistema de Oracle y mejoran los resultados en el estado de pérdidas y ganancias de la compañía.

El proyecto tiene un reto profesional alto, debido a los factores que influyen en el arranque, en el cual la disponibilidad por planta se describe a continuación:

Planta A: Disponibilidad Alta.

Planta B: Disponibilidad Media.

Planta C: Disponibilidad Alta.

Planta D: Disponibilidad Alta.

Planta E: Disponibilidad Baja.

Los criterios que se van a tomar en consideración para iniciar el proyecto son los que se enlistan a continuación:

- Definición de los métricos a monitorear.
- La confiabilidad de la información.
- La creación de la nueva cultura para convencer a distintos niveles como son desde los técnicos de diagnóstico, técnicos e ingenieros de análisis de falla, supervisor y gerente funcional, que estos cambios van a ayudar a mejorar y controlar los Inventarios dando por consecuencia un valor agregado hacia ellos y la compañía.
- El liderazgo de mi parte para inyectar energía a nivel de gerentes funcionales y supervisores, para el arranque del proyecto.

- La búsqueda de presupuesto para la adquisición de los equipos con los gerentes de operaciones, finanzas y gerencia de planta para adquirir equipos de tecnología de punta para facilitar el diagnóstico del inventario.
- Asegurar que se establezcan juntas y asistencia efectivas encaminadas a la reducción del inventario.

Para que estas actividades y los sistemas comiencen a funcionar se requiere de un gran esfuerzo y energía para que se lleve a cabo. Implica vencer la ley del mínimo esfuerzo, pedir permiso para entrar en sus juntas y generar confianza para vencer el principio de territorialidad, romper paradigmas y convencerlos de que la metodología funciona, además de establecer nuevos hábitos para la creación de la nueva cultura.

## 2. Marco conceptual de referencia

La reducción de inventario en unidades de alta complejidad radica en que se tienen unidades con defecto real y/o con defecto aparente; estas unidades son separadas del flujo normal de proceso de manufactura ya que se encuentran con alguna discrepancia. Al ser separadas se tiene que analizar cuál es el defecto y se tienen que reparar para poderlas ingresar al flujo de manufactura para que cumpla con su proceso, se empaque y su posterior embarque al cliente.

Seis Sigma es una herramienta de mejora de proceso que ayuda a analizar el proyecto, entender y desglosar los actores involucrados en la generación de inventario, para poder reducir la ocurrencia y mejorarlos. Las herramientas que vamos a utilizar son las 6M's y la metodología DMAIC.

El diagrama abajo figura 18 muestra las variables principales. Los problemas se definieron como variables de entrada y las causas se agruparon como variables de salida.



Figura 18. Diagrama de Problemas & Causas (Sanmina Corporation, 2019).

## **2.1. Estado de la cuestión**

Para el estado de la cuestión las herramientas de análisis que voy a utilizar son:

### **A. Análisis de 6M's**

Este consiste en agrupar las causas en las categorías de: mano de obra, materiales, maquinaria, medio ambiente, método y medición para determinar la causa del problema y relacionarlas con una o varias de las M's (Socconini, 2020).

Estos elementos definen de manera global todo el proceso, y cada uno aporta una parte en la variabilidad del producto final. Es natural esperar que la causa de un problema esté relacionada con alguna o varias de las 6M's. Calidad Total y Productividad (Gutiérrez, 2010).

Las variables de entrada de un proceso son maquinaria, materiales y medio ambiente, la variable intermedia es el método, y las variables de salida son la medición y la mano de obra.

Las 6M's hacen referencia al análisis de las variables potenciales que pueden estar impactando nuestras unidades con defecto.

#### ***2.1.1 Maquinaria***

Se refiere a si existe equipo de Prueba que esté involucrado en la generación de unidades defectuosas.

#### ***2.1.2 Materiales***

Se refiere a si existe componentes electrónicos que tengan algún problema eléctrico, daño físico, latente o intermitente que no funcione adecuadamente, provocando que la unidad bajo prueba falle.

#### ***2.1.3 Medio Ambiente***

Es referente al factor de humedad, temperatura y disipación de calor pueden también influir en generar estrés en la unidad bajo prueba y los componentes causando una falla latente, intermitente o catastrófica que provoque la falla de la unidad.



### 2.1.4 Método

Juega otro papel importante en el proceso de prueba de las tarjetas. Si no se sigue el método y secuencias correctas puede provocar una configuración errónea en la unidad bajo prueba o sufrir un daño en la tarjeta o el equipo. Y hacer que otras tarjetas fallen también.

### 2.1.5 Medición

El sistema de medición debe de ser establecido bajo estándares de funcionamiento del producto, tomando en consideración límites de Especificación y límites de Proceso, en ocasiones las fallas son marginales y debe de aplicarse herramientas estadísticas para saber la distribución de la población respecto a sus límites y basado en esto tomar decisiones de abrirlos, cerrarlos o moverlos acorde a esa información obtenida.

### 2.1.6 Mano de Obra

La interacción entre los equipos, las unidades bajo prueba y las personas que interactúan con ambos, pueden generar por un manejo incorrecto que la unidad falle cuando es posible que la unidad esté libre de defectos.

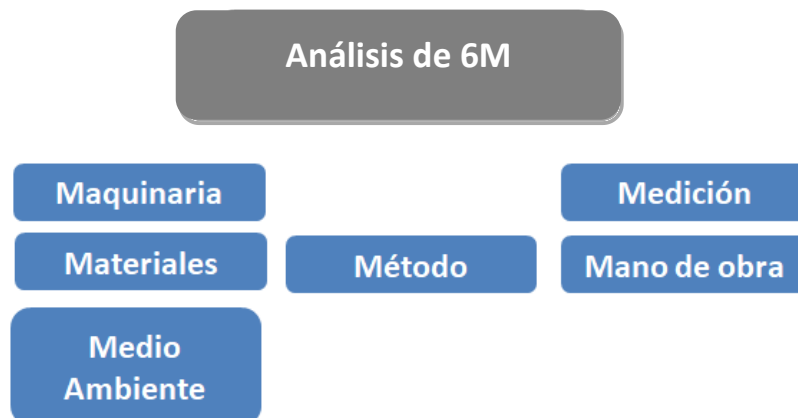
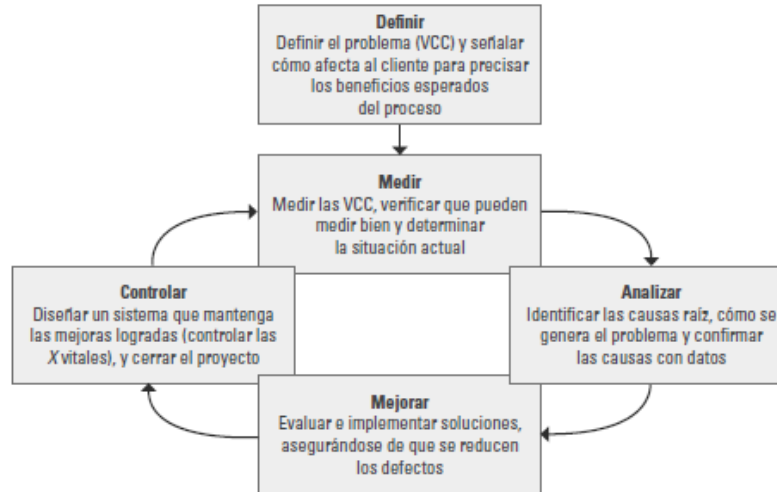


Figura 19. Modelo de Análisis de 6M's Calidad Total y Productividad (Gutiérrez, 2010).

## B. Metodología DMAIC

La metodología DMAIC fue desarrollada por Motorola a principios de los años 90's. Consta de una serie de 5 pasos que nos va a permitir generar un modelo para entender y mejorar nuestro proyecto. El modelo DMAIC se muestra a continuación:



*Figura 20.* Modelo DMAIC. Calidad Total y Productividad (Gutiérrez, 2010).

Seis Sigma ha sido adoptada ampliamente en una variedad de industrias por todo el mundo como una herramienta para aumentar la productividad y mejorar la eficiencia. Su estructura de análisis de proyectos permite a través de ciclos de mejora continua el poder llegar a reducir defectos hasta 3.4 partes por millón en una organización. (Socconini, 2020).

Esta metodología está enfocada a través de análisis de datos para mejorar la calidad de los procesos con el objetivo de llegar a cero defectos como estrategia de calidad, por lo tanto incrementar la satisfacción del cliente y mejorar los resultados financieros de la empresa. Motorola definió Seis Sigma. (Rolan Stankalla 2018).

Sigma ( $\sigma$ ) representa la variación de un proceso, y está representada como la distancia entre el promedio y la tolerancia crítica de los límites, los cuales son representados por seis desviaciones estándar. (Reato, C. & Socconini Pérez Gómez, 2019).

Lean Seis Sigma fue establecida como parte de la evolución de Seis Sigma, es la combinación de Lean Management y Seis Sigma, estas son las más populares estrategias de negocios para aplicar mejora continua y mejorar los métricos de resultado en la fuente. (Escobedo, E. & Socconini Pérez Gómez (2021).

Esta combinación es alcanzada uniendo principios y herramientas para mitigar las debilidades de ambos y tomando ventaja de las fortalezas de ambos. Lean se enfoca en remover todo tipo de desperdicio en el proceso (eficiencia) mientras que Seis Sigma se enfoca en controlar el proceso a través de análisis estadístico removiendo su variación

(efectividad). La frase de Lean Seis Sigma entonces es usada para describir la integración de ambas disciplinas y tener un enfoque integral de sistema. (Reato, C. & Socconini Pérez Gómez, 2019).

