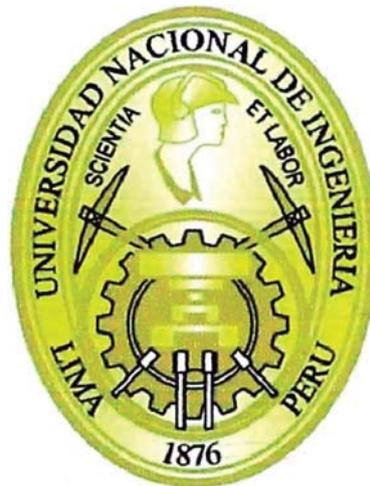


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



**MEJORA DE LOS ÍNDICES DE GESTIÓN MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS POKA YOKE EN UNA
FÁBRICA DE CONGELADORAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar al Título Profesional de

INGENIERO INDUSTRIAL

ANTONIO ELIO CASTRO PARDO

LIMA – PERÚ

2012

DEDICATORIA

Primero que todo a Dios,
por todas las bendiciones
que me da y me sigue dando.

A mis padres: Pablo y Carmen
por su aliento y soporte permanente,

A mis hermanos Paulo y Diego,
por su apoyo y preocupación constante

A mi mamita Emilia y mi tío Pepe
por sus esfuerzos y apoyo a la familia

Y de una forma especial, a mi mamita Rosa
que nos cuida desde el cielo,
por su fe y confianza en mi

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a mi alma mater
por haberme brindado la oportunidad
de recibir una formación
profesional de excelencia.
agradezco a mi asesor Adolfo Valencia
por su apoyo durante la elaboración
del presente informe.

INDICE

DESCRIPTORES TEMÁTICOS	V
RESUMEN EJECUTIVO	VI
INTRODUCCIÓN	VII
CAPÍTULO I : PENSAMIENTO ESTRATÉGICO	1
1.1 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL	1
• ORGANIZACIÓN.	1
• PRODUCTOS Y SERVICIOS	3
• CLIENTES.	3
• PROVEEDORES.	4
• PROCESOS.	4
1.2 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO	7
• VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA	7
• OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	7
• ANALISIS INTERNO Y EXTERNO: FODA	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 MANUFACTURA ESBELTA	10
2.2 POKA YOKE	14
2.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	19
2.4 OEE	22
2.5 MATRIZ DE SELECCIÓN POR FACTORES	28
2.6 REFRIGERACION DOMESTICA	30

CAPÍTULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES	33
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	33
3.2 DEFINICIÓN DE INDICADORES	37
3.3 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES CAUSAS	39
3.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	41
3.5 SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.	42
3.6 IMPLEMENTACION DE SOLUCIÓN SELECCIONADA	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1 RESULTADOS DE LA SOLUCION PLANTEADA	54
4.2 ANALISIS BENEFICIO COSTO	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
GLOSARIO	61
BIBLIOGRAFIA	62

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

LÍNEA DE ENSAMBLE

AISLAMIENTO TÉRMICO

MANUFACTURA ESBELTA

POKA YOKE

TPM

MEJORA CONTINUA

CONGELADORAS

CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene como objetivo explicar la implementación de Sistemas Poka Yoke para la mejora de los indicadores de productividad de una empresa metalmecánica que fabrica refrigeradores.

La metodología utilizada comprende la identificación y selección del problema; el análisis de las causas; la evaluación de alternativas de solución y la implementación de la solución seleccionada.

El problema identificado es el incremento de defectos por producto dentro del proceso de ensamble, lo que afecta a los principales indicadores de fábrica: Tasa de rework, expresada en horas de reproceso por unidad producida y el índice de OEE, para verificar la disponibilidad, la eficiencia y la calidad del proceso productivo.

La herramienta de Lean Manufacturing considerada para la solución de este problema esta representada por los Sistemas Poka Yoke, que se plantea para reducir y/o eliminar los errores durante el ensamble de congeladoras en los puestos críticos.

Entre los principales resultados conseguidos por dicha implementación tenemos: la reducción en un 25% de la cantidad de horas de reproceso y la mejora del indicador OEE de 66% a 72%, influido principalmente por la mejora del factor Calidad, que está relacionada directamente al problema de defectos en congeladoras ensambladas y cuya solución en los Sistemas Poka Yoke fue mejorada notablemente.

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo dar a conocer las propuestas de mejora e implementación de las mismas para reducir el nivel de defectos durante el proceso de ensamble de congeladoras.

En el primer capítulo, se muestra la descripción general de la empresa, el principal producto que vienen a ser los congeladores horizontales, los principales clientes y proveedores, así como también el organigrama de la empresa, finalizando este capítulo mostramos el proceso productivo de la empresa y el área donde será realizado el estudio: Línea de ensamblado.

En el segundo capítulo, se da el sustento teórico en los temas relacionados a este informe como son: Lean Manufacturing, Sistemas Poka Yoke; que viene a ser la metodología de la solución; los indicadores OEE y una breve reseña sobre refrigeración básica, para poder entender el proceso productivo y las características de los defectos. En la parte final de este capítulo, se muestra el análisis FODA de la empresa, donde se vislumbra la necesidad de implementación de herramientas Lean como parte de los objetivos estratégicos de la empresa.

En el tercer capítulo, se detalla la metodología desde la selección de problemas, análisis de causas, evaluación de alternativas de solución y la implementación de la solución, incluyendo un costo de implementación. Para nuestro caso, los indicadores a medir serian el OEE y la tasa de rework; y el detalle de la implementación del Sistema Poka Yoke en la línea de ensamble.

En el cuarto capítulo, se resumen los resultados logrados mostrando los indicadores OEE y tasa de rework, así como también un análisis beneficio costo del proyecto, que incluye como ingreso las pérdidas anuales que se reportaban por defectos, y en la inversión al personal de ingeniería y mantenimiento necesario, y los materiales necesarios para la implementación del mismo.

En el quinto capítulo, se muestran las conclusiones y recomendaciones del presente informe, que nos ayudaran a que los resultados mostrados al final del proyecto sean sostenibles en el tiempo, y de acuerdo al principio de la mejora continua, siempre encontraremos puntos por mejorar.

Este informe esta diseñado para poder ser guía de aplicación de Sistemas Poka Yoke en cualquier tipo de industria.

CAPITULO I

PENSAMIENTO ESTRATÉGICO

1.1 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

- **ORGANIZACIÓN.**

Empresa transnacional del rubro metalmecánico dedicada al diseño, fabricación y comercialización de congeladoras. Representante de dos marcas importantes de electrodomésticos en nuestro país.

Cuenta con una producción anual de 30,000 unidades de congeladores horizontales, del cual aproximadamente el 60% es para exportación a nivel Latinoamérica y el 40% para venta local.

Nuestra organización esta conformada por las siguientes áreas:

Gerencia de Ventas (Exportaciones, Ventas locales, Almacenes Producto Terminado).

Gerencia de Recursos Humanos (Capacitación, Selección y Reclutamiento).

Gerencia de Servicio Post Venta (Área técnica, Almacén Servicio Técnico)

Gerencia de IT (Soporte técnico, SAP)

Gerencia de Finanzas.

GERENCIA DE OPERACIONES

Supervisión de Logística (Almacenes insumos, Distribución, Recepción y control de insumos)

Supervisión de Producción (Mecánica, Pintura, Plásticos, Aislamiento, Línea de Ensamble).

Supervisión de Ingeniería Industrial, Mantenimiento y Matricería (Procesos, Mantenimiento, Matricería)

Para un mejor entendimiento de la estructura organizacional de la empresa podemos visualizar el Gráfico 1 a continuación.

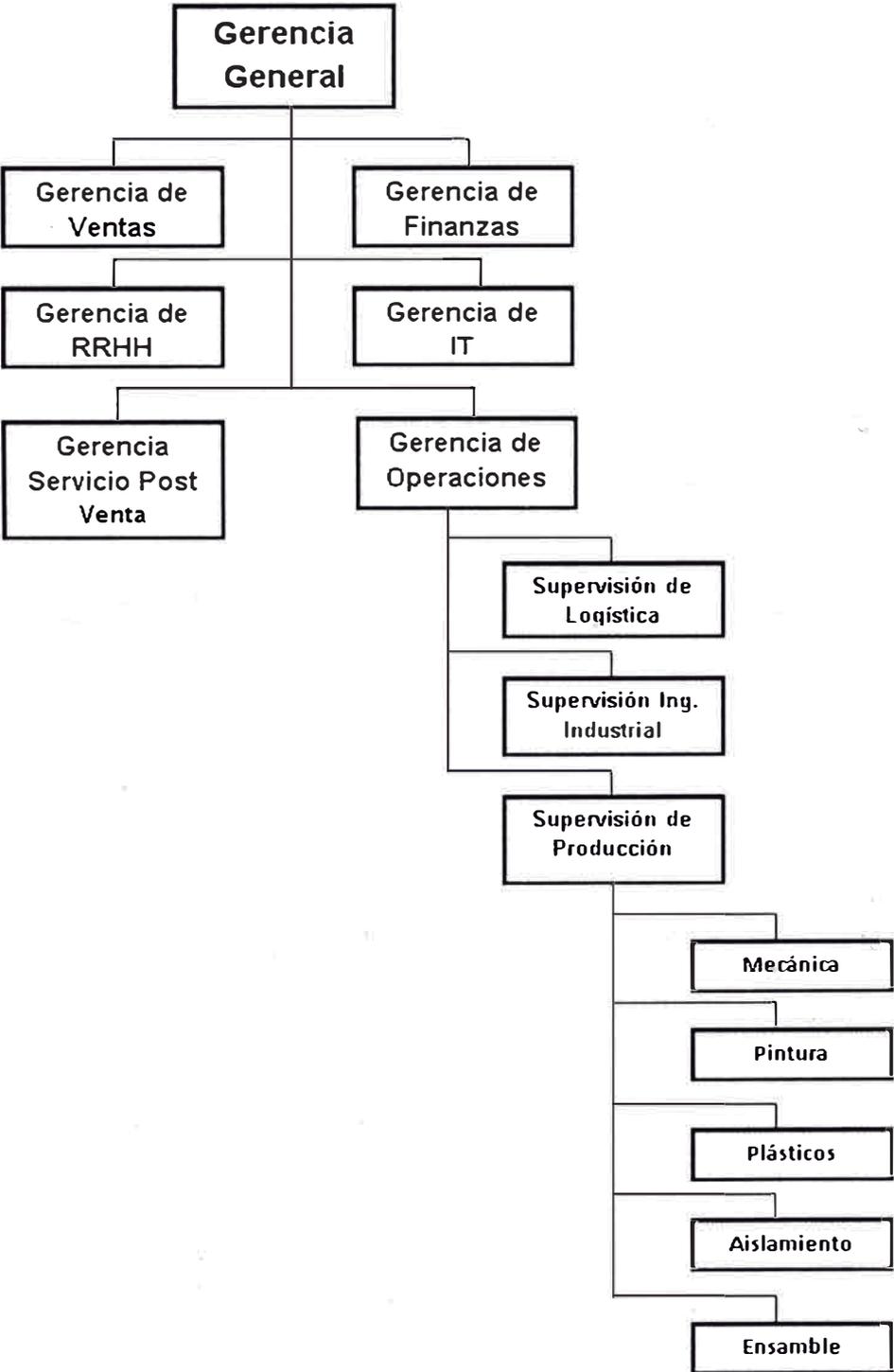


Gráfico 1
Organigrama de la organización.

- **PRODUCTOS**

Entre sus principales productos tenemos:

- Línea de congeladoras CH10 (Local)
- Línea de congeladoras CH 31(Exportación)

El producto principal que fabrica y comercializa son los congeladores horizontales, utilizados para tiendas, restaurantes y negocios.

