

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR-MATRIZ

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD**

**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ANDON EN UNA PLANTA ENSAMBLADORA DE VEHICULOS PARA EL
AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD: Caso AYMESA S.A.**

ING. JORGE FERNANDO SUÁREZ AIMACAÑA

DIRECTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO RUEDA FIERRO, MGTR.

QUITO, 2015

DIRECTOR:

Ing. Iván Alejandro Rueda Fierro, MGTR.

INFORMANTES:

Ing. Fabián Cueva Brito, MGTR.
Ing. Rodrigo Saltos Mosquera, MBA.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO | IX |
| INTRODUCCIÓN | I |
| 1. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA | 2 |
| 1.1 El sector automotriz | 2 |
| 1.1.1 Ubicación geográfica del sector en el Ecuador..... | 2 |
| 1.2 Entorno político-legal | 3 |
| 1.2.1 Cambio de la matriz productiva | 3 |
| 1.2.2 Acceso a mercados | 4 |
| 1.2.3 Impuestos a la salida de divisas (ISD) | 9 |
| 1.2.4 Porcentajes para la incorporación de partes y piezas nacionales en autos ensamblados en el Ecuador e impuestos al CKD | 10 |
| 1.2.5 Eliminación de la exoneración arancelaria a los vehículos híbridos | 10 |
| 1.2.6 Acuerdo comercial Ecuador – Unión Europea..... | 11 |
| 1.3 Entorno Económico..... | 12 |
| 1.3.1 Clasificación CIU..... | 12 |
| 1.3.2 Características del sector ecuatoriano | 13 |
| 1.3.3 Producción nacional..... | 14 |
| 1.3.4 Exportaciones | 14 |
| 1.3.5 Importaciones | 15 |
| 1.3.6 Empleo | 15 |
| 1.3.7 Producto interno bruto..... | 15 |
| 1.4 Entorno socio-cultural | 17 |
| 1.5 Entorno tecnológico | 18 |
| 1.5.1 Tecnología e innovaciones del sector a nivel mundial..... | 18 |
| 1.5.2 Comportamiento y tendencias de consumo de los principales países importadores | 18 |
| 1.6 Entorno ambiental..... | 19 |
| 1.7 La empresa..... | 23 |
| 2. LOS SIETE DESPERDICIOS Y LOS CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LOS QUE SE SUSTENTA EL SISTEMA ANDON. | 34 |
| 2.1 Los siete desperdicios..... | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.2 | Clasificación..... | 35 |
| 2.3 | Mejoramiento continuo y el Sistema de Producción Aymesa (SPA)..... | 41 |
| 2.4 | Relación con el SPA | 42 |
| 2.5 | Público objetivo..... | 43 |
| 2.6 | Definición | 44 |
| 2.7 | Propósito..... | 45 |
| 2.8 | Principios mandatorios..... | 45 |
| 2.9 | Beneficios | 47 |
| 2.10 | Pre-requisitos..... | 47 |
| 2.11 | Componentes del Sistema Andon | 48 |
| 3. | OPERACIÓN ANDON | 51 |
| 3.1 | Señales visuales y de audio..... | 51 |
| 3.1.1 | Señales visuales | 51 |
| 3.1.2 | Señales de audio..... | 51 |
| 3.2 | Visualización normal | 52 |
| 3.3 | Activación | 52 |
| 3.4 | Como usar el sistema Andon | 53 |
| 3.4.1 | Cuando debe ser activado el Andon..... | 54 |
| 3.4.2 | Procedimiento de uso del Sistema Andon | 55 |
| 3.5 | Roles y responsabilidades | 59 |
| 3.5.1 | Rol del miembro del equipo de trabajo (MET)..... | 59 |
| 3.5.2 | Rol del líder de equipo de trabajo (LET) | 60 |
| 3.5.3 | Rol del líder de grupo (LG) | 61 |
| 3.6 | Apoyo al sistema Andon | 66 |
| 4. | EL SISTEMA ANDON APLICADO EN AYMESA S.A. | 67 |
| 4.1 | Sistema Andon en ensamblaje general | 67 |
| 4.1.1 | Los