### C. Ley de Territorialidad

Es importante conocer la ley de territorialidad, esta nos ayuda a comprender el comportamiento humano y poder penetrar en equipos de trabajo, para implementar nuevas metodologías. Marín (2019) afirma:

Es un impulso que lleva a una persona o a un grupo de personas a defender su propiedad contra invasiones realizadas por otros. Las mentes de las personas de forma innata, establecen límites y espacios individuales y para acceder a esos espacios y territorios que son o creen que son de su propiedad, se requiere que otorguen el permiso. Es decir, el derecho de admisión es reservado (p.117).

Si no conociera esta ley, probablemente no podría implementar un cambio de cultura en la planta.

### D: La ley de la resistencia al cambio

Las personas una vez que tienen un hábito, es muy difícil que lo podamos cambiar, a no ser que seamos conscientes de ello y estemos dispuestos a cambiar. Marín (2019) afirma:

Todas las personas del mundo presentamos resistencia a cambiar. Esto es debido a que cada vez que alguien desea realizar un cambio para mejorar, se enfrenta con que las personas tienden a seguir haciendo lo que siempre han hecho y a ir relegando la nueva forma de trabajar. (p.154).

Douglas Smith, menciona que la ignorancia sobre la íntima naturaleza de nuestra resistencia a cambiar es lo que mata el cambio, y no la resistencia en si misma. (Smith, 1996).

#### **2.1.7 Definir**

En la fase de definición se analiza el problema, se definen los objetivos y criterios de mejora, actividades, metas y requerimientos del cliente tanto internos como externos. Aplicados a este proyecto son:

### a) Reducción de Inventario.

Actividades que de manera indirecta deben de ser consideradas:

- Decremento de unidades con mayor tiempo en área de diagnóstico.
- Mejora en el diagnóstico de las unidades a través de la capacitación del personal.
- Mejora en la capacitación del personal que repara las unidades con falla.
- Seguimiento por número de serie para las unidades con falla desde la reprobación hasta prueba final.

#### 2.1.8 Medir

Establecer el sistema de medición del Inventario con un grado de confiabilidad de al menos 90%. Por cantidad, modelo, tiempo de envejecimiento.

Medición de la eficiencia en las reparaciones, seguimiento por número de serie de unidades diagnosticadas hasta que pasan por las pruebas de funcionalidad.

#### 2.1.9 Analizar

En base a las variables establecidas de medición, es importante analizar cuál es su nivel de variabilidad y tendencia de los métricos, y en el análisis de fallas de Pareto saber cuáles son las fallas que más frecuentemente se repiten.

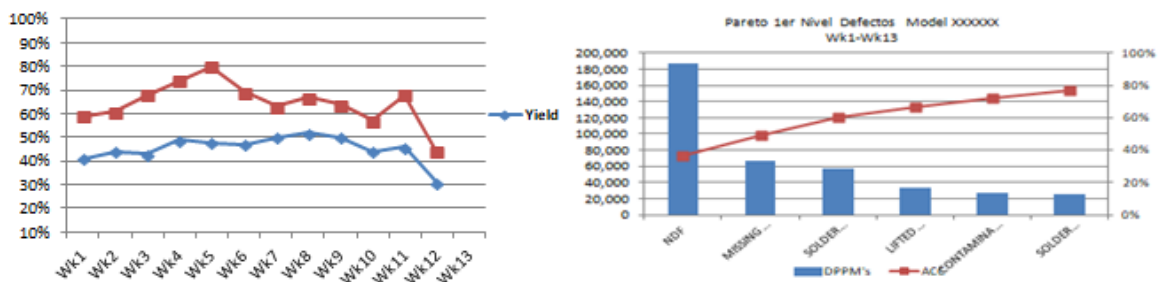


Figura 21. Ejemplo de Métrico y Pareto (Sanmina Corporation, 2019).

Para luego encontrar las causas que están generando los defectos y basado en esos defectos dar con la causa raíz del problema.

#### 2.1.10 Mejorar

Una vez conocida la causa raíz, es necesario evaluar cual(es) son las acciones para reducir las fallas. Ya sea estableciendo puntos de control, inspección acciones de seguimiento para

reducir las fallas. Seguir midiendo para medir el impacto y si las fallas se reducen, como ejemplo las graficas de abajo, figura 22.



Figura 22. Medición de impacto (Sanmina Corporation, 2019).

### 2.1.11 Controlar

Es importante definir los puntos de control para asegurar que los defectos que se minimizaron no vuelvan a salir. Si la revisión del Yield es en base diaria o -semanal es cumplir con esta frecuencia de medición. Generar los paretos de defecto para que analizar que los defectos se mantengan bajos o ya no aparezcan.

## 2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados

Basado en el análisis de 6M's, se procedió a hacer un barrido de cada una de las M's contra el proyecto. Como resultado arrojó el cuadro abajo descrito de la figura 23.



Figura 23. Análisis de 6M's (Sanmina Corporation, 2019).

En este se puede observar que de las 6M's solo 5 de ellas se encontró información relacionada al proyecto. La M de Medio ambiente no tuvo un impacto preponderante para el proyecto.

### 2.3. Herramientas tecnológicas o de Innovación consideradas en el trabajo.

Las herramientas de análisis a utilizar van a ser el uso del métrico, análisis de Paretos y control de inventarios.

Métrico: Este debe de cumplir con ciertos requisitos los cuales se describe a continuación.

- Debe de mostrar en el eje de las X un periodo de Tiempo.
- La grafica deberá de ser representada a través de una línea, no barras.
- El eje Y debe de mostrar la unidad de medición de interés, que puede ser en cantidad de unidades, costo en dinero, ó en DPPM's (Defectos de partes por millón) referencia figura 24.

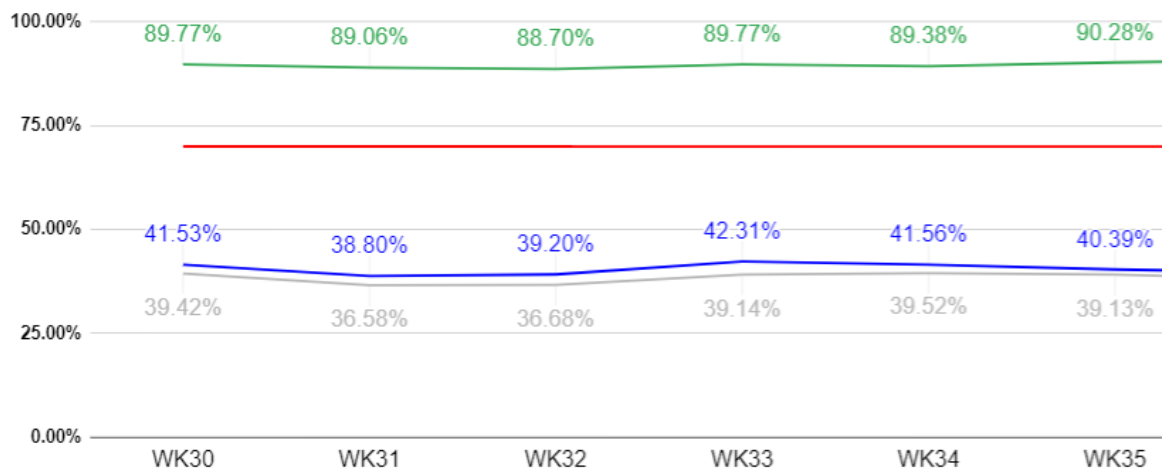


Figura 24. Ejemplo de grafica de Métrico (Sanmina Corporation, 2019).

Análisis de Pareto: este se debe de representar a través de una gráfica en barras el porcentaje de defectivo mostrado en el métrico. Las barras representan grupos de causas de error y estas se ordenan en orden de frecuencia mayor a menor. Y una línea de acumulado, la cual representa el % de impacto contra el 100% de los defectivos. Estos diagramas deben su nombre a Wilfredo Pareto (1848-1923) un economista Italiano que estudió la distribución de la riqueza en la sociedad.

En el análisis de datos estadísticos debemos buscar por grupo de análisis aquella grafica de Pareto que nos dé una barra que represente o se acerque en lo posible al 80% en un solo grupo de defectivos en este caso, aunque no siempre se cumple, podemos tomar al menos 2 o 3 barras que al sumar nos ayuden a obtener el mayor impacto posible.

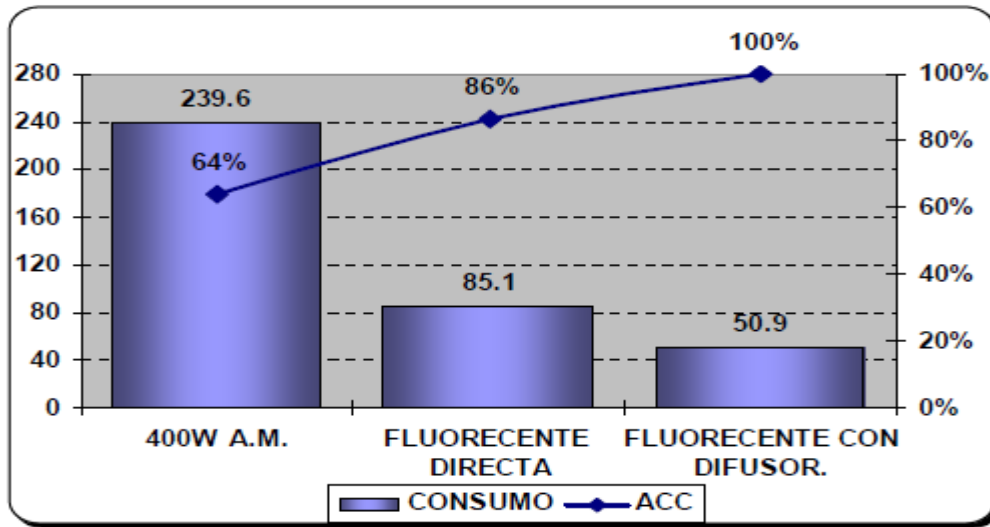


Figura 25. Ejemplo de grafica de Pareto (Sanmina Corporation, 2019).