Cuenta con una capacidad de 200 litros y posee puerta abatible sujeta por 2 bisagras metálicas. Posee iluminación interna desde la puerta y posee motorcompresor de acuerdo a la norma IEC de Electrodomésticos.

- **CLIENTES**

Entre nuestros principales clientes nacionales tenemos:

- Cadena de tiendas CARSA.
- Cadena de tiendas Ripley.
- Cadena de tiendas Saga Falabella.
- Cadena de Supermercados EFE.
- Cadena de tiendas La Curacao.
- Cadena de tiendas Electra.
- Cadena de tiendas Importaciones Hiraoka SAC
- Cadenas de tiendas mayoristas en provincias.

Una parte importante de la producción está dirigida al **mercado internacional** y su presencia se extiende a más de 5 países en la región, entre las cuales se encuentran:

- ECUADOR
- VENEZUELA
- BOLIVIA
- URUGUAY
- ARGENTINA
- COLOMBIA
- CHILE

- **PROVEEDORES.**

- Proveedores homologados por la corporación (bobinas de acero, motocompresores, condensadores, evaporadores, planchas prepintadas, componentes electrónicos)
- Proveedores locales (insumos químicos, piezas de tecnopor, gas refrigerante, componentes eléctricos, repuestos para máquinas)
- Proveedores foráneos no homologados por la corporación (Pintura electrostática, espumas, tornillos).
- Servicios (fabricación de anaqueles, tratamiento superficial a piezas metálicas internas)

- **PROCESOS.**

Nuestros procesos principales se pueden resumir en las siguientes fases:

- Mecánica
 - Corte de bobinas. Se cortan las bobinas en planchas de acuerdo a medidas establecidas para el producto que será procesado. Se apilan en parihuelas en grupos de 300 a 500 planchas, según requerimiento.
 - Conformado de envoltentes y puertas. Las planchas son transformadas en puertas o en envoltentes para gabinete (armazón de congeladoras)
 - Prensado de componentes metálicos. Se fabrican piezas pequeñas en prensas, desde planchas precortadas.
- Tratamiento superficial y pintura.
 - Tratamiento superficial. Se le aplica tratamiento superficial por aspersión a las piezas metálicas para retirar la grasa, adicionalmente se le aplica una capa de fosfato para protegerla de la oxidación y preparar la superficie para que pueda adherirse la pintura.
 - Pintado electrostático. Se le aplica pintura en una cabina de pintado electrostático, mediante pistolas que son alimentadas por tolvas. El material utilizado es pintura electrostática en polvo.

- Curado de pintura. Las piezas pintadas son curadas dentro de un horno por convección de aire caliente. De esta forma la pintura se “cura” sobre la plancha metálica.

Plásticos.

- Extrusión de planchas plásticas. Se fabrican las planchas blancas por medio de extrusión y laminado de plástico.
- Termoformado de tachos y contrapuestas. Las planchas extruídas son deformadas por medio de moldes calientes, lo que se llama proceso de termoformado. Los tachos son insumos para los gabinetes y las contrapuestas son insumos para el armado de puertas.
- Extrusión y armado de burletes. Se fabrican los burletes, que son las gomas con cinta magnética que ayudan a la hermeticidad en el cierre de puertas.

Aislamiento.

- Prearmado de gabinete. Se realiza el ensamble del conjunto: serpentín, tina, tapas y marcos de plástico, junto al envolvente de gabinete.
- Espumado de gabinete. Se realiza la inyección del material aislante (poliuretano) en el gabinete, que le brindará la característica de conservación del frío.
- Espumado de puertas. Se realiza la inyección del material aislante (poliuretano) en la puerta.

Ensamble y acabados.

- Instalación de circuito de refrigeración. Se realiza la instalación del condensador, motocompresor y las conexiones entre tuberías.
- Instalación de circuito eléctrico. Se realiza la instalación de los elementos eléctricos: panel de control, foco, relé, capacitor, etc.
- Preparación de puertas. Se realiza el preensamble de la puerta con las bisagras, y su posterior instalación en el gabinete.

- Colocación de accesorios y decoración. Se coloca la canastilla metálica, las etiquetas informativas y el manual, así como el cerrojo y seguro.
- Pruebas eléctricas, de fugas y de funcionamiento.
Se realizan las pruebas eléctricas: Aterramiento (capacidad de línea a tierra del artefacto), Hipot (fugas de corriente interna) y fugas de soldadura (verificación de fugas en puntos de soldadura de tuberías de motocompresor)
(Ver Gráfico 2)

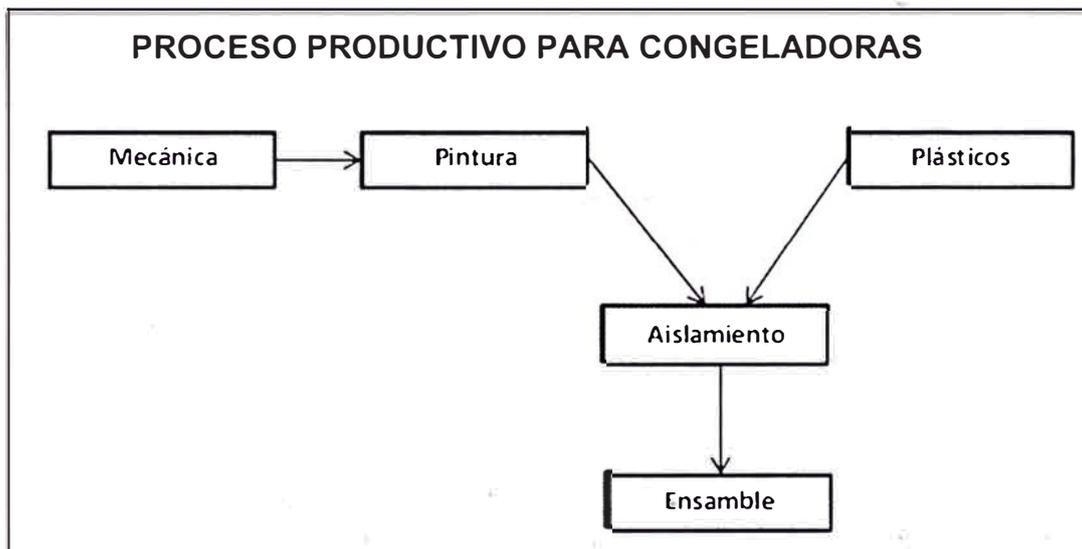


Gráfico 2. Proceso Productivo

1.2 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

MISION DE LA EMPRESA:

“La empresa es uno de los principales fabricantes de electrodomésticos en nuestro país y el mundo, que crea valor para sus clientes y sus accionistas”

VISION DE LA EMPRESA:

“Deseamos ser Benchmark -punto de referencia- de nuestro sector”

OBJETIVO ESTRATÉGICO

La empresa busca convertirse en el primer proveedor de electrodomésticos de los principales distribuidores del país y ocupar posiciones de liderazgo en los mercados de Latinoamérica teniendo como atributos: calidad máxima, diseño excepcional, excelente servicio y soluciones inteligentes para una vida más agradable.

ANÁLISIS INTERNO Y EXTERNO: FODA

FORTALEZAS.

F1: Solidez económica.

F2: Variedad en líneas de productos (importados y fabricados localmente).

F3: Cobertura nacional para servicio técnico.

F4: Productos de alta calidad – marca reconocida mundialmente.

F5: Soporte técnico por parte de la corporación.

F6: Recurso humano innovador y creativo.

F7: Recurso humano en puestos claves en Producción con experiencia.

F8: Precios competitivos.

OPORTUNIDADES:

O1: Innovación de productos a corto plazo.

O2: Implementación del Lean Manufacturing en todas las áreas de la empresa.

- O3: Capacitación constante a los trabajadores en Fábrica.
- O4: Incorporación de proveedores de insumos homologados.
- O5: Mayor parte de componentes es producido en su propia planta.
- O6: Expansión comercial a nivel Latinoamérica.

DEBILIDADES

- D1: No se realiza publicidad por medio televisivo.
- D2: Atraso en la entrega de productos terminados a los clientes
- D3: Paradas constantes de Fábrica.
- D4: Reclamos de clientes por productos defectuosos.
- D5: Altos tiempos de reproceso de productos.
- D6: Alto costo de scrap de insumos generados por el proceso productivo

AMENAZAS

- A1: Construcción de una planta de producción de la competencia
- A2: Reducción de precios de competidores coreanos debido a TLC.
- A3: Crisis europea puede traer problemas a la corporación.
- A4: Agresivo plan de marketing de otras marcas.
- A5: Parada de máquinas críticas por obsolescencia.

	FORTALEZAS F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8	DEBILIDADES D1,D2,D3,D4,D5,D6
OPORTUNIDADES O1,O2,O3,O4,O5,O6	F6-O2 : Capacitar personal operativo clave para implementar herramientas Lean Manufacturing (Poka Yoke, SMED, 5 Ss, Kanban, etc) F8-O6 : Abrir sucursales para venta de congeladores en mercados similares al nuestro en Latinoamerica	O2-D3 Implementacion de TPM para reducir las paradas O2-D4 Implementacion de herramientas Lean para reducir defectos (Poka Yoke)
AMENAZAS A1,A2,A3,A4,A5	F1-A5 : Renovacion de equipos criticos en Fabrica F3-A2 : Reforzamiento del servicio tecnico a nivel nacional como ventaja frente a productos coreanos.	D5-A2 Reduccion de sobrecostos por rework para ser mas competitivos (herramientas Lean) D6-A2 Reduccion del rework por medio de Herramientas Lean para ser mas competitivos

Cuadro 1. ANALISIS FODA.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MANUFACTURA ESBELTA

La Manufactura Esbelta incluye 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, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos.

El sistema de Manufactura Esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- Mejora continua: Kaizen
- La mejora consistente de Productividad y Calidad

OBJETIVOS DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

· Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

LOS 7 DESPERDICIOS

En todos los procesos y en todas las áreas existen desperdicios, por lo que debemos de trabajar conjuntamente a promover la mejora continua, enfocando nuestros esfuerzos, a la identificación y eliminación de desperdicios.

Para entender claramente el concepto "Desperdicio", se debe comprender el concepto de VALOR AGREGADO.

Valor agregado:

Son todos los procesos, operaciones o actividades productivas que cambian la forma, ajuste o función del producto para cumplir con las especificaciones / expectativas del Cliente. .

Es todo aquello que el Cliente esta dispuesto a pagar.

Después de revisar el concepto de Valor Agregado, debemos conocer y enseñarnos a identificar y eliminar desperdicios.

Desperdicio:

Es todo aquel elemento que NO AGREGA VALOR al producto, adicionando únicamente costos y/o tiempo. Es todo aquello que el Cliente NO ESTA DISPUESTO A PAGAR.

Un desperdicio es el SINTOMA del problema, no es la causa raíz.

1. La identificación y entendimiento del desperdicio son elementos clave para definir la causa raíz.
2. Para eliminar desperdicios, debemos de ser capaces de identificar los desperdicios.

1. Desperdicio por Movimientos:

Es cuando en los procesos de producción y áreas de servicio, los operarios tienen que realizar movimientos excesivos para tomar partes productivas, herramientas, o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.

2. Desperdicio por Transportación:

Excesivo movimiento de transportación de material, entre estaciones de trabajo, áreas de producción, bodegas, etc.

Grandes distancias entre operaciones o estaciones de trabajo.

Grandes distancias entre bodegas-terminales.

Los surtidores de material no tienen rutas, ni programas de surtido.

Bodegas en las áreas productivas o fuera de ellas.

Recorridos excesivos entre los puntos de recibo de material y los puntos de uso.

Control y Manejo de exceso de inventario.

3. Desperdicio por Corrección:

Todo aquel retrabajo, reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad; así mismo la escasa o lenta retroalimentación de problemas de calidad, sobreinspección como efecto de la contención de problemas en lugar de su eliminación en las estaciones de trabajo

Las reparaciones son vistas como un proceso aceptable dentro de los procesos.

Dispositivos a Prueba de Error poco efectivos. No se tiene una estandarización del trabajo realizado, provocando una variabilidad excesiva en el proceso.

Mantenimiento poco efectivo al equipo y/o herramienta.

4. Desperdicio por Inventario:

Exceso de materiales productivos y materiales industriales.

Mentalidad de producción en masa, baches o exceso de subensambles entre estaciones de trabajo.

Entrega/embarques ineficientes de materiales, subensambles o ensambles internamente y externamente.

Programas de producción no están coordinados entre procesos.

No se utiliza la fábrica visual para controlar el proceso, ejemplo: máximos y mínimos; marcado de estaciones, flujo de proceso, etc.

5. Desperdicio por Espera:

Tiempos muertos entre operaciones y/o estaciones de trabajo.

Espera para recibir soporte por problemas de equipo, información y/o materiales.

Baja efectividad del equipo (OEE) y paros excesivos de equipo (vehículos industriales, maquinaria, etc.).

Contenidos de labor desbalanceados.

Juntas indisciplinadas.

6. Desperdicio por Sobre-procesamiento:

Hacer más de lo requerido por las especificaciones/programación del producto.

Los estándares de producción son desconocidos o no son claros para los operadores.

Ejemplos: poner más sello del requerido, dar puntos o cordones de soldadura donde no son requeridos, pintar áreas que no son necesarias, ensamblar componentes no requeridos, sobre inspeccionar características no relevantes para el Cliente, etc.

La programación de producción es desconocida o no es clara para los operarios.

Ejemplo: Surten más material del requerido, almacenan material donde no es requerido, pintan áreas no necesarias, ocupan más equipo del requerido.

No se tienen ayudas visuales como soporte a los operarios.

7. Desperdicio por sobre-producción:

Hacer más de lo requerido por el siguiente proceso. Entregar más pronto de lo requerido por el siguiente proceso. Hacerlo más rápido de lo requerido por el siguiente proceso.

Pérdidas por operaciones o equipos "Cuello de Botella".

Se produce por lotes y no por secuencia.

Se descarga/surte por "críticos" y no por requerimientos.

Búsqueda de subensambles, materiales no almacenados o perdidos.

2.2 POKA YOKE (A PRUEBA DE ERRORES)

"Es bueno hacer las cosas bien la primera vez. Es aún mejor hacer que sea imposible hacerlas mal desde la primera vez." Anónimo

Antecedentes.

Hacia la década de 1970, los EEUU, empiezan a recibir una afluencia masiva de productos japoneses de mejor calidad y más baratos. Paralelamente, comienzan a perder el liderazgo en temas de calidad, pese a ser los mentores de la calidad moderna y de contar con nombres tales como Shewart, Deming, Juran y otros muchos muy reconocidos. Las razones de lo anterior se deben a una serie de factores que exceden el alcance de este artículo, pero uno de dichos factores, fue el uso en forma muy extendida de POKA-YOKES en las compañías japonesas, que de esta manera bajaron el índice de defectos y como consecuencia bajaron los costos.

La persona que perfeccionó la metodología POKA-YOKE fue el Ingeniero japonés Shigeo Shingo, hacia la década de 1960. La palabra perfeccionar cabe en este caso, porque el POKA-YOKE es un conocimiento milenario que el hombre común aplica en su vida cotidiana. En todo caso, el trabajo del ingeniero Shingo fue reunir y sistematizar ese conocimiento para poder aplicarlo al desempeño de una compañía.

¿Que significa Poka Yoke?

La frase POKA-YOKE viene del japonés y está formada por las palabras:

POKA: Evitar

YOKERU: Error inadvertido

La versión Occidental de la misma (Aunque yo particularmente NO la comparto) es:

APT: A Prueba de Tontos. Cuando digo que no la comparto, es porque creo que la gente no es tonta. Lo que sucede, en cambio, es que la gente comete errores porque los sistemas están diseñados para permitir que se cometan errores

Poka Yoke – Conceptos básicos.

Los sistemas Poka Yoke, están conceptuados en:

- Hacer que sea imposible el cometer errores
- Una técnica para eliminar los errores humanos y de operación
- Técnicas simples y efectivas para eliminar o al menos reducir los defectos y los errores que los producen
- Son herramientas para alcanzar la calidad cero defectos
- Mecanismo usado para evitar la ocurrencia de defectos o errores.

Defectos vs errores.

Debemos distinguir entre error y defecto, no se debe interpretar de igual manera, ya que existen diferencias entre ambas palabras.

Defectos son los resultados.

Errores son las causas de los resultados.

Ejemplos:

Error: No seleccionar el tiempo adecuado de horno.

Defecto: Pan quemado

Error: Usar un fechador sin tinta.

Defecto: Falta fecha en el producto.

Algunos tipos de errores humanos

- **Olvidos:** A veces olvidamos las cosas
- **Falta de entendimiento:** Se concluye algo erróneamente antes de conocer la situación
- **Errores en identificación:** A veces nos confundimos cuando vemos algo muy rápido.
- **Falta de experiencia:** Nos equivocamos por que no conocemos bien la situación
- **Errores voluntarios:** Ocurren errores cuando creemos que podemos ignorar las reglas
- **Errores inadvertidos:** Nos equivocamos sin darnos cuenta
- **Errores por lentitud:** Acciones lentas por retrasos en juzgar algo.
- **Falta de estándares:** Algunos errores ocurren cuando no hay instrucciones o estándares adecuados
- **Errores por sorpresa:** El equipo opera en forma diferente a lo esperado
- **Errores intencionales:** Intentos de sabotaje.

Ejemplos Cotidianos

Hogar:

- Auto apagado de cafeteras automáticas
- Frascos de pastillas con tapas a prueba de niños
- Despertador
- Tapa contactos eléctricos

Automóvil:

- Cinturones de Seguridad
- Bolsas de Aire
- Seguros de puertas a prueba de niños
- Luces de aviso/advertencia de falla del motor del automóvil

Trabajo:

- Alarmas y luces de advertencia
- Revisión de ortografía de procesadores de palabras

Causas de los errores

- Procedimientos incorrectos
- Variación excesiva en el proceso
- Variación excesiva en materia prima
- Dispositivos de medición inexactos
- Procesos no claros o no documentados
- Especificaciones no claras o incompletas
- Errores humanos mal intencionados
- Cansancio, distracción, etc.
- Falla de memoria o confianza

Relación entre defectos y tipo de poka yoke

¿Detiene el Proceso?	Detecta el Defecto	¿Automáticamente Separa?	Calidad y Confiabilidad	Tipo de Poka-Yoke	
NO	Antes de Producirse	Separa	1	OPTIMO	
NO	Después de Producirse	Separa	2		
SI	Antes de Producirse	Separa	3		
SI	Después de Producirse	Separa	4		
NO	Antes de Producirse	Avisa	5		
SI	Antes de Producirse	Avisa	6		
NO	Después de Producirse	Avisa	7		
SI	Después de Producirse	Avisa	8		PEOR

Cuadro 2. Defectos y tipos de poka yoke. Elaboración propia.

Diferentes tipos de Errores



Gráfico 3. Clasificación de errores

2.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El mantenimiento productivo total es una serie de técnicas para asegurar que máquinas o equipos del proceso de producción están siempre disponibles para realizar las tareas necesarias. Para lograr la implementación del MPT se requieren tres condiciones:

1. Involucrar de manera total a todos los empleados (personal de mantenimiento, gerentes, gente de calidad, etc.).
2. Ver la productividad total del equipo (OEE- Overall Equipment Effectiveness) enfocada en las grandes pérdidas de los equipos (por fallas de los equipos, setup, debidas a paros menores, por velocidad reducida, defectos de calidad y retrabajos, y por arranques). Es recomendable hacer esta medición por equipo.
3. Pensar en el ciclo de vida total del equipo para revisar los programas de mantenimiento y actividades de lubricación, ajuste y limpieza.

Fallas de mantenimiento

Existen 6 fallas en el área de mantenimiento que causan problemas en los equipos. Estas fallas deben ser eliminadas para tener siempre los equipos disponibles para su uso, y que puedan realizar las tareas que les son asignadas.

Falla 1: Equipo caído: Equipo no funciona.

Falla 2: Paradas menores: Tienen breve duración pero, al ser repetitivas, pueden causar problemas al final del día, semana o mes

Falla 3: Pérdidas de velocidad: Equipo que opera por debajo de su capacidad

Falla 4: Tiempos de set-up: Tiempo que consume la programación y cambios de modelos en la máquina, el cual debe contabilizarse como pérdida.

Falla 5: Scrap: Productos defectuosos causados por falla en los equipos.

Falla 6: Retrabajos: Productos que pueden ser reprocesados

Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es un elemento básico del Mantenimiento productivo total (TPM). Se pueden prevenir pérdidas del equipo relacionadas con paros, pérdidas de velocidad y defectos de calidad mediante el direccionamiento de condiciones anormales que trabajan con tales pérdidas: lubricación inadecuada o falta de ella, desgaste excesivo debido a la contaminación de la suciedad, pernos flojos o falta de estos, y muchas cosas más.

Pasos a seguir para la implementación del mantenimiento autónomo:

1. **Limpieza inicial.** Limpiar para eliminar polvo y suciedad principalmente; lubricar y apretar pernos, descubrir problemas y corregirlos.
2. **Eliminación de las fuentes de contaminación.** Prevenir la causa del polvo, suciedad, rebabas. Mejorar partes que son difíciles de limpiar y lubricar. Reducir el tiempo requerido para limpiar y lubricar.
3. **Estándares de limpieza y lubricación.** Establecer estándares que reduzcan el tiempo empleado en limpiar, lubricar y apretar especificar tareas diarias y periódicas.
4. **Inspección general.** Con la inspección manual se generan instrucciones; los miembros del equipo descubren y corrigen defectos menores del equipo.
5. **Inspección autónoma.** Desarrollar y emplear listas de chequeo para inspección autónoma.
6. **Organización y orden.**

Estandarizar categorías de control de lugares de trabajo individuales; sistematizar a fondo el control de mantenimiento:

- Estándares de inspección de limpieza y lubricación.
- Estándares de limpieza y lubricación.
- Estándares para registrar datos.
- Estándares para mantenimiento de piezas y herramientas.

7. **Mantenimiento autónomo.** Desarrollo de políticas y metas de la compañía. Incrementar actividades de mejora continua. Registrar resultados. Analizar MTBF (Mean Time Between Failure – tiempo promedio entre fallas) y MTTR (Mean Time To Repair – Tiempo promedio de reparación).

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento aparece alrededor de 1950 y se basa en inspecciones y actividades programadas, rutinas, inspecciones, lubricaciones, ajustes de partes, remplazo de partes usadas y reparaciones periódicas basadas en el tiempo y trata de anticiparse a las fallas y evitar que ocurran.

Consiste principalmente en un sistema manual o computarizado que contiene los siguientes puntos para su desarrollo:

1. Rutinas de mantenimiento.
2. Procedimientos estándar de mantenimiento.
3. Codificación de equipos.
4. Ordenes de trabajo.
5. Programación de órdenes de trabajo.
6. Administración de refacciones.
7. Costos y presupuestos para las actividades de mantenimiento.
8. Indicadores de desempeño.
9. Capacitación.

Los resultados que se obtienen con el mantenimiento preventivo es mantener el nivel de funcionamiento requerido en los equipos e instalaciones, prolongar la vida útil y minimizar las fallas imprevistas.

2.4 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) / EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO

Este tipo de medición es una de las partes medulares de la implementación del Mantenimiento productivo total (MPT) y es la forma de medir la efectividad de cada uno de los equipos de la planta, utilizando para este efecto 3 parámetros:

1. Disponibilidad.
2. Desempeño. (Performance)
3. Calidad.

El OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.