Control de Inventarios: Estos debe de realizarse en base diaria y semanal, los cuales deben de mostrar la cantidad de unidades por proyecto y su costo. En adición debe de separarse y clasificarse por el tiempo en días que las unidades se han encontrado con falla. Dado que las unidades con una mayor cantidad de días serán susceptibles a que no salgan y en consecuencia sean basura.

Tabla 1

*Inventario por cantidad y costo*

		All Projects									
		CANTIDAD					COSTO				
Week	dias	0-40 dias	40-90 dias	90-150 dias	150-300 dias	>300 dias	0-40 dias	40-90 dias	90-150 dias	150-300 dias	>300 dias
1	624	156	145	123	92	\$ 2,085	\$ 6,246	\$ 5,418	\$ 3,458	\$ 1,967	
2	644	144	133	132	92	\$ 2,142	\$ 5,912	\$ 5,267	\$ 3,479	\$ 2,051	
3	626	119	128	125	93	\$ 2,102	\$ 4,350	\$ 4,967	\$ 3,612	\$ 2,081	
4	550	122	116	128	90	\$ 1,988	\$ 4,135	\$ 4,705	\$ 3,850	\$ 2,157	
5	520	126	109	116	89	\$ 1,758	\$ 4,055	\$ 4,012	\$ 3,891	\$ 2,064	
6	470	133	101	123	91	\$ 1,647	\$ 3,756	\$ 3,664	\$ 3,794	\$ 2,157	
7	430	135	92	121	92	\$ 1,567	\$ 3,831	\$ 3,452	\$ 3,903	\$ 2,067	

Nota. Esta tabla muestra el inventario por cantidad y por costo, para tener un mejor control del inventario. (Sanmina Corporation, 2019).

**2.3.1 Identificación, descripción y cuantificación de métricos iniciales.**

Los métricos se describen a continuación:

Métrico: Este debe de cumplir ciertos criterios; en el eje de las X debe de mostrarse el tiempo, en el eje de las Y debe de colocarse la unidad de medida, cuando sea posible deben de mostrarse 13 semanas que corresponde a 3 meses de medición, referencia figura 26.

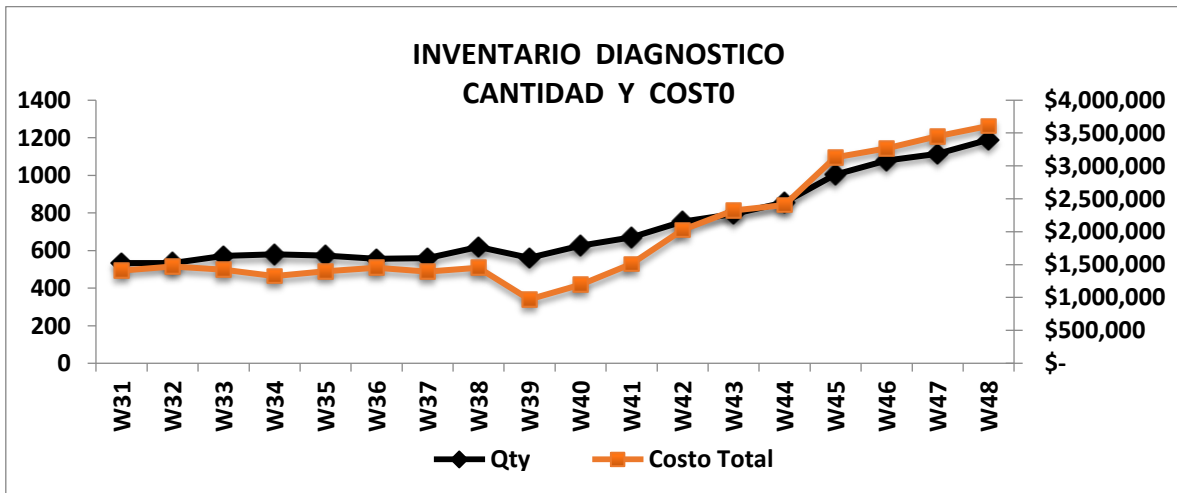


Figura 26. Grafica de Métrico (Sanmina Corporation, 2019).

Pareto: Este debe de contener la distribución de los defectos ordenados por tipo de defecto a través del tiempo, referencia figura 27.



Figura 27. Grafica de Pareto (Sanmina Corporation, 2019).



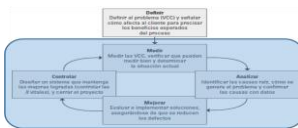
Control del Inventario: La base de datos debe de tener información a nivel unitario y este debe de coincidir con el Inventario físico que se encuentra en el área de rechazo. Dado que los inventarios son dinámicos, es decir constantemente están entrando y saliendo unidades se debe de tomar una foto a cierta hora del día, de preferencia por la mañana, para tener los datos frescos.

### 3. Estrategia metodológica o de intervención

#### 3.1. Justificación de la estrategia metodológica o de intervención

La estrategia Metodológica está basada en la Metodología DMAIC

##### DEFINIR



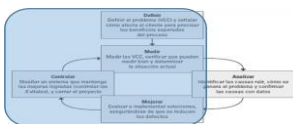
La definición del problema es referente al incremento de inventario de unidades con defecto real o aparente que son separadas del flujo normal del proceso al realizarles pruebas funcionales y estas son rechazadas. A estas unidades se les debe aplicar un diagnóstico para entender la etapa donde la unidad está fallando y repararla. Una vez reparada debe de ingresarse de nueva cuenta al flujo para probarlas en funcional y una vez que pasen la prueba sigan con su flujo de proceso. Referencia figura 1, p. (1).

##### MEDIR



Es necesario establecer las variables clave de interés que se desean medir, ya que estas serán el fruto del resultado de las acciones emprendidas para reducir el inventario. En este caso se debe de llevar un métrico de Inventario en cantidad de unidades y el costo de estas.

##### ANALISIS



En este paso es necesario analizar las variables primarias y secundarias involucradas en la reducción de inventario. Para realizar este análisis se utilizará el análisis de 6M's previamente descrito en la sección 2.1 el cual se muestra abajo:

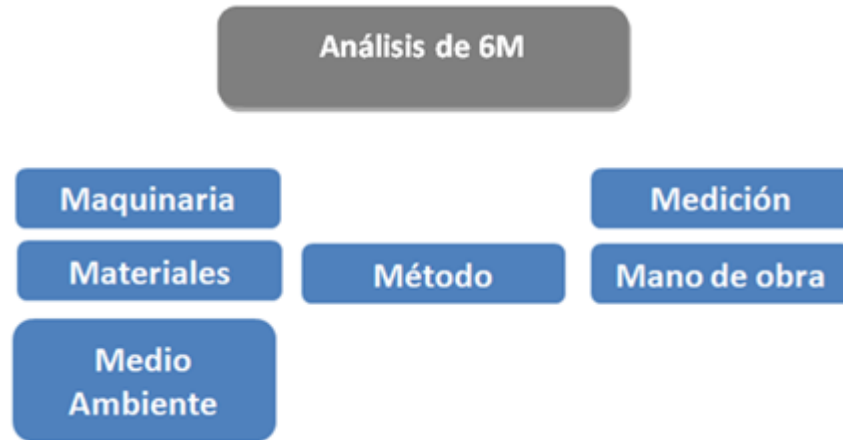
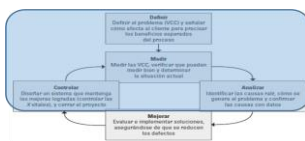


Figura 28. Modelo de 6M's (Marín, 2019).

Se realizó un barrido a las plantas de Sanmina con los encargados de las áreas de diagnóstico en piso de producción. Con referencia a: maquinaria, materiales, medio ambiente, método, medición y mano de obra. Donde se analizaron sus inventarios, puntos de control, mediciones y se ajustaron contra las M's definidas en el modelo.

El análisis de 6M's previamente indicado en el punto 2.2. de la figura 23 p. (29).

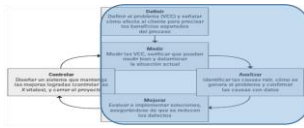
## IMPLEMENTAR



La etapa de implementación va a ser precisamente hacer que tanto los métricos primarios como los secundarios sean implementados en la compañía. Que estos métricos los generen en base semanal y sean revisados en distintos foros a nivel supervisor, superintendente y gerente del área, acorde al organigrama mostrado en la figura 6 p. (12).

El revisarlos implica que la información generada sea confiable para que permita tomar decisiones que impacten de manera positiva la reducción de inventario.

## CONTROLAR



El control para este proyecto va a ser que los métricos no cambien o en caso de que haya alguno mejorado debido a cambio de tecnología o si el proyecto por su complejidad es necesario establecer controles adicionales deben de implementarse. Que sea definida y establecida una junta de revisión de métricos siempre al mismo día y hora y que los asistentes asistan a la junta diaria o semanal según sea el caso. Establecer conferencias de seguimiento con el cliente cuando por la cantidad y complejidad de unidades sea necesario un análisis exhaustivo y se tengan problemas de defecto aparente o reales debido al diseño electrónico del producto o del desarrollo de pruebas funcionales.

Este es un ejemplo de una matriz de control.

**Tabla 2**

*Matriz de Control, básicos de diagnóstico*

Herramienta	Muestra Cantidad
Career plan	Engineers to develop programs
	Personnel qualified to use the equipment
	Standard debug station defined
	Master debug station defined
	Standard debug station quantity
	Master debug station quantity
	Training plan for debug partition defined
	Training plan for FA technician partition defined
	Training plan for FA engineer partition defined
	Course applied to debug technicians
	Course applied to FA technicians
	Course applied to FA engineers
	List of personnel with matrix of course taken and pending in percentage
	List of personnel according ranking and critical partitions
	Shield in progress MDS
Shield in progress FA technician	
Shield in progress FA engineer	
Team Test-FA engineers for design problems	
Quantity of Analysis with customer	
Cook Book application implemented	
Quantity of records in application Cook book	
Inventory and control	4q Inventory, Input per week
	Database: project, quantity, \$, Aqinq
	4q efficiency
	4q effectiveness
	Priorities per cart, quantity, aqinq
	3 Strike implemented
	Improvement projects quantity
	Efficiency x qualification
	Efficacy x qualification
	Percentage inventory cart @ quarter cell
	Debug inventory quantity
	Debug inventory Cart
	Inventory less than 45 days
	Inventory major than 45 days
	Personnel algorithm defined
MDS algorithm implemented x advance	
FA technician algorithm implemented x advance	
FA engineer algorithm implemented x advance	
Coordinator implemented x advance	
Definition record on board for critical partition	
Coordinator structure	
Define profile level debug technician	
Define profile level FA technician	
Define profile level FA engineer	

Tabla 2. Muestra el listado de básicos de Diagnóstico. (Sanmina Corporation, 2019).

El modelo abajo descrito muestra la correlación del análisis de 6M's & el ciclo DMAIC, dando como resultado este modelo de diagnóstico:

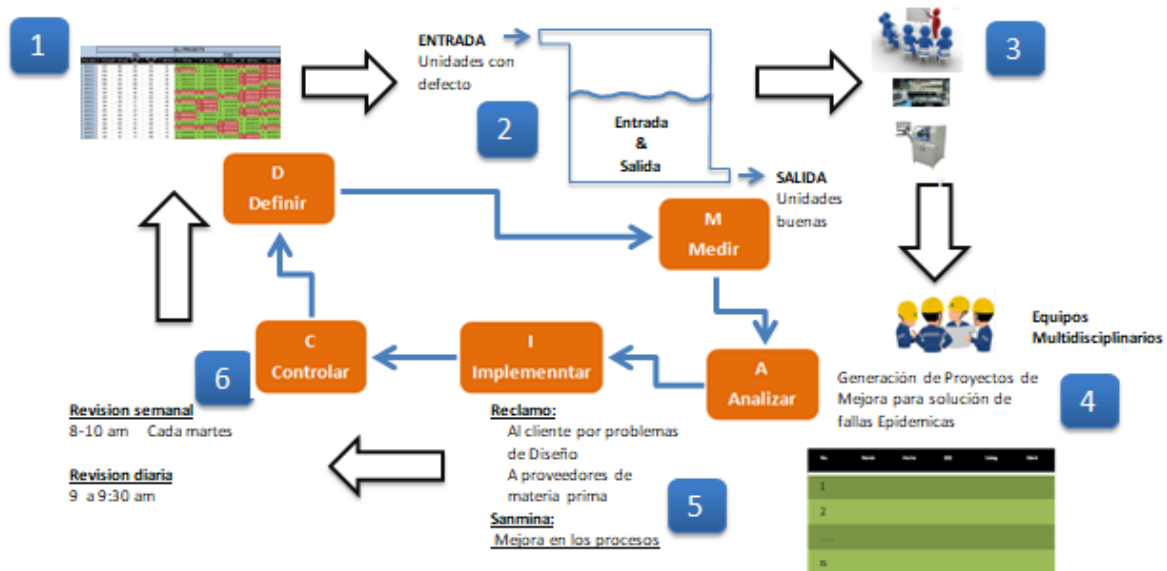


Figura 29. Correlación del modelo de Diagnóstico & 6M's (Sanmina Corporation, 2019).

Para este modelo se estructuró en 6 bloques, los cuales se describen a continuación:

1. El primer bloque corresponde a la generación de la información. Este corresponde al levantamiento del inventario. Esta base de datos es crucial que sea lo más exacta posible. Ya que de ella dependerán las decisiones en pasos posteriores. El inventario debe de ser generado por cantidad de unidades, por costo y por antigüedad. Este tiene una estrecha correlación con la definición del problema.
2. El segundo bloque corresponde al tinaco. Esto hace alusión al principio de un tinaco de agua donde tiene una entrada y una salida. El tinaco es el área de diagnóstico y el agua son las unidades con falla real o aparente. La entrada del agua corresponde a la entrada de unidades con un modo de falla. Y la salida del agua corresponde a unidades que fueron diagnosticadas, reparadas y validadas funcionalmente, entonces salen del área de diagnóstico como libres de defecto. Este tiene correlación con el tercer paso que corresponde a la medición.
3. El tercer bloque corresponde al soporte que se tiene que dar para que el bloque 2 funcione. En este caso debe de haber un plan de entrenamiento a todos los niveles involucrados en la reducción del inventario. Un análisis de herramientas para poder hacer

un diagnóstico preciso tanto de fallas sencillas como de complejidad alta. En ocasiones es requerido el análisis de pruebas especializadas de confiabilidad, para este caso es necesario el uso del laboratorio regional de confiabilidad y análisis de falla. Dependiendo del tipo de falla involucra inversión tanto de la empresa como del cliente. Ya que el equipo y el software son desarrollados por el cliente para su producto y solo él lo puede proporcionar. Este paso también tiene correlación con la medición.

4. Este corresponde a equipos multidisciplinarios que por unidades con modo de falla de alta complejidad rebasa la capacidad de diagnóstico de nuestra área. En este caso es necesario generar evidencia de la falla y hacer pruebas de ensayo para verificar si la falla es provocada por la unidad bajo prueba o por el equipo que prueba las tarjetas. Para modos de falla donde a través del tiempo es repetitivo debe de generarse un proyecto de mejora y registrarse en el sistema de proyectos de mejora. Este bloque guarda correlación con el tercer paso del DMAIC que corresponde al análisis.

5. Una vez generada la evidencia y análisis del modo de falla, se define si el análisis posterior se revisa con el cliente, con algún proveedor o si es un problema de proceso interno de Sanmina. Cuando se revisa con el cliente el modo de falla puede revisarse con los ingenieros de desarrollo de pruebas de los equipos, de desarrollo de software de prueba o desarrollo de prueba eléctrica, según sea el caso. Este paso tiene correlación con la implementación. Hasta encontrar la solución definitiva del problema.

6. La última etapa corresponde al sostenimiento del sistema. Este hace referencia al análisis diario de los modos de falla de primer nivel. El análisis semanal de modos de falla como acumulado para su seguimiento y reducción de Inventario. Este paso guarda correlación al paso de Control y sostenimiento del sistema. Ya que una vez definido no se debe de soltar.

La confiabilidad de esta base de datos nos va a permitir tomar decisiones. Si la información es errónea, las decisiones serán erróneas y en consecuencia no vamos a mejorar los métricos. Este levantamiento de inventario depende de la cantidad y complejidad de los ensamblajes se sugiere que debe ser en base diaria ó semanal según sea el modelo de negocio y las exigencias del proyecto.

La asignación de responsables por cada métrico, las juntas de seguimiento en base diaria, en base semanal, y la generación de actividades por modo de falla y responsable para el análisis y obtención de causa raíz del problema, es el camino para tener un nivel de detalle necesario para trabajar en planes, asignación de recursos y prioridades para impactar en el decremento de los inventarios de Diagnóstico en unidades falladas.

### 3.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia

Depende del proyecto y nivel de complejidad de las unidades falladas representan un riesgo potencial de que esas unidades por manejo, manipulación o re-trabajo corran el riesgo de tirarse a la basura, representando un impacto financiero al estado de resultados de la compañía. En ocasiones este Inventario de unidades falladas pueden fluctuar desde cientos de miles hasta millones de dólares. Para este caso, el proyecto reservo 1.06 millones de dólares como referencia figura 30.

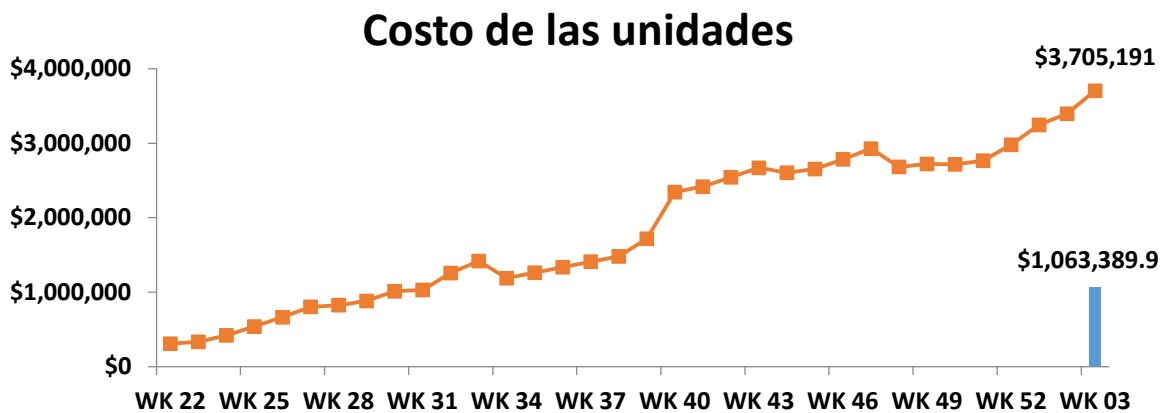


Figura 30. Inventario & Reservas (Sanmina Corporation, 2019).