La ventaja del OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Tener un OEE de, por ejemplo, el 40%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, sólo ha producido 40.

Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

Sus inicios son inciertos aunque parece ser que fue creado por Toyota. Hoy en día se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias alrededor del mundo.

CALCULO DEL OEE

El OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Clasificación de evaluación del OEE

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.

OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

La OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual. Finalmente, la OEE es la métrica para cumplimentar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

La OEE considera 6 grandes pérdidas:

1. Paradas/Averías
2. Configuración y Ajustes
3. Pequeñas Paradas
4. Reducción de velocidad
5. Rechazos por Puesta en Marcha
6. Rechazos de Producción

Las dos primeras grandes pérdidas, Paradas/Averías y Ajustes, afectan a la Disponibilidad. Las dos siguientes Grandes Pérdidas; Pequeñas Paradas y Reducción de velocidad, afectan al Rendimiento y las dos últimas Grandes Pérdidas afectan a la Calidad.

DISPONIBILIDAD

Incluye:

 Pérdidas de Tiempo Productivo por Paradas.

 Pérdidas de Tiempo debidas a configuración y ajustes.

La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (Tiempo Planificado de Producción: TPO) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan Paradas Planificadas

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100$$

donde:

TPO= Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO= TPO - Paradas y/o Averías

La Disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

EFICIENCIA

Incluye:

Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas.

Pérdidas de velocidad por reducción de velocidad.

La eficiencia resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

Siendo:

Capacidad Nominal, Machine Capacity, Nameplate Capacity, Ideal Run Rate, Theoretical Rate: Es la capacidad de la máquina/línea declarada en la especificación (DIN 8743). Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a Rendimiento Ideal (Máximo / Óptimo) de la línea/máquina. Se mide en Número de Unidades / Hora En vez de utilizar la Capacidad Nominal se puede utilizar el Tiempo de Ciclo Ideal.

Tiempo de Ciclo Ideal, Ideal Cycle Time, Theoretical Cycle Time: Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

Tiempo de Ciclo Ideal = 1 / Capacidad Nominal

El valor será siempre el referido al producto final que sale de la línea.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de velocidad (breakdowns). Se mide en tanto por 1 o tanto por ciento del ciclo real o capacidad real con respecto a la ideal.

Rendimiento = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / N° Total Unidades)

ó

Rendimiento = N° Total Unidades / (Tiempo de Operación x Velocidad Máxima)

La eficiencia es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

CALIDAD

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

Pérdidas de Calidad, igual al número de unidades malas fabricadas.

Pérdidas de Tiempo Productivo, igual al tiempo empleado en fabricarlas la unidades defectuosas.

Y adicionalmente, en función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

Tiempo de reprocesado.

Coste de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

$$\text{N}^\circ \text{ de unidades Conformes Calidad} = Q = \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades Conformes}}{\text{N}^\circ \text{ unidades Totales}}$$

Las unidades producidas pueden ser Conformes, buenas, o No Conformes, malas o rechazos. A veces, las unidades No Conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades Conformes. La OEE sólo considera Buenas las que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse Rechazos, es decir, malas.

Por tanto, la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas retrabajadas o desechadas.

La Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

CALCULO DEL OEE			
DISPONIBILIDAD			
A.	Tiempo total disponible		480 min
B.	Tiempo planeado de paro:		80 min
C.	Tiempo de Neto Disponible A – B		420 min
D.	Perdida por Paros:	Frec	Tiempo perdido
a.	N de fallas	3	30 min
b.	N cambios y ajustes	3	84 min
c.	Paros menores	17	26 min
	Subtotal Perdida por paros		140 min
E.	Tiempo de Operación: C – D		280 min
F.	Porcentaje de disponibilidad de Equipo: (tiempo operación / tiempo neto disponible) x 100 (E/C)x100		66.67%
EFICIENCIA DE DESEMPEÑO			
G.	Produccion (piezas buenas y malas)		1680 piezas.
a.	Capacidad de producción		2400 piezas.
H.	Tiempo del ciclo ideal (tiempo disponible / capacidad) C / a.		0.175 min/ piezas
I.	Eficiencia del desempeño ((Tiempo del ciclo ideal x producción) / tiempo disponible) x100		70%
RAZON DE CALIDAD			
J.	Numero total de defectos (rechazadas)		17 piezas.
K.	Razon de Calidad ((Cantidad procesada – defectos)/ cantidad procesada)x 100 (G – J/G)x100		98.99%
OEE			
L.	Efectividad total de los equipos : (% Disponibilidad x Eficiencia del desempeño x Razon de Calidad x 100) (F x I x K x 100)		46.19%

CUADRO 3. Fuente: Alberto Villaseñor, Conceptos y reglas de Lean Manufacturing, 2008

2.5 MATRIZ DE SELECCIÓN POR FACTORES.

Las matrices de selección y evaluación de problemas son arreglos de filas y columnas donde las primeras constituyen las alternativas (problemas, causas, soluciones) que requieren ser jerarquizadas y las columnas los múltiples criterios que conviene utilizar en la selección. La utilidad del análisis a través de matrices reside en que ayuda a los grupos de trabajo a tomar decisiones mas objetivas, cuando se requiere tomarlas sobre la base de criterios múltiples. Se pueden diferenciar tres tipos de matrices.

- Matriz de selección o jerarquización de problemas.
- Matriz de jerarquización de causas.
- Matriz de selección o jerarquización de soluciones.

Fases de la técnica de matrices de evaluación y selección: los pasos que se siguen para utilizar una matriz de evaluación y selección son los siguientes:

- Definir las alternativas que van a ser jerarquizadas. Estas alternativas pueden estar referidas a problemas, causas o soluciones.
- Definir criterios de evaluación: en este caso es importante asegurar que todas las personas involucradas en la selección entiendan de igual forma, el significado de cada criterio. El utilizar ejemplos ayuda a homogenizar el significado de los criterios definidos.
- Establecer el peso para cada uno de los criterios: todos los criterios no tienen la misma importancia. En este caso, es necesario definir el peso que tienen cada uno de los criterios con los cuales se evalúan las diferentes alternativas. Para esto, lo más recomendable es repartir los criterios definidos, un número de puntos de acuerdo a una escala dándole puntuación más alta a aquel que se considere más importante.
- Podrán haber más criterios que de no cumplirse para alguna alternativa, esta no podrá ser seleccionada, aunque sea la que mayor cumpla con todos los demás criterios. Cuando ello sucede, será necesario evaluar todos los renglones en relación al criterio o los criterios que

necesariamente se deben cumplir, descartando de una vez las alternativas que no cumplan con dichos criterios.

- Construir la matriz de evaluación: en este paso tiene como objetivo, construir un arreglo de filas y columnas, donde se muestren las alternativas a evaluar, los criterios y el peso de cada uno de los criterios.
- Definir la escala de gradación de cada criterio: lo ideal es tratar de definir una escala numérica donde se evalúen las alternativas en relación a los criterios. Cuando no se a posible cuantificar la escala de gradación de los criterios, podrá aplicarse una gradación cualitativa (poco normal, mucho, etc. O deficiente, regular, bueno, excelente), asignando para efectos de calculo un valor a cada nivel.
- Valorar cada alternativa en relación a cada criterio: en este paso, el objeto es evaluar en que grado las alternativas cumplen con los criterios definidos, utilizando la escala establecida en el paso anterior. El resultado, se debe anotar en las casillas correspondientes.
- Puntuación definitiva y jerarquización: para completar este paso se requiere: multiplicar el valor obtenido en el paso anterior por el peso de cada criterio. De esta forma, cada alternativa recibe una puntuación diferente por cada criterio. Sumar los puntos obtenidos por cada alternativa para obtener la puntuación total de cada una de ellas. Ordenar las alternativas en orden decreciente de la puntuación total obtenida.

2.6 REFRIGERACION DOMESTICA – CONGELADORES HORIZONTALES

Los congeladores horizontales, tipo cofre o arcón, venían siendo los más habituales en el uso doméstico. Tienen mayor capacidad de almacenamiento de alimentos pero son incómodos de usar ya que resulta difícil encontrar cada alimento una vez abiertos al no llevar apenas equipamiento de organización interior. Tienen mayor rendimiento y eficiencia energética por lo que son perfectos para guardar comida durante períodos más prolongados de tiempo. Ocupan mucho espacio por su diseño tipo mesa, de poca altura pero mucha base.

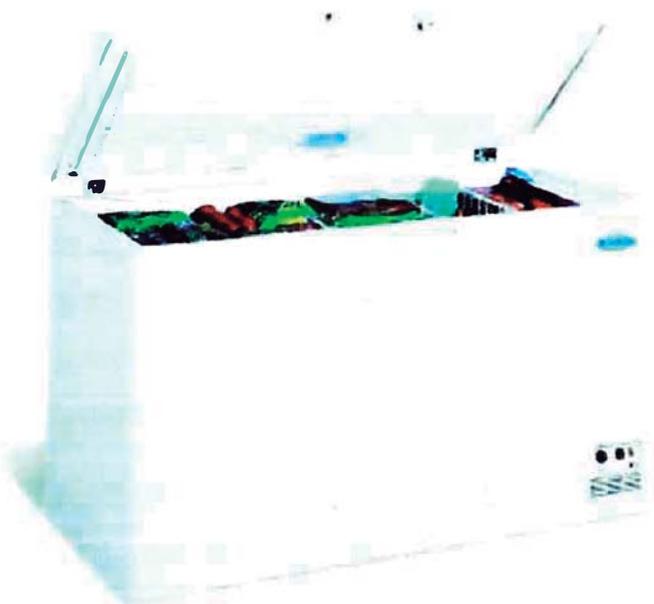


Gráfico 4. Congelador

La refrigeración es un proceso termodinámico, donde se extrae el calor de un cuerpo o espacio (bajando así su temperatura) y llevarlo a otro lugar donde no es importante su efecto. Los fluidos utilizados para extraer la energía cinética promedio del espacio o cuerpo a ser enfriado, son llamados refrigerantes, los cuales tienen la propiedad de evaporarse a bajas temperaturas y presiones positivas.

Un sistema de refrigeración se emplea para mantener cierta región del espacio a una temperatura menor que la de su entorno. El fluido de trabajo puede permanecer en una sola fase (refrigeración por gas) o puede aparecer en dos fases (refrigeración por compresión de vapor). Es común asociar la refrigeración con la conservación de alimentos y acondicionamiento de aire en los edificios. No obstante, las técnicas de refrigeración se necesitan en muchas otras situaciones. Como son el empleo de combustibles líquidos para la propulsión de cohetes, el oxígeno líquido para la fabricación del acero, el nitrógeno líquido para la investigación a temperaturas bajas (criogenia), y para técnicas quirúrgicas y el gas natural licuado para transporte intercontinental son solo algunos ejemplos de los muchos que la refrigeración es esencial.

Según la Segunda Ley de la Termodinámica, una de las cosas que esta ley nos dice es que el flujo de energía entre dos sistemas es unidireccional, desde el sistema de mayor temperatura al de menor temperatura, entonces el objeto frío se calentará y el objeto caliente se enfriará. No crean que el refrigerador viole esta ley. Un refrigerador lo que hace es que, mediante un gas refrigerante, extrae el calor del cuerpo que queremos enfriar.

Los refrigeradores usan gas refrigerante. Un gas refrigerante tiene un alto calor latente de evaporación, es decir, puede absorber gran cantidad de calor.