## 3.2. Herramientas e instrumentos

Como lo hemos abordado en el capítulo 3.1, es de suma importancia definir la frecuencia de la obtención del inventario. Y que este sea confiable y refleje en papel lo que físicamente tenemos en piso de Producción en el área de diagnóstico.

Con esta información vamos a poder:

\* Definir juntas en base diaria y semanal para análisis de inventarios.

- \* Definir reglas, lugar, hora y listado de asistentes.
- \* Asignar actividades específicas para reducir modos de falla.
- \* Revisar el avance de esas actividades basado en su fecha compromiso.
- \* Generar actividades macro para grupos de fallas de alta complejidad, cuando con las herramientas disponibles no es posible solucionar las fallas.
- \* Para los grupos de fallas epidémicas donde con los recursos y conocimientos del área de Diagnóstico y Análisis de falla no es posible encontrar la causa raíz que está provocando que las unidades fallen, es necesario establecer juntas 1 o 2 veces por semana con el cliente con el área de diseño electrónico, de diseño de pruebas o ambos, para la presentación del caso por parte del ingeniero de análisis de falla e ingeniero de pruebas dando a conocer los síntomas, información estadística, distribución de datos y pruebas realizadas. Para basado en esta información ellos como dueños del diseño puedan establecer que pruebas adicionales es necesario se realicen para tomar decisiones y solucionar la falla.
- \* Junta de seguimiento en base semanal con el superintendente y supervisor de pruebas para ver el avance de los inventarios por proyecto en cantidad de unidades y costo. Así como los principales modos de falla de esos dos rubros y el avance con el cliente. Revisión de recursos por proyecto y por familia, y reposición de renuncias y promociones.

**Tabla 3***Matriz de seguimiento a modos de falla*

Proyecto	Familia	Modo de falla	Cantidad	Costo
Proyecto 1	Familia A	Falla Transmisión	37	\$ 23,570
	Familia A	Falla de comunicación	30	\$ 45,782
	Familia A	Falla de Recepción	25	\$ 28,731
Proyecto 2	Familia B	Falla de frecuencia	32	\$ 35,123
	Familia B	Falla de voltaje	17	\$ 15,764
Proyecto 2	Familia C	Falla de Respuesta	24	\$ 76,592
	Familia C	Falla de comunicación	12	\$ 48,750
	Familia D	Falla de .....	34	\$ 33,210
	Familia D	Falla de .....	15	\$ 25,987
Total			226	\$ 333,509



Tabla 3. Muestra los proyectos de mejora y el impacto que representa cada uno. (Sanmina Corporation, 2019).

### 3.3. Muestra o sujetos de investigación

Las muestras a investigar son las unidades con falla real o aparente, las cuales es necesario profundizar.

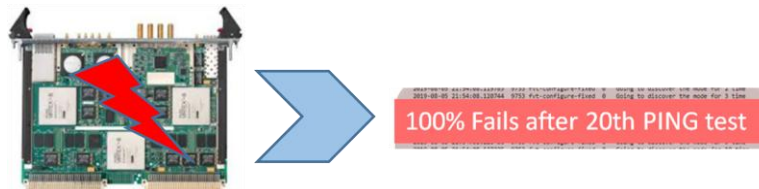


Figura 31. Muestra de unidad y descripción del modo de falla (Sanmina Corporation, 2019).

En este proceso de Investigación, y dependiendo de la complejidad y el modo de falla es necesario el involucramiento de algunas de las siguientes aéreas:

Nivel 1: Técnico de diagnóstico.

Nivel 2: Ingeniero de análisis de falla.

Nivel 3: FA - Pruebas – Cliente (Desarrollo pruebas, Desarrollo de Software o ambos).

Nivel 3<sup>a</sup>: FA – Cliente – Proveedor.

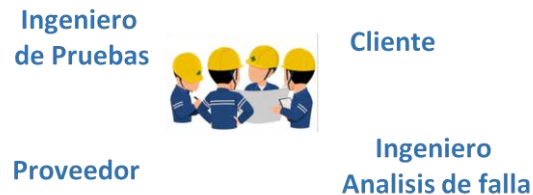


Figura 32. Ejemplificación de trabajo en equipo de equipo multidisciplinario (Sanmina Corporation, 2019).

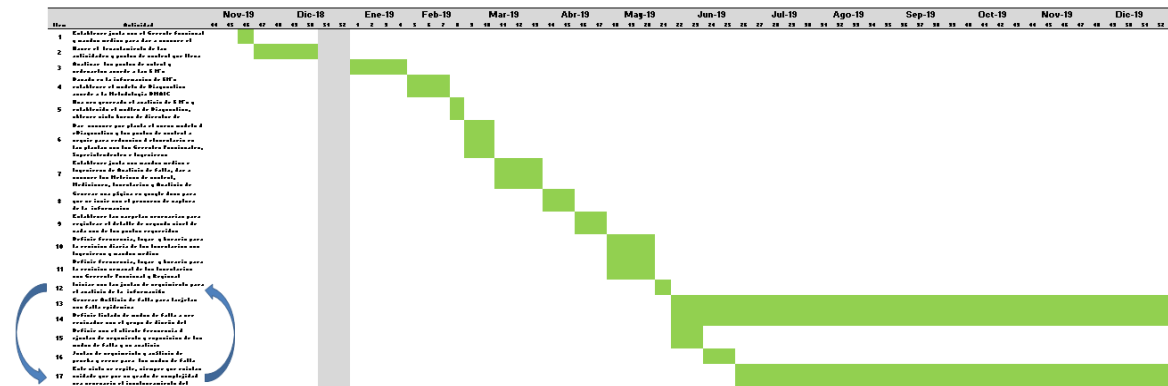
### 3.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención

#### 3.4.1. Cronograma de trabajo

Esta imagen es solo representativa, el archivo adjunto muestra la información detallada.

Tabla 4

Cronograma del Proyecto



Cronograma Sep-19.xlsx

Archivo detallado:

Tabla 4. Muestra el Gantt de actividades para el desarrollo del proyecto. (Sanmina Corporation, 2019).

3.4.2. Imprevistos

*Ley natural de la resistencia al cambio*

- De mi parte para iniciar y arrancar el proyecto.
- Por parte de los gerentes funcionales y superintendentes para comprar la idea.
- Por parte de los supervisores, ingenieros de análisis de falla para seguir la metodología y llevar los registros de seguimiento.

Asignación de prioridades urgentes, que no me permiten asignar el tiempo y la energía a los grupos de trabajo para que la metodología se lleve a cabo durante el arranque y la implementación.

Actividades del día a día de la planta, que provocan que los ingenieros pierdan el enfoque en las urgencias y descuiden las actividades de planeación a mediano y largo plazo.

### 3.5. Metas de información

Las metas de información a presentar están definidas por el Métrico de Inventario en costo y en cantidad de unidades.

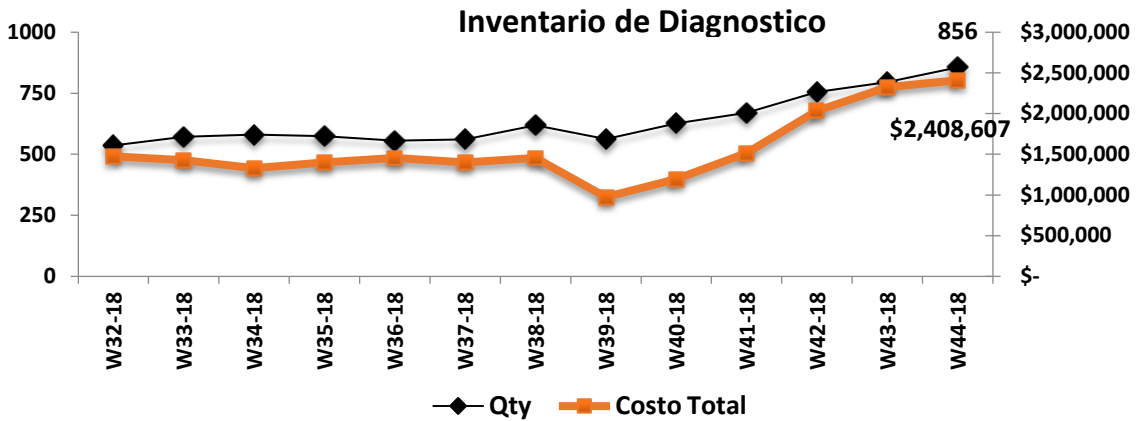


Figura 33. Métrico de unidades (Sanmina Corporation, 2019).

Es necesario llevar un métrico pareto por familia, para saber cuál es la tendencia a través del tiempo. Si las acciones que se definieron impactaron el métrico y redujeron el inventario. O si hubo alguna situación externa que incremento el Inventario y cuáles fueron las causas, para asignar actividades, responsables y reducir en consecuencia el inventario.

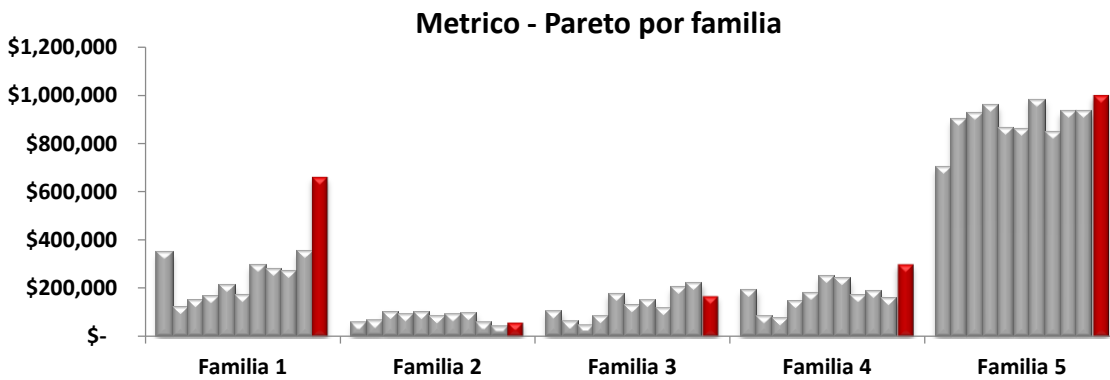


Figura 34. Métrico Pareto por familia (Sanmina Corporation, 2019).

Debe de existir una matriz de seguimiento donde se plasme el proyecto, la familia, el modo de falla la cantidad de unidades que registren ese mismo modo de falla y el costo total. Esto

va a permitir llevar un seguimiento puntual por modo de falla. El detalle de alto nivel debe de verse reflejado en base semanal como resultado de todas las M's .

#### 4. Exposición de hallazgos

##### 4.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición

La matriz de medición se dividió acorde al análisis de 6M's en 4 secciones:

- Herramental
- Career Plan
- Inventory and Controls
- Organization Chart

A cada sección y cada punto de medición se estableció un sistema de medición, los cuales son numéricos como la tabla 5 abajo descrita.

**Tabla 5**

##### *Medición numérica*

Type	Description	Sample
Herramental	Huntron Quantity	Equipments 1,2

Tabla 5. Muestra los métricos que les aplica la medición solo de números. (Sanmina Corporation, 2019).

**Tabla 6**

##### *Medición binaria*

Type	Description	Sample
Career Plan	Training plan for Debug position defined	Yes=100% No=0%

Tabla 6. muestra las mediciones binarias, es decir cumple o no cumple. (Sanmina Corporation, 2019).

**Tabla 7***Medición en porcentaje.*

Type	Description	Sample
	List of personnel with Matrix of courses taken and pending in percentage	10%, 60%

Tabla 7. Nuestra un ejemplo de puntos de control que deben medirse en porcentaje dependiendo del punto a cumplir. (Sanmina Corporation, 2019).

#### 4.2. Organización de la información obtenida

La información se ordenó acorde a las 6M's en 4 secciones

- Herramental.
- Plan de carrera.
- Inventario.
- Organización.

**Tabla 8***Métricos de herramientas.*

Type	Description	Sample	Qualification
Tooling	Huntron Quantity	Equipments 1,2	2
	Engineers to Develop Programs	Engineers 1,2	3
	Personnel Qualified to use the equipment	1,2,3	5
	Standard Debug station defined	Yes=100% No=0%	100%
	Master Debug station defined	Yes=100% No=0%	100%
	Standard Debug Stations Quantity	1,2,3,	35
	Master Debug Stations Quantity	1,2,3	3

**Tabla 8. Muestra los métricos que aplican a las herramientas. (Sanmina Corporation, 2019).**

**Tabla 9**

*Métricos de plan de carrera*

Type	Description	Sample	Qualification
Career Plan	Training plan for Debug position defined	Yes=100% No=0%	100%
	Training plan for FA Technician position defined	Yes=100% No=0%	100%
	Training plan for FA Engineer position defined	Yes=100% No=0%	100%
	Courses applied to Debug Technicians	10 of 30 equal to 33%	35%
	Courses applied to FA Technicians	10 of 30 equal to 33%	78%
	Courses applied to FA Engineers	10 of 30 equal to 33%	96%
	List of personnel with Matrix of courses taken and pending in percentage	10%, 60%	73%
	List of personnel according ranking and critical positions defined for shield	Yes=100% No=0%	100%
	Shield in progress	Yes=100% No=0%	100%
	Team Test-FA Engineers for design problems	1,2,3 NA	3
	Quantity of Analysis with customer	1,2,3,	4
	Cook Book Application Implemented	Yes=100% No=0%	100%
	Quantity of records in application Cook book	27, 42	27

Tabla 9. Muestra los métricos del plan de carrera para los 3 niveles de Diagnostico. (Sanmina Corporation, 2019).

**Tabla 10***Métricos de Inventario*

Type	Description	Sample	Qualification
Inventory and Controls	4Q Inventory, In out per week	Yes=100% No=0%	100%
	Database: Project, Quantity, \$, Aging	Yes=100% No=0%	100%
	4Q Efficiency	Yes=100% No=0%	100%
	4Q Effectiveness	Yes=100% No=0%	100%
	Priorities per Cost, Quantity, Aging	Yes=100% No=0%	100%
	3 Strike Implemented	Yes=100% No=0%	100%
	Improvement Projects Quantity	1,2,3	5
	Efficiency % Qualification	88%,96%	92%
	Efficacy % Qualification	88%,96%	94%
	Debug inventory Quantity	1,987	2,520
	Debug inventory Cost	\$ 750,000	\$ 3,277,993

**Tabla 10. Muestra los puntos de control para el inventario. (Sanmina Corporation, 2019).**

**Tabla 11***Métricos de Inventario*

Type	Description	Sample	Qualification
Organization Chart	Personnel Algorithm defined	Yes=100% No=0%	100%
	Personnel Algorithm Implemented % Advance	30%, 80%	76%
	Definition Second on Board For critical position	Yes=100% No=0%	100%
	Coordinator Structure	Yes=100% No=0% NA	NA
	Define Level Debug Technician	30%, 80%	80%
	Define Level FA Technician	30%, 80%	90%
	Define Level FA Engineer	30%, 80%	100%

**Tabla 11. Muestra los puntos de control para el personal. (Sanmina Corporation, 2019).**

### 4.3. Impacto de la estrategia en la organización

#### 4.3.1. Alineación con la estrategia general de la organización

El resultado de los puntos de control antes mencionados ayudó a la reducción de Inventario de unidades de diagnóstico.

Con la mejora de resultados, se logro incrementar el negocio de 2000 unidades por semana a 3,500 unidades, incrementando la inversión en activos fijos, apertura de nuevos puestos de trabajo desde nivel operario a nivel Ingeniería. En consecuencia promociones de personal con mejor desempeño. Incremento de la facturación, mejora de eficiencia operativa, y mejora de la economía en importaciones de materiales y exportaciones de producto final.

La mejora se describe a continuación:



Disminución del Inventario general en unidades de diagnóstico de 3517 que represento su pico máximo hasta 2236 unidades al cierre de la semana 18.

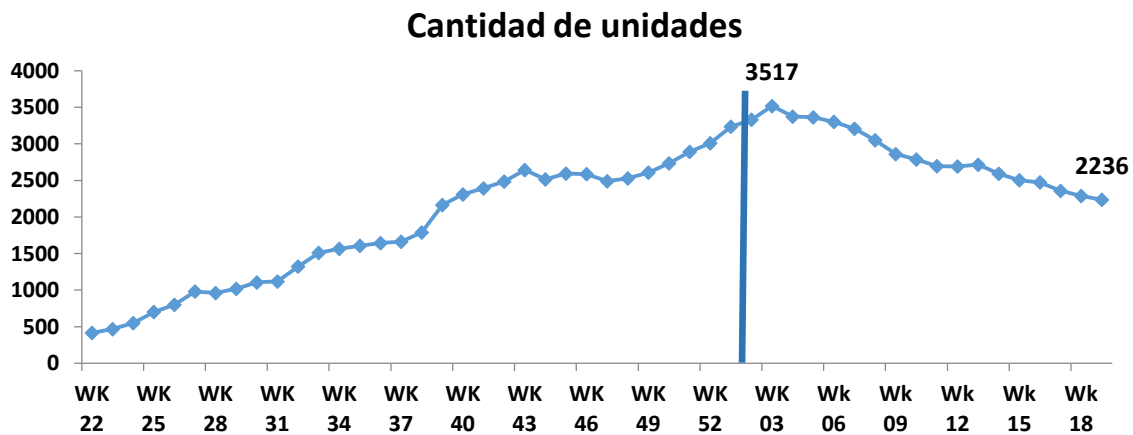


Figura 35. Métrico general de Inventario (Sanmina Corporation, 2019).