En este ciclo de refrigeración el refrigerante se evapora y se condensa alternadamente para luego comprimirse en la fase de vapor. Está compuesto por 4 procesos:

- Compresión isentrópica en un compresor.
- Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

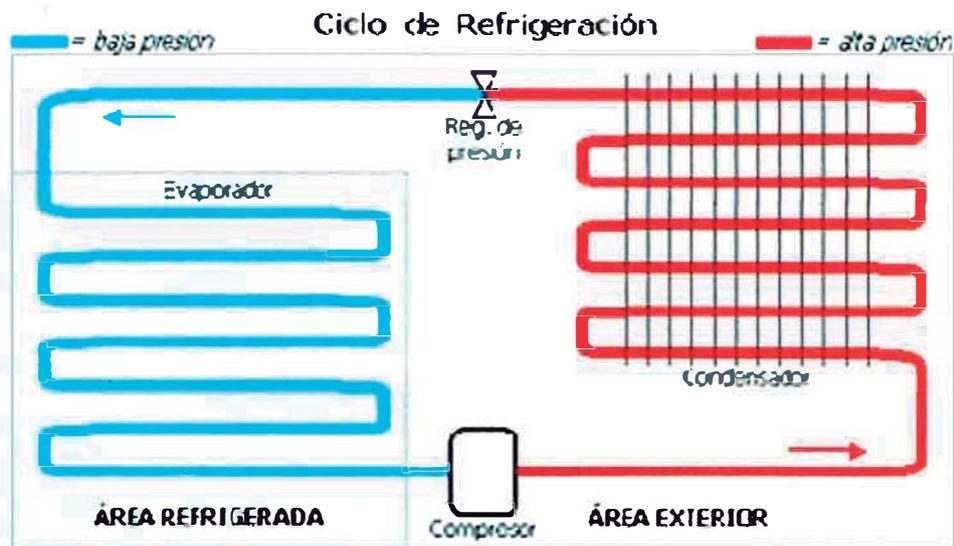


Gráfico 5. Ciclo de refrigeración

De acuerdo a los procesos anteriores, el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica, hasta un valor muy superior al de la temperatura del medio circundante. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado del rechazo de calor hacia los alrededores. El refrigerante líquido saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasarlo por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. El refrigerante entra al evaporador en el estado 4 como vapor húmedo de baja calidad y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor completando el ciclo.

CAPÍTULO III

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Se utilizara los siguientes pasos:

- Definición del problema.
- Identificación de indicadores.
- Identificación de posibles causas.
- Posibles soluciones.
- Implementación de mejora.

3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Para la determinación del problema principal se usó información recogida de las líneas de producción, de las diferentes áreas: Mecánica, Pintura, Plásticos, Aislamiento y Ensamble. Los problemas mencionados se clasificaron de acuerdo a su frecuencia y su incidencia en el proceso productivo.

En la determinación del problema principal se realizó una serie de encuestas a las personas con mas experiencia en la empresa: Gerente de Fábrica, Supervisor de Producción, Supervisor de Ingeniería Industrial, Supervisor de Logística, Jefe de Procesos, Jefe de Mantenimiento, Jefes de Producción de las diferentes áreas (Mecánica, Pintura, Plásticos, Aislamiento y Ensamble), Coordinadores de planta y 8 operarios antiguos. Una vez reunidos se realizo una tormenta de ideas para identificar los principales problemas que se encuentran en la fábrica, existen casos donde las ideas son repetitivas pero son mencionadas de diferentes formas.

Esta metodología de tormenta de ideas para la generación de los problemas fue decidida en consideración al criterio de juicio experto del personal involucrado, considerando la experiencia adquirida dentro de su labor en Fábrica.

3.1.1 Tormenta de ideas.

- Incremento de horas de reproceso por retoque.
- Incremento de horas de reproceso por recuperación técnica.
- Aumento de scrap en productos terminados.
- Paradas de línea por falla de faja transportadora y/o herramientas neumáticas.
- Paradas por fallas en red de aire comprimido (compresores y/o tuberías).
- Falta de insumos.
- Insumos defectuosos.
- Cambios constantes de programación.
- Paradas por falla de sistema (modulo de código de barras o energía estabilizada).
- Ausencia de personal.
- Abastecimiento inoportuno de insumos y componentes.
- Preensambles dañados por mal uso de dispositivos.
- Documentación de control no adecuada y/o compleja.
- Exceso de inventario en procesos.
- Falta de inducción de operarios nuevos en puestos.
- Falta de coordinación entre áreas.
- Falta de especificaciones en puestos claves.
- Errores en ensamble de componentes eléctricos (110v por 220v y viceversa).
- Componentes defectuosos de procesos previos.
- Información histórica de indicadores no resulta en planes de acción.
- Falta de componentes en productos terminados.

- Preensambles dañados por desconocimiento de operación.
- Gabinetes y puertas espumadas chatarreados por componente eléctrico dañado.

3.1.2 Diagrama de afinidad

Se consolidan las ideas bajo conceptos generales para determinar los problemas principales. Siguiendo este criterio tenemos los siguientes grupos de problemas principales:

ALTA CANTIDAD DE DEFECTOS EN PRODUCTOS ENSAMBLADOS.

- Incremento de horas de reproceso por retoque.
- Incremento de horas de reproceso por recuperación técnica.
- Aumento de scrap en productos terminados.
- Insumos defectuosos.
- Preensambles dañados por mal uso de dispositivos.
- Falta de especificaciones en puestos claves.
- Errores en ensamble de componentes eléctricos (110v por 220v y viceversa).
- Componentes defectuosos de procesos previos.
- Falta de componentes en productos terminados.
- Preensambles dañados por desconocimiento de operación.
- Gabinetes y puertas espumadas chatarreados por componente eléctrico dañado.

PROBLEMAS RELACIONADOS A MANTENIMIENTO

- Paradas de línea por falla de faja transportadora y/o herramientas neumáticas.
- Paradas por fallas en red de aire comprimido (compresores y/o tuberías).

PROBLEMAS RELACIONADOS A PLANEAMIENTO Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Cambios constantes de programación.
- Paradas por falla de sistema (modulo de código de barras o energía estabilizada).
- Ausencia de personal.
- Abastecimiento inoportuno de insumos y componentes.
- Exceso de inventario en procesos.
- Falta de insumos.
- Falta de coordinación entre áreas.
- Información histórica de indicadores no resulta en planes de acción.
- Documentación de control no adecuada y/o compleja.
- Falta de inducción de operarios nuevos en puestos.

3.1.3 MATRIZ DE SELECCIÓN POR FACTORES

Se utiliza para este medio de evaluación los siguientes factores, con los siguientes pesos:

CRITERIOS DE SELECCIÓN		P.P.
F	Facilidad para ser solucionado. 1. difícil 3. normal 5. fácil	2
A	Afecta a otras áreas 1. nada 3. algo 5. Si	1
C	Esta relacionado con la calidad de los productos 1. poco 3. medio 5. Bastante	5
T	Tiempo que implica solucionarlo 1. largo plazo 2. mediano plazo 3. corto plazo	4
I	Requiere de inversión solucionarlo 1. alto 3. media 5. Baja	6
S	Perjudica la Seguridad Industrial 1. poco 3. medio 5. mucho	3

Cuadro 4. Matriz de criterios de selección.

Fuente : Elaboración propia.

De acuerdo a estos valores, se elabora la siguiente tabla de selección de problemas:

FACTIS SELECCIÓN DEL PROBLEMA

N	Descripción del Problema	F	A	C	T	I	S	TOTAL
A	Alta cantidad de defectos en productos ensamblados.	2	5	25	8	18	15	73
B	Falta de mantenimiento preventivo	6	5	15	8	18	9	61
C	Falta de planificación y gestión de la información	2	5	6	4	18	2	37

Cuadro 5. Matriz de puntuación para selección de problemas.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor puntuación por cada factor determina que el problema principal es ALTA CANTIDAD DE DEFECTOS EN PRODUCTOS ENSAMBLADOS.

DEFINICION DEL PROBLEMA

Definimos ALTA CANTIDAD DE DEFECTOS EN PRODUCTOS ENSAMBLADOS al número de defectos detectados en las unidades que son terminadas en la línea de ensamble.

Estos defectos están clasificados según el tipo de reproceso que necesitan: Reproceso de retoque, reproceso por funcionalidad y reproceso por falla técnica (sistema de refrigeración o sistema eléctrico).

3.2 DEFINICION DE INDICADORES

Actualmente en el proceso productivo, se esta trabajando con el indicador OEE (Overall Efectiveness Equipment); utilizado convencionalmente para medir la eficiencia y eficacia de los equipos; en nuestro caso, se realiza una extensión de su uso, ampliando su alcance para controlar y hacer seguimiento a todo un proceso fabril. La ventaja del OEE frente a otros índices es que mide en un único indicador, todos los parámetros

fundamentales en un proceso industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

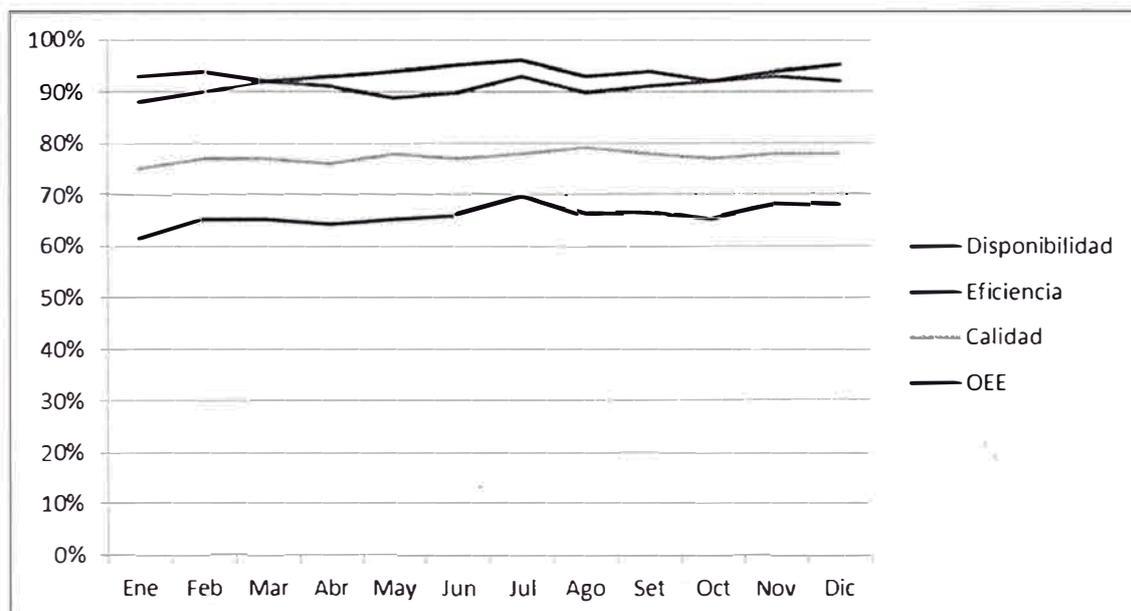
Presentamos información de la evolución del OEE entre los meses de enero a diciembre del año 2011, mediante lo cual podemos observar una razón constante del OEE, caracterizado por la incidencia del factor Calidad.

Factor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Disponibilidad	88%	90%	92%	91%	89%	90%	93%	90%	91%	92%	93%	92%	
Eficiencia	93%	94%	92%	93%	94%	95%	96%	93%	94%	92%	94%	95%	
Calidad	75%	77%	77%	76%	78%	77%	78%	79%	78%	77%	78%	78%	
OEE	61%	65%	65%	64%	65%	66%	70%	66%	67%	65%	68%	68%	66%

Cuadro 6. Evolución de indicador OEE 2011

Fuente: Elaboración propia

EVOLUCION OEE (ENERO – DICIEMBRE 2012)



Cuadro 7. Grafica de la evolución de OEE 2011

Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración que: $OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$, podemos decir que los valores de Calidad entre 70% y 80%, afectan de forma importante en el valor total OEE, que se muestra entre 60% y 70%; tomando en cuenta que los valores de Disponibilidad y Eficiencia están

bordeando los 90%. Esto confirma que el principal problema vendría a ser un alto índice de defectos en productos terminados.