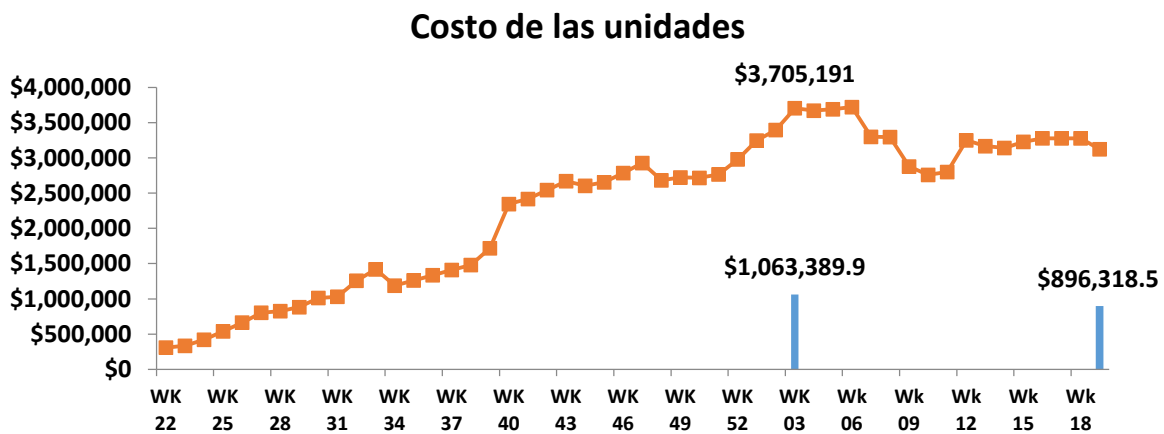


Figura 36. Métrico general de Inventario (Sanmina Corporation, 2019).

La figura 36 muestra la disminución de inventario de reservas de 1.06MUSD a .89M USD

Representa una reducción de 170K USD.

Las graficas de la figura 37, corresponden al comportamiento de las estaciones de Prueba en circuito y de funcionalidad.

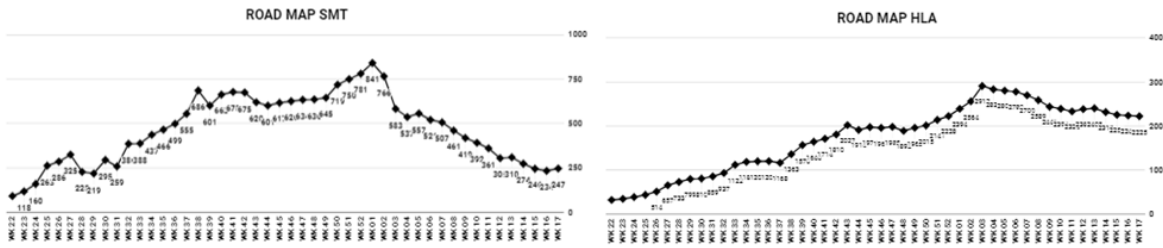


Figura 37. Registros de Entradas contra salidas (Sanmina Corporation, 2019).

La grafica de abajo representa la cantidad de entradas contra la cantidad de salidas en base diaria.

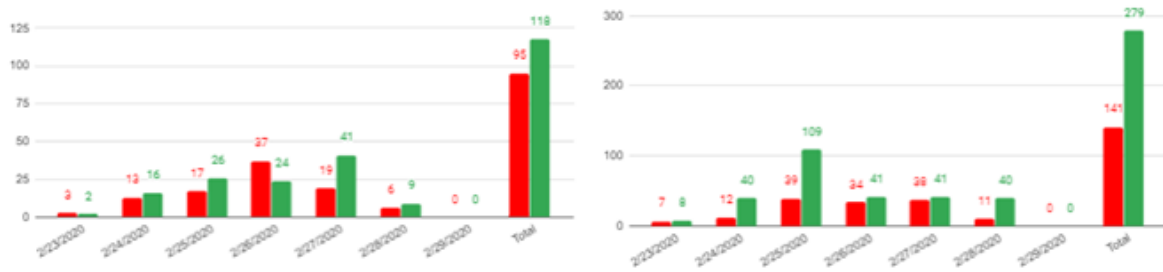


Figura 38. Registros de Entradas contra salidas base diaria (Sanmina Corporation, 2019).

Las graficas diarias permiten conocer en tiempo real cual es el comportamiento y si traemos reducción o incremento de inventario.

Esto da por resultado la grafica de la figura 39 en base semanal.

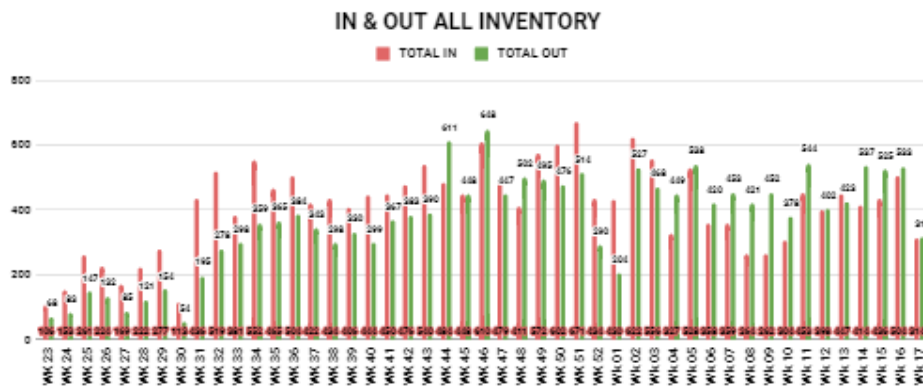


Figura 39. Registros de Entradas contra salidas base semanal (Sanmina Corporation, 2019).

Otro punto de control es el Inventario se realiza en base diaria a nivel número de serie, por localidad y por carro.

Tabla 12

Registro detallado del inventario

Posicion	CARRO A1	SERIAL
1	CARRO A1	SGD193901X1
2	CARRO A1	SGD194502X2
3	CARRO A1	SGD194503X3
4	CARRO A1	SGD194000X4
5	CARRO A1	SGD193908X5
6	CARRO A1	SGD194113C2
7	CARRO A1	SGD194712L1
8	CARRO A1	SGD193919B4
9	CARRO A1	SGD19461707
10	CARRO A1	SGD201538B8
11	CARRO A1	SGD194309V5
12	CARRO A1	SGD194502G2
13	CARRO A1	SGD194713C5
14	CARRO A1	SGD194112D5
15	CARRO A1	SGD194607G6
16	CARRO A1	SGD194503A9

Tabla 12. Muestra el inventario detallado de unidades. (Sanmina Corporation, 2019).

Tabla 13

Registros de entrenamiento

Type	Posición	Name	Boot Sequence description	Voltage Polarity identification	Traffic lines between Fabric / Front Panel	DPM Program size	FGPA Program size	PCI Program size	Step to validate traffic Classifier to Board & Board to chassis	CPLD Program size	Abboot Program size	Eos swi transfer Flash USB - Flash	Short Training	General Architect Description	Abboot Sequence description	DPMs	Boot Sequence description	Generate traffic from Supervisor or to KGU	Generate traffic from Supervisor or to KGU	PRB's traffic commands to validation	DPM Program size	420 FLOW	Agile	Path calculation	PITA	TOIS	Allegro	Acq / handling	
Line cards	Eng	Abraham R	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	NA	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Line cards	Debug Tech	Oscar T	50%	75%	75%	50%	50%	75%	50%	NA	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50%	75%	75%	75%	50%	75%	75%	75%
Line cards	Debug Tech	Jose A	75%	75%	75%	100%	75%	75%	75%	NA	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50%	75%	75%	75%	50%	75%	75%	75%
Line cards	Debug Tech	William M	50%	75%	75%	50%	50%	50%	50%	NA	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50%	75%	75%	75%	50%	75%	75%	75%
Line cards	Debug Tech	Hector E	50%	50%	75%	50%	75%	50%	50%	NA	NA	NA	75%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50%	75%	75%	75%	50%	75%	75%	75%
Line cards	Debug Tech	Luis B	75%	75%	100%	100%	75%	75%	100%	75%	75%	100%	75%	75%	75%	100%	NA	NA	NA	NA	NA	50%	100%	75%	75%	50%	75%	75%	100%

Tabla 13. Muestra el entrenamiento por ingeniero, por técnico, por familia de producto, en temas específicos del conocimiento. (Sanmina Corporation, 2019).

Para el proceso de cobro de unidades con problemas de diseño al cliente, es necesario llevar un registro de estas unidades.

Tabla 14

## Registro de 3 strikes

Description	WK 04	WK 05	WK 06	WK 07	WK 08	WK 09	WK 10	WK 11	WK 12	WK 13	WK 16	WK 17	WK 18
Total Units	81	101	115	183	204	229	258	287	302	346	447	471	507
Passed / Scrap before three strikes	15	15	18	27	37	51	60	64	72	82	148	148	177
Under debug process	66	86	97	156	167	178	198	223	230	264	299	299	330
First strike	54	74	85	138	145	151	169	191	192	220	261	282	293
Second strike	7	7	5	11	14	19	21	22	26	28	22	22	21
Thrid strike	5	5	7	7	8	8	9	10	11	16	16	16	16
Log Pass ICT	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	9	9	9
Approved													
3 Strikes						8	8	8	8	9	9	9	9

Tabla 14. Muestra el registro del seguimiento de unidades para cobro al cliente. (Sanmina Corporation, 2019).

Análisis de Pareto por los modos de falla registrados por el área de diagnóstico.