Como un indicador adicional, podemos mencionar la tasa de rework (reproceso), que corresponde a la cantidad de horas que se utilizan para reprocesar las congeladoras que son detectadas al final de la línea de ensamble. Cuyo promedio anual ha sido de 0.16 horas rework / máquina ensamblada.

Estas horas de reproceso incluyen:

- Reparación de sistema de refrigeración.
- Reparación de sistema eléctrico.
- Retoque de acabados. (Pintura)

SECCION	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Unds prod (A)	2183	1916	2531	2180	2217	1387	2350	2450	2464	2749	2691	2296	27414
Horas rework Ensamble (B)	384	313	432	376	330	236	337	354	395	383	396	384	4319
Tasa B/A	0.18	0.16	0.17	0.17	0.15	0.17	0.14	0.14	0.16	0.14	0.15	0.17	0.16

Cuadro 8. Evolución de indicador tasa de rework.

Fuente: Elaboración propia

3.3 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES CAUSAS

Para poder determinar de una mejor manera las posibles causas usaremos el diagrama causa – efecto, llamado comúnmente Diagrama de Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado. Ver Gráfico 6.

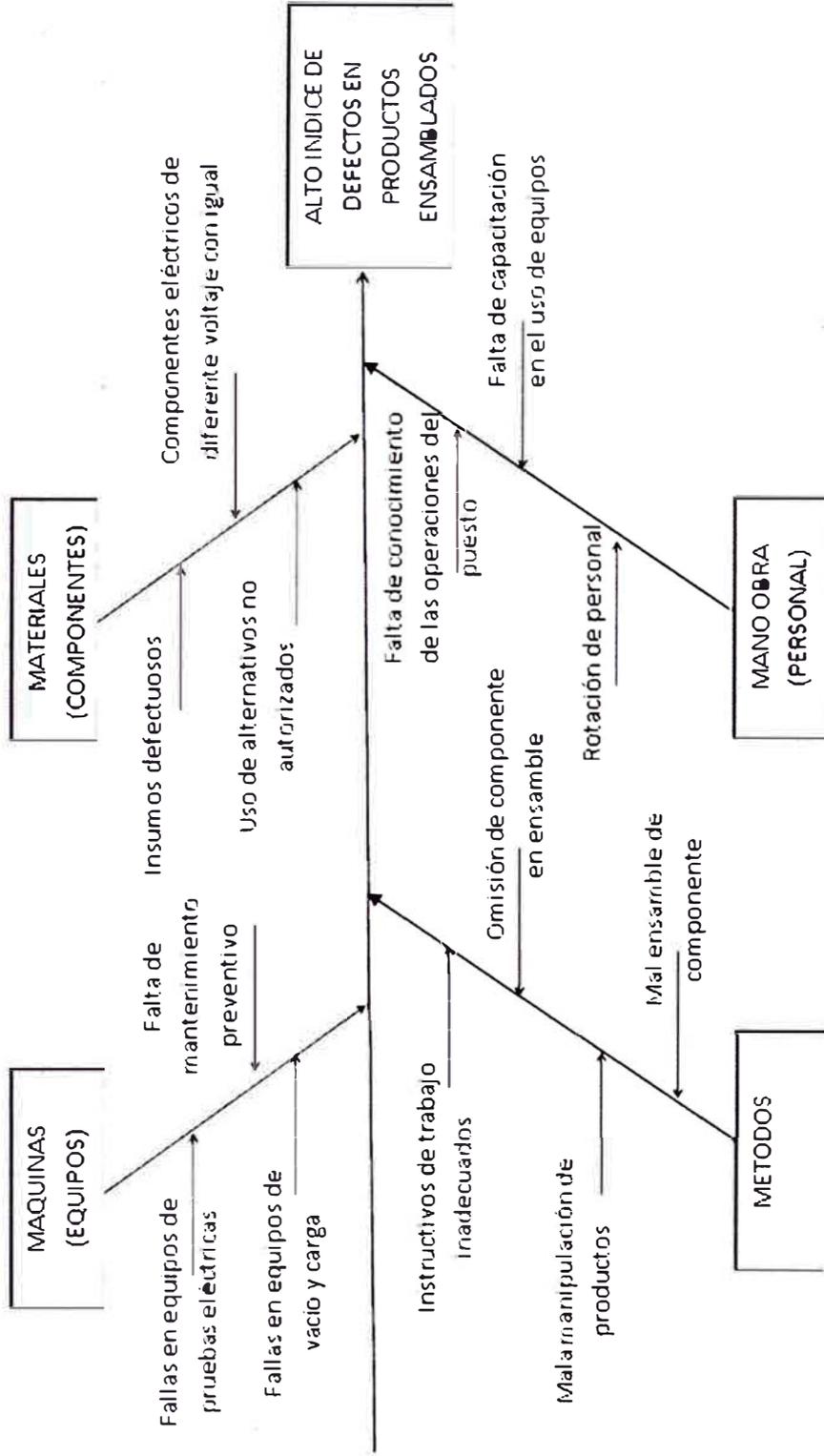


Gráfico 6. Análisis de causa efecto para defectos en productos ensamblados

Las causas principales que se observan en el diagrama previo son:

- Ensamble erróneo de un componente por otro.
- Mal ensamble de componente.
- Omisión de componente en ensamble.
- Mala manipulación de productos.
- Instructivos de trabajo inadecuados.
- Fallas en equipos de vacío y carga.
- Fallas en equipos de pruebas eléctricas y de fuga.
- Personal operativo no cumple con las instrucciones de trabajo.

3.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para cada causa se tiene una causa raíz y una alternativa de solución:

N	CAUSA	CAUSA RAIZ	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
1	Ensamble erróneo de un componente por otro.	Error del operario	Sistema Poka Yoke
2	Mal ensamble de componente.	Error del operario	Sistema Poka Yoke
3	Omisión de componente en ensamble.	Error del operario	Sistema Poka Yoke
4	Mala manipulación de productos.	Error del operario	Sistema Poka Yoke
5	Instructivos de trabajo inadecuados.	Error del personal de Ingeniería	Documentación de procesos
6	Fallas en equipos de vacío y carga.	Falta de mantenimiento preventivo	TPM
7	Fallas en equipos de pruebas eléctricas y de fuga.	Falta de mantenimiento preventivo	TPM
8	Personal operativo no cumple con los instructivos de trabajo	Error del operario	Sistema Poka Yoke

Cuadro 9. Cuadro de evaluación de causas y propuestas de solución.

Fuente: Elaboración propia

3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Para determinar la mejor alternativa de solución se hará uso de la matriz FACTIS, que nos ayudara a determinar mediante criterios definidos por promedios ponderados previamente definidos por juicio experto:

CRITERIOS DE SELECCIÓN		P.P.
F	Facilidad para ser implementado 1. difícil 3. normal 5. fácil	2
A	Afecta a otras áreas 1. si 3. algo 5. Nada	1
C	Mejora la calidad de los productos 1. poco 3. medio 5. Bastante	5
T	Tiempo de implementación 1. largo plazo 2. mediano plazo 3. corto plazo	4
I	Magnitud de la inversión para implementación 1. alto 3. media 5. Baja	6
S	Beneficia a la Seguridad Industrial 1. poco 3. medio 5. Mucho	3

Cuadro 10. Criterios de selección de soluciones.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a estos valores se elabora la siguiente tabla de selección de alternativas de solución

Matriz FACTIS para selección de alternativas de solución:

N	Descripción de alternativa de solución	F	A	C	T	I	S	TOTAL
A	Implementación de Sistemas Poka Yoke	6	5	25	8	18	15	77
B	Implementación de TPM (Mantenimiento preventivo total)	10	5	15	8	18	9	65
C	Revisión de documentación de procesos	10	5	5	12	30	2	64

Cuadro 11. Matriz de puntuación de soluciones.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIÓN SELECCIONADA: SISTEMA POKA YOKE EN LÍNEA DE ENSAMBLE.

Para esta solución, seguiremos la siguiente metodología:

3.6.1 Descripción del defecto

Entre los principales defectos tenemos:

N	DEFECTOS	Cantidad (Ene - Dic 2011)	% DEFECTOS CONGELADORAS ENSAMBLADAS
1	CABLE CHICOTERIA ABIERTO	4026	26.20%
2	VACIO Y CARGA INADECUADO	2180	14.19%
3	SOCKET DEFECTUOSO	1845	12.01%
4	LAMPARA QUEMADA	1509	9.82%
5	CABLE DE LINEA CON FUGA Y/O CRUCE	1342	8.73%
6	CABLE DE LINEA ABIERTO	1174	7.64%
7	OBSTRUCCIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS EN CONDENSADOR	1006	6.55%
8	OBSTRUCCIÓN POR TUBO CAPILAR (FUNDIDO)	838	5.45%
9	FUGA POR TUBO CAPILAR - EVAPORADOR	671	4.37%
10	OTROS	775	5.04%
	TOTAL DEFECTOS	15366	100.00%

Cuadro 12. Información histórica de defectos en congeladoras 2011

Fuente: Elaboración propia.

%

DEFECTOS CONGELADORAS ENSAMBLADAS

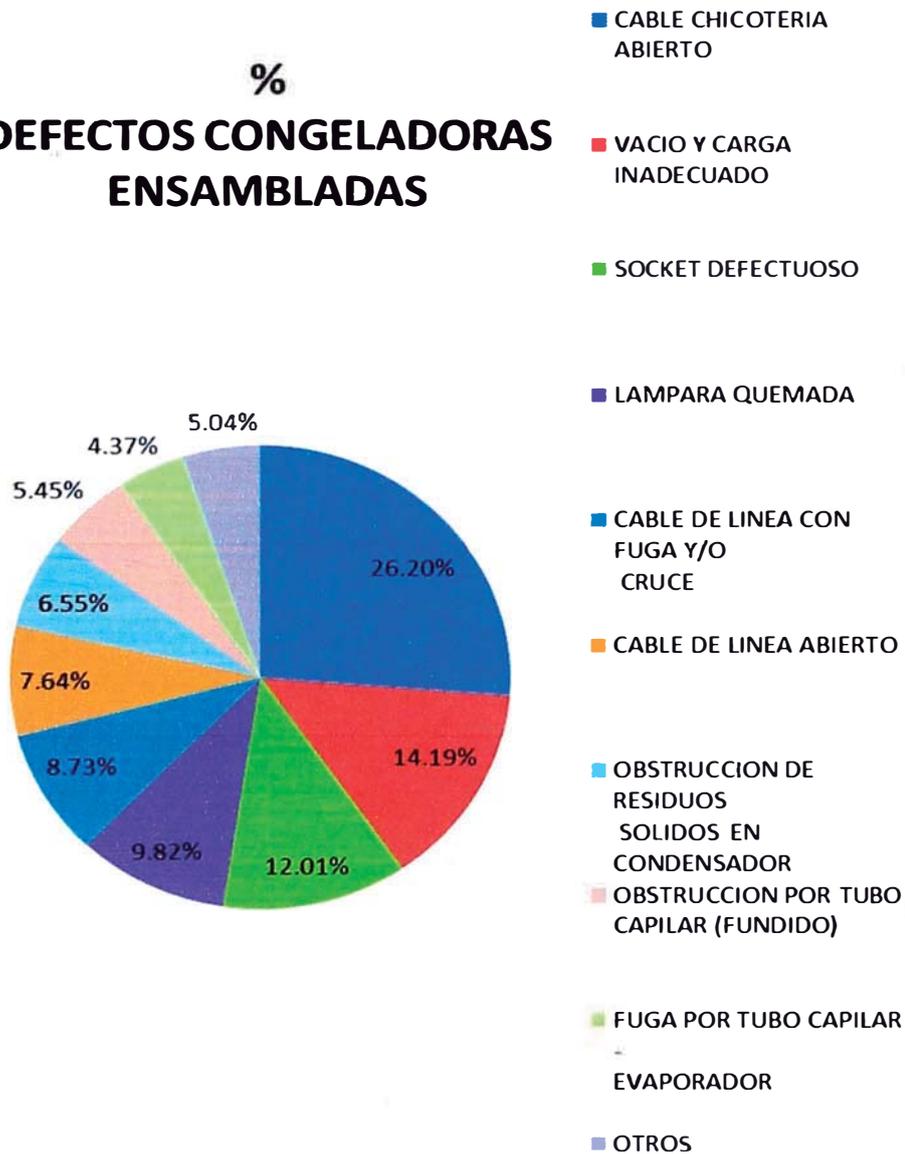


Gráfico 7. Defectos por porcentaje en congeladores 2011

Del cuadro anterior, brindamos una breve explicación de cada defecto:

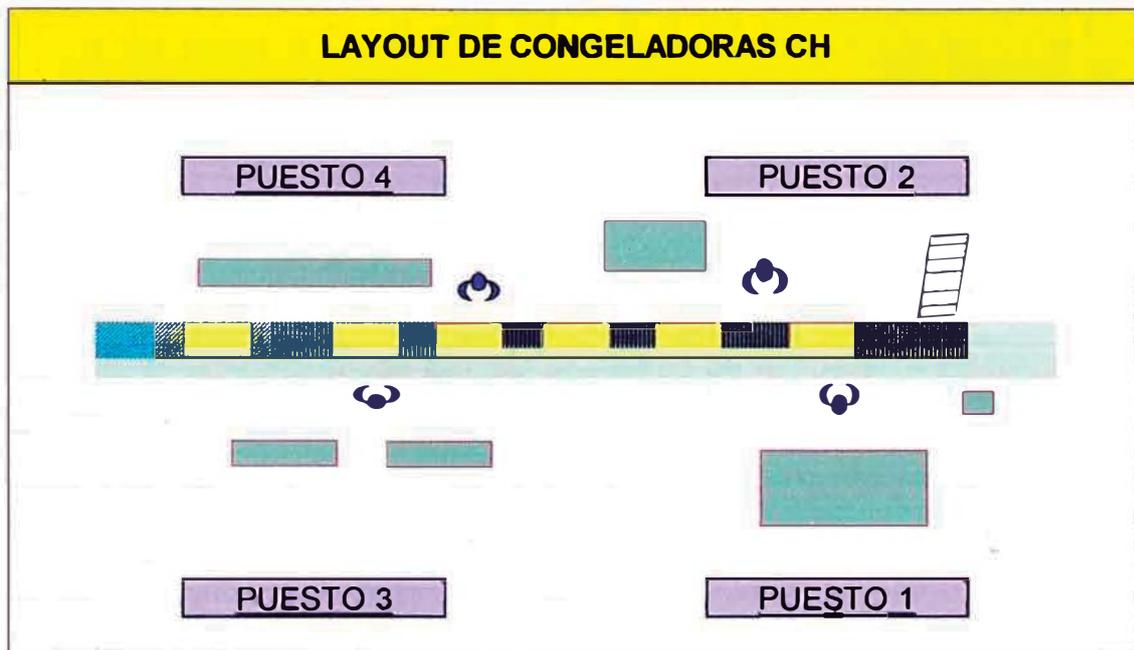
- a. Cable chicotería abierto: Es el cable que conecta el panel de control con el motocompresor, el relé y los capacitores. Se refiere abierto a que esta roto o cortado internamente en alguna parte de su longitud. Resultado: No enciende el panel de control.
- b. Vacío y carga inadecuado: Se refiere al vacío que se realiza al circuito de refrigeración por medio de una bomba de vacío, y a la carga de refrigerante que se realiza sobre este error. Resultado: El congelador no enfría.
- c. Socket defectuoso: Se refiere al accesorio donde se coloca el foco. Resultado: El foco no enciende.
- d. Cable de línea con fuga o cruce: Se refiere al cable para conectar al tomacorriente domestico (conocido como enchufe) que internamente tiene fuga eléctrica o cruce eléctrico. Resultado: Congelador hace cortocircuito.
- e. Cable de línea abierto: Se refiere al mismo cable mencionado, pero que esta cortado o quebrado internamente. Resultado: No enciende el congelador al ser enchufado en el tomacorriente domestico.
- f. Obstrucción de residuos solidos en el condensador: Se refiere a la presencia de partículas dentro del condensador. Resultado: Ensucia el circuito de refrigeración interna, demora en enfriar la congeladora.
- g. Obstrucción por tubo capilar fundido: Se refiere a un defecto por exceso de material de soldadura que bloquea la sección del capilar. Resultado: No circula refrigerante, congelador no enfría.
- h. Fuga por tubo capilar – evaporador: Se refiere a un defecto de soldadura que no rellena la unión entre capilar y evaporador. Resultado: Fuga de gas refrigerante, el congelador en el tiempo aumentara su tiempo para congelar.

N	DEFECTOS	Fuente	Causa	Lugar de Deteccion	Tipo de POKA YOKE	Comentario
1	CABLE CHICOTERIA ABIERTO	Puesto de conexiones electricas	Mal ensamble de cable chicoteria	Pruebas electricas y de fuga de gas	Deteccion sin contacto	
2	VACIO Y CARGA INADECUADO	Puesto de carga y sellado	Asignacion inadecuado de carga de refrigerante	Prueba de F uncionamiento	Deteccion sin contacto	
3	SOCKET DEFECTUOSO	Almacen de insumos	Insumo defectuoso por proveedor	Prueba de F uncionamiento	Deteccion de contacto	
4	LAMPARA QUEMADA	Puesto de armado de puerta	Ensamble erroneo de lampara de 110v en lugar de 220v	Prueba de F uncionamiento	Deteccion de contacto	
5	CABLE DE LINEA CON FUGA Y/O CRUCE	Almacen de insumos	Insumo defectuoso por proveedor	Pruebas electricas y de fuga de gas	Movimiento predeterminado	
6	CABLE DE LINEA ABIERTO	Puesto de conexiones electricas	Mal ensamble de cable de linea	Pruebas electricas y de fuga de gas	Deteccion sin contacto	
7	OBSTRUCCION DE RESIDUOS	Almacen de insumos	Insumo defectuoso por proveedor	Prueba de F uncionamiento	Deteccion de contacto	
8	SOLIDOS EN CONDENSADOR	Puesto de soldado de tuberias	Mal proceso de soldado	Prueba de F uncionamiento	No aplica (Depende de habilidad y experiencia de operario)	Se realizara entrenamiento periodico
9	OBSTRUCCION POR TUBO CAPILAR (FUNDIDO)	Puesto de soldado de tuberias	Mal proceso de soldado	Pruebas electricas y de fuga de gas	No aplica (Depende de habilidad y experiencia de operario)	Se realizara entrenamiento periodico

Cuadro 13: Analisis de causas y poka yokes por defecto.

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Identificación del poka yoke por puesto de trabajo



PUESTO 1: COLOCACION E INSTALACIÓN DE MOTORES

PUESTO 2: PREPARACION DE PUERTAS

PUESTO 3: SOLDADO DE TUBERIAS, VACIO Y CARGA DE REFRIGERANTE

PUESTO 4: INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y DECORACIÓN

DEFECTO 1: CABLE CHICOTERIA ABIERTO.

CAUSA: Insumo denominado cable chicotería (cableado interno), tiene una quebradura o rotura interna, que le resta continuidad para activar los controles eléctricos.

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Pruebas Eléctricas, al final del ensamblado.

REPROCESO: Incluye desarmado de congeladora ensamblada y pérdida del gabinete.

POKA YOKE PROPUESTO: Antes de la instalación se instalara un probador de continuidad, que consistirá en un circuito con dos borneras y una señal

luminosa que permitirán saber que el cable chicotería este en perfectas condiciones. Adicionalmente, el contenedor de los cables chicotería tendrá un sensor de proximidad, que estará interconectado con el probador y con la faja transportadora, si no pasa por la secuencia, la faja transportadora no avanzara.

DEFECTO 2: VACIO Y CARGA INADECUADA.

CAUSA: El operario puede asignar una carga de refrigerante inadecuada al circuito de refrigeración de la congeladora, por lo cual puede ser insuficiente o sobrecargado, alterando el ciclo de enfriamiento de la congeladora.

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Prueba de Funcionamiento, al final del ensamblado.

REPROCESO: Incluye descarga de refrigerante y barrido de tubería interna de congelador, además de la recarga y sellado final.

POKA YOKE PROPUESTO: Antes de la carga de refrigerante, se programara en el tablero de carga de refrigerante una opción en la pantalla para ingresar la carga de refrigerante correcta, previa lectura de código de barras del motocompresor, si no se realiza esto, el sistema del cargador no funcionara.

DEFECTO 3: SOCKET DEFECTUOSO

CAUSA: Insumo denominado socket, viene con defecto interno que produce falso contacto cuando es colocado el foco.

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Prueba de funcionamiento, al final del ensamblado.

REPROCESO: Incluye cambio de puerta inyectada y pérdida del socket.

POKA YOKE PROPUESTO: Antes de la instalación se instalara un probador de continuidad, que consistirá en un circuito con dos borneras y una señal luminosa que permitirá saber que el socket este en perfectas condiciones.

Adicionalmente, el contenedor de los sockets tendrá un sensor de proximidad, que estará interconectado con el probador y con la faja transportadora, si no pasa por la secuencia, la faja transportadora no avanzara.

DEFECTO 4: LAMPARA QUEMADA

CAUSA: Existen productos con focos 220v y 110v, siendo ambos insumos idénticos, siendo la diferencia una inscripción minúscula. El proveedor no puede cambiar porque somos un cliente pequeño a comparación de su volumen de ventas. El operario confunde ambos focos, y cuando hay cambio de lote, suele haber confusión de colocar foco de 110 v en congeladores de 220v, provocando que se queme.

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Prueba de funcionamiento, donde el foco se quema.

REPROCESO: Incluye cambio de puerta inyectada y pérdida del socket y foco.

POKA YOKE PROPUESTO: En cada contenedor de focos 110v y 220v se instalara un sensor de proximidad que estará conectado con el pocket que lee los códigos de barra de los motocompresores de la congeladora, de este modo enviara una señal si hubiese un error al coger el foco equivocado.

DEFECTO 5 y 6: CABLE DE LINEA CON FUGA O CRUCE/ CABLE DE LINEA ABIERTO.

CAUSA: Llamamos cable de línea al que comúnmente se conoce como "enchufe", y que internamente por problemas de calidad del proveedor, puede tener cruce o fuga de corriente cuando se realizan las pruebas eléctricas. También podría tener problemas de estar abierto, en este caso el congelador no encenderá.

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Pruebas Eléctricas, al final del ensamblado.

REPROCESO: Incluye cambio de cable de línea y posible pérdida de gabinete si durante la prueba, el cruce afecta las partes internas eléctricas del congelador.

POKA YOKE PROPUESTO: Antes de la instalación del cable de línea se instalara un probador de continuidad, que consistirá en un circuito con dos borneras y una señal luminosa que permitirán saber que el cable de línea no tenga problemas de cruce, fuga o este abierto. Adicionalmente, el contenedor de los cables de línea tendrá un sensor de proximidad, que estará interconectado con el probador y con la faja transportadora, si no pasa por la secuencia, la faja transportadora no avanzara.

DEFECTO 7: OBSTRUCCIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS EN CONDENSADOR

CAUSA: El condensador es una tubería serpentín que transfiere el calor extraído internamente hacia el ambiente por convección de calor. Cuando vienen residuos solidos en la parte interna podría ser resultado de un mal vacío o de un insumo defectuoso

DIFICULTAD DE INSPECCIÓN: No se puede determinar a simple vista. Se detecta recién cuando llega a la Estación de Prueba de Funcionamiento, al final del ensamblado.