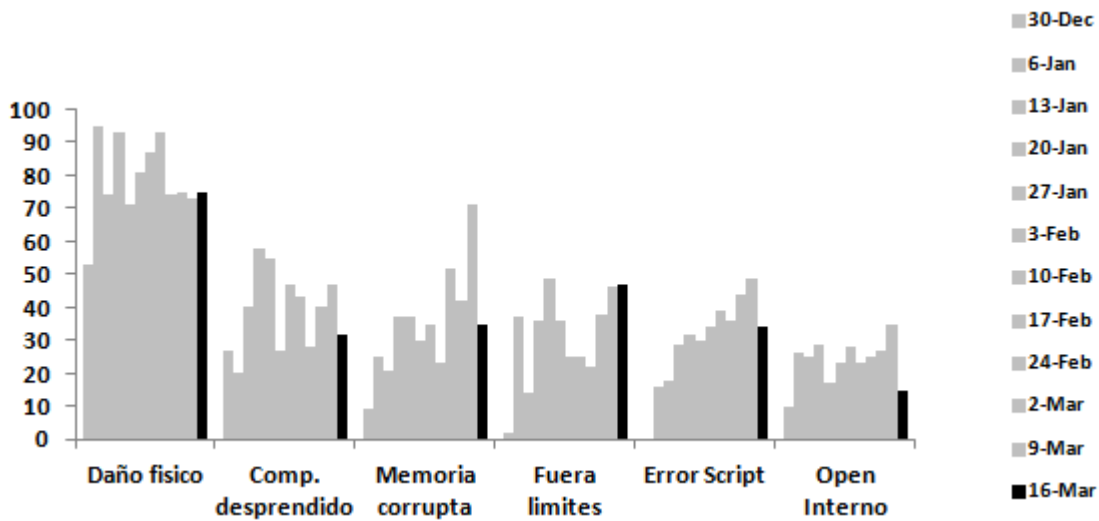


Figura 40. Grafica de Pareto por modo de falla (Sanmina Corporation, 2019).

Asignación de Proyectos de mejora, basado en el análisis de Pareto.

**Tabla 15***Proyectos de Mejora*

<b>Orden</b>	<b>Actividad o proyecto</b>	<b>Responsable</b>
1	Matriz de puntos pendientes cuidado y manejo de material	Luis G, Marcos V Adolfo R,
2	Unidad Crown corrupta	Emmanuel A
3	Falla de "Silicon Nails" Mezcla de Memorias diferente	Salvador R, Luis S
4	Proveedor Daños en chasis, unidades	Flor H, Luis R
5	pesadas extra grandes Pines sin soldar conectores	TBD
6	J4,J5,J8,J9	Salvador A., Luis R Isaac L, Horacio B,
7	Capacidad de reparación rápida, para reparar led's	Jorge S

---

Tabla 15. Muestra los proyectos de mejora para el proceso. (Sanmina Corporation, 2019).

**5. Discusión final****5.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia***5.1.1. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes*

Aunque es un tema complejo la implementación de metodologías y cambio de cultura, debido a las costumbres y hábitos que cada individuo tiene en su mente. Es necesario identificar y mejorar estos factores que ayuden a que la implementación de metodologías sea de manera expedita. Ya que en el proceso de manufactura electrónica los cambios son sorprendentemente más rápidos con respecto a otras Industrias y si no hay una reacción rápida, se corre el riesgo de perder el negocio y en consecuencia los efectos colaterales que conlleva, como la pérdida de empleo, reducción de maquinaria e infraestructura.

## **5.2. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso**

El poder transformar la mente de las personas desde la alta gerencia a nivel operativo, para poderles vender la idea que con esta metodología, es posible reducir el inventario de diagnóstico.

Dar a conocer la planeación del proyecto. Mostrarles el modelo, su entendimiento y aplicación. Los puntos de control, su implementación y posteriormente el sostenimiento de los registros de medición.

Es un proyecto excitante el ver como a través de esta metodología se gana la confianza de las personas dentro de la empresa, las ingenierías y el cliente final.

En consecuencia al incrementar la demanda, hay más trabajo, se abren nuevas fuentes de empleo a todos los niveles desde operativos hasta gerenciales. Más inversión, importaciones y exportaciones, por consiguiente ayuda a mejorar la economía del país.

Fui asignado a un proyecto de Telecomunicaciones que estaba incrementando su inventario de unidades con defecto a una razón de 100,000 dólares por semana en tiempo completo. Este proyecto me ayuda a implementar y vivir en la disminución del inventario a partir del 13 de enero de este año 2020. Como pueden observar el impacto en la semana 4, fue el cambio de tendencia en el inventario y su reducción. Esto implicó trabajar de entre 12 a 16 horas diaria y tener juntas y conferencias con las personas de tercer turno y fines de semana. A final de cuentas el resultado fue la disminución del inventario que el proyecto siga en Guadalajara y la satisfacción de haber logrado mantener el empleo de aproximadamente 450 familias.

## Bibliografía:

Biblioteca: Dr. Jorge Villalobos Padilla, S.J.

<https://biblio.iteso.mx/>

Sanmina, (2019), *Investor Relations, San Jose CA, EU*, recuperado de

<https://ir.sanmina.com/investor-relations/overview/default.aspx>

Sanmina Corporation, (2019), *Sanmina, San Jose CA, EU*, recuperado de

<https://www.sanmina.com/locations/>

Encyclopedia of Alabama, (2016), Olin King, *Huntsville, Alabama, EU*, recuperado de

<http://www.encyclopediaofalabama.org/article/h-1913>

Secretaría de Economía, (2010), *¿Para qué sirve el PIB?, México, DF*, recuperado de

<http://www.2006-2012.economia.gob.mx/economia-para-todos/tema-del-dia/6950-para-que-sirve-el-pib>

INEGI, (2019), *INEGI Producto interno bruto, Actividades secundarias, Mexico, DF*, recuperado de

<https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=PIB+actividades+secundarias#tabMCcollapse-Indicadores>

INEGI, (2019), *Industria Manufacturera, Personal ocupado, México, DF*, recuperado de

<https://www.inegi.org.mx/temas/manufacturas/>

Huntron, (2019), *Huntron, Custom Prober Systems, Mill Creek, Washington, EU*, recuperado de

<http://www.huntron.com/products/customsystems.htm>

Gutiérrez, H., (2010). *Calidad Total y Productividad*. México, Guadalajara, México: Mc Graw Hill

Socconini Pérez Gómez, L. V. (2020). *Lean six sigma green belt*.. Marge Books.

<https://elibro-net.ezproxy.iteso.mx/es/lc/iteso/titulos/172850>

Porter, M. E. (2015). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior* (2a. ed.). Grupo Editorial Patria.

<https://elibro-net.ezproxy.iteso.mx/es/lc/iteso/titulos/114080>

Stankalla, R., Koval, O., & Chromjakova, F. (2018). *A review of critical success factors for the successful implementation of Lean Six Sigma and Six Sigma in manufacturing small and medium sized enterprises*. *Quality Engineering*, 30(3), 453–468.

<https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.1080/08982112.2018.1448933>

Reato, C. & Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). *Lean Six Sigma: sistema de gestión para liderar empresas*. Marge Books.

<https://elibro-net.ezproxy.iteso.mx/es/lc/iteso/titulos/117568>

Marin, M., (2019). *La Transformación de la mente*. México, Guadalajara, México

Ramírez-Reyes, G. S., & Manotas-Duque, D. F. (2014). *Modelo de medición del impacto financiero del mantenimiento de inventario de suministros*. *Scientia et Technica*, 19(3), 251–260.

De la Cruz Rodríguez, M. I., Estrada Orantes, F. J., Díaz Mendoza, M., Estrada Saldaña, J. F., & Ríos Rodríguez, R. (2015). *Metodología para el mejoramiento continuo de procesos de manufactura, basado en lean sigma y aplicada al proceso de elaboración de arneses automotrices*. *Cultura Científica y Tecnológica*, 12(56), 94–106

Smith, Douglas, “Taking Charge Of Change: Ten Principles For Managing People And Performance”, Basic Books, 1997

Walter Stachú, S. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*.

El Cid Editor | apuntes. <https://elibro-net.ezproxy.iteso.mx/es/lc/iteso/titulos/31400>

Enríquez, C., Baena, N. A., Molina, J., Garay, J. F., Bull, K. G. G., Arroyo, R. R. M., & Valerio, J. G. P. (2015). *Reducción de piezas defectuosas en máquina de prensado de tablillas electrónicas aplicando herramientas de solución de problemas*. *Cultura Científica y Tecnológica*, 12(55), 83–95.



OPMANIS, R., KIKUSTS, P., & OPMANIS, M. (2016). *Root Cause Analysis of Large Scale Application Testing Results*. *Informática*, 27(4), 819–842. <https://doi-org.ezproxy.iteso.mx/10.15388/Informatica.2016.113>

## Índice de materias

### A

Análisis de 6M's, Pág. 20, 24, 29

### B

Bibliografía, Pág. 47

### C

Causa y efecto, Pág. 13

Control de Inventarios, Pag.26

Cronograma, Pag.36

### D

Diagrama de Problemas y causas, Pág. 19

### E

Equipo para análisis de falla, Pág. 17

Entrenamiento, Pág. 16

### F

Flujo de Manufactura, Pág. 7

Flujo de Proceso, Pág. 14

### I

Interacción de Departamentos, Pág. 15

**L**

Ley de la resistencia al cambio, pág. 37

**M**

Matriz de seguimiento, Pág. 39, 40, 41

Medición de impacto, Pág. 42,43,44

Metodología DMAIC, Pág. 21

Métrico y Pareto, Pág. 23, 37

Modelo de Diagnóstico, Pág. 32

Modelo de inventario y reservas, Pág. 8

**O**

Organigrama, Pág. 10

**P**

Producto interno Bruto (PIB), Pág. 11

Anexos