REPROCESO: Incluye cambio de condensador y desarmado de congeladora para verificar daños en otras partes del circuito de refrigeración.

POKA YOKE PROPUESTO: Durante el proceso de vacío, se debe incluir en las bombas de vacío, con un indicador digital que muestre si el nivel de vacío es el correcto. De esta forma se garantiza que las partículas extrañas afecten el sistema de refrigeración, cuando se conecte el motocompresor.

DEFECTOS 8 y 9: OBSTRUCCIÓN POR TUBO CAPILAR / FUGA POR TUBO CAPILAR.

No se usará la metodología Poka Yoke, dado que es el proceso de soldado, depende mas de la pericia y experiencia del operario soldador. En este caso se trabajara con entrenamiento constante. Pero se incluye dentro de los defectos, porque también aportan horas de reproceso dentro del ensamble.

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DE MEJORA

PROYECTO: SISTEMAS POKA YOKE EN LINEA DE CONGELADORAS

N	Actividades	Responsable	Semanas														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Recopilacion de informacion de defectos	Ing Industrial															
2	Identificacion y analisis de causas defectos	Ing Industrial															
3	Elaboracion de diseño de Poka Yoke	Ing Industrial															
4	Implementacion de Poka Yoke	Mantenimiento															
5	Verificacion de la mejora	Ing Industrial															

Cladro 14 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DE MEJORAS

Fuente: Elaboración propia

3.6.6 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

Adjuntamos el resumen de los costos de implementación.

COSTO DE IMPLEMENTACION	
DESCRIPCION	COSTO TOTAL (US\$)
TIEMPO DE 1 ANALISTA DE PROCESO (288 HORAS)	600.00
ADQUISICION DE EQUIPOS DE DETECCION DE FUGAS	700.00
TIEMPO DE 2 TECNICOS MANTENIMIENTO (320 HORAS)	739.20
MODIFICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS	200.00
ADQUISICION DE SENSORES DE PROXIMIDAD	250.00
MATERIAL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS	150.00
TOTAL.....US\$	2639.20

Cuadro 15. Costo de implementación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

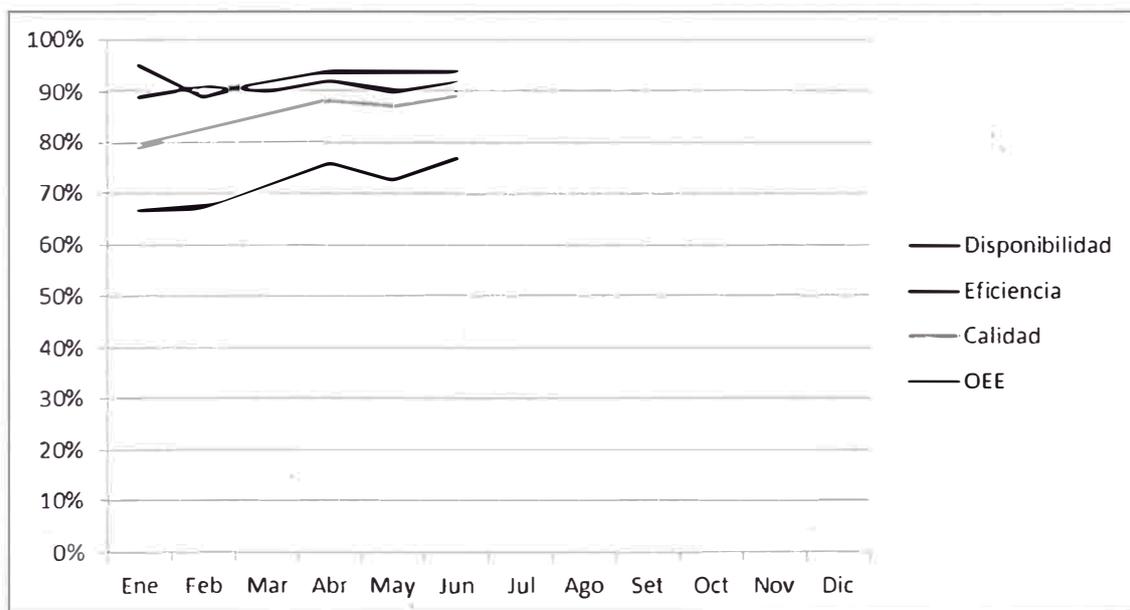
OEE ENERO - JUNIO 2012

Factor	2011	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	2012
Disponibilidad		89%	91%	90%	92%	90%	92%	
Eficiencia		95%	89%	92%	94%	93%	94%	
Calidad		79%	83%	86%	88%	87%	89%	
OEE	66%	67%	67%	71%	76%	73%	77%	72%

Cuadro 16. Evolución de indicador OEE 2012

Fuente: Elaboración propia

EVOLUCION OEE (ENERO – JUNIO 2012)



Cuadro 17. Gráfico de factores del OEE 2012

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el desarrollo de los 6 primeros meses del año, tenemos que el indicador OEE, ha mejorado desde 67% a 77%, principalmente como consecuencia de la mejora del indicador Calidad.

La implementación de los poka yoke en los puestos de trabajo crítico ha mejorado el factor Calidad desde 79% a 89% en el año 2012, que representa la reducción de los errores del proceso y sus respectivos defectos.

Con respecto al año 2011, cuyo promedio de OEE fue de 66%, en el año 2012 se viene mejorando el indicador OEE con un promedio del 72%. Esta mejora representa un 9% con respecto al indicador OEE del año 2011.

En cuanto a la tasa de rework (reproceso), se observa una mejora en el 2012 con respecto al promedio 2011. Lo cual representa una mejora del 25% en la cantidad de rework que se realizar por defectos en productos ensamblados.

SECCION	2011	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	2012
Unds prod (A)	27,414	2,211	1,947	2,359	2,308	2,216	2,348	13,389
Horas rework Ensamble (B)	4,319	279	234	278	354	245	249	1,639
Tasa B/A	0.16	0.13	0.12	0.12	0.15	0.11	0.11	0.12

Cuadro 18. Evolución del indicador tasa de rework 2012

Fuente: Elaboración propia.

4.2 ANALISIS BENEFICIO COSTO DE LA IMPLANTACION DE LAS MEJORAS

VALORACION DE PERDIDAS POR AÑO		INVERSION PARA LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS Y LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS				
DESCRIPCION DE LOS PROBLEMAS	COSTO US\$	CANT ANUAL	COSTO TOTAL	COSTO US\$	CANT ANUAL	COSTO TOTAL
KGS PINTURA ELECTROSTATICA	6	85	527	600	1	600
HORAS HOMBRE REPROCESO	1.2	4,319	5,183	700	1	700
KGS DE GAS REFRIGERANTE POR REPROCESO	5	220	1,100	739	1	739
KGS DE ACERO (GABINETE) CHATARRA	2	480	720	200	1	200
COMPONENTES ELECTRICOS DIVERSOS (CABLEADO, PANELES, ETC)	1	150	150	250	1	250
PERDIDA TOTAL ANUAL			7,680			2,639
				INVERSION TOTAL ANUAL		2,639
				BENEFICIO		5,041
						5,041

B/C = 5,041/2,639 = 1.91
 TIEMPO DE RECUPERACION = 12/1.91 = 6.28 MESES => 7 MESES

Cuadro 19. Evaluación Análisis beneficio Costo. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo observado en el cuadro 19, podemos comentar:

En la parte de Valoración de Pérdidas, se están considerando los insumos que son usados para los conceptos de reprocesos. Se incluye las horas hombre de reproceso, los kgs de chatarra de metal que son desechados, la cantidad de gas refrigerante expresada en kgs de las unidades reprocesadas (en defectos de circuito de refrigeración) y el peso de la pintura electrostática que se pierde también cuando se desechan los gabinetes anualmente.

En la parte de la inversión, consideramos todos las horas de trabajo del analista de proceso y del personal de mantenimiento para la implementación de la solución, así como los materiales para implementar y mejorar los puestos de trabajo de acuerdo a la metodología empleada.

Siendo la inversión por un monto de US\$ 2,639 y el tiempo de recuperación de 7 meses, para obtener un beneficio de US\$5,041.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Del estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Al inicio del estudio, el valor de pérdida anual por concepto de reprocesos ascendía a US\$7,680 por año, que representaba los costos de los materiales y mano de obra de la reparación de congeladoras ensambladas con defectos identificados antes de ser embaladas y pasar a Almacén de Productos Terminados.
2. El análisis de problemas, causas y alternativas de solución, presentó como resultado que el principal problema era el aumento de la cantidad de defectos en congeladoras ensambladas y que la mejor solución era la implementación de sistemas Poka Yoke en la línea de ensamble, frente a otras alternativas que atacaban causas menores (TPM, Revisión de documentación de procesos)
3. Se muestra una mejora en los indicadores de productividad OEE (de 66% a 72%) y tasa de rework (de 0.16 a 0.12 horas rework por unidad producida) como una consecuencia de la solución mencionada, lo cual se puede observar en el desempeño de los 6 primeros meses en que se inicio la implementación.

4. El beneficio calculado del proyecto es de US\$5,041, con una inversión de US\$2,639, y con un tiempo de recuperación de 7 meses. La relación B/C es de 1.91, que nos indica que es un proyecto rentable, tomando en cuenta que se tienen beneficios adicionales intangibles como el incremento en la motivación del personal operativo y jefaturas, así como un ahorro anual de US\$ 7,680.
5. Podemos finalizar considerando que en la actualidad uno de los objetivos mas buscados por todas las empresas es la mayor eficiencia al menor costo, sin dejar por un lado los estándares de calidad y servicio al cliente, lo cual se comprueba fehacientemente en este informe.

RECOMENDACIONES

Entre las principales recomendaciones después de realizar el presente estudio tenemos:

1. Para reducir la posibilidad de procesos u actividades que tiendan al error humano, se debe trabajar previamente los conceptos de Poka Yoke desde el Diseño del producto, utilizando herramientas tales como el AMFE, para implementar un proceso con menos piezas y ensambles, y mayor facilidad para el operario de ensamblado.
2. Se recomienda que en paralelo a la implementación de los Sistemas Poka Yoke se trabaje con herramientas Lean de soporte, tal como puede ser la implementación de 5 Ss en los puestos de trabajo o la implementación de TPM para ayudar a la disponibilidad de los equipos en Fábrica.

3. Para encontrar otras fuentes de mejora continua, debe entrenarse a los responsables de producción y operarios en la filosofía Lean Manufacturing para que la eficiencia y la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso sean mejoradas de abajo hacia arriba.
4. Realización de seguimiento constante por parte de Mantenimiento e Ingeniería Industrial de los indicadores mencionados, para detectar cualquier anomalía en los sistemas Poka Yoke y poder realizar la prevención respectiva y no afectar el proceso.
5. Se recomienda adicionalmente proyectos de ingeniería inversa, para poder realizar mejoras en el proceso, partiendo de la investigación de electrodomésticos de otras marcas y poder asimilar y mejorar nuestros procesos de ensamble actuales.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

OEE: Overall Equipment Effectiveness / Efectividad Global de equipos.

TPM: Total Productive Maintenance. Mantenimiento preventivo total

FODA. Análisis interno y externo de la empresa para obtener los objetivos estratégicos.

POKA YOKE. Metodología Lean enfocada a evitar que se ocurran los efectos.

MANUFACTURA ESBELTA. Metodología enfocada en la eliminación o reducción de actividades que no agregan valor al producto.

BIBLIOGRAFÍA

Alberto Villaseñor,

Conceptos y reglas de Lean Manufacturing, 2008, Limusa

Taiichi Ohno,

Toyota Production System, 1988, Productivity Press.

Kenneth Dailey,

The Lean Manufacturing Pocket Handbook, 2001

William M Feld,

Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to use them, 1995

Geoffrey L. Mika

Lean Manufacturing en español, 2001

James P. Womack,

Lean thinking, 2002

www.institutolean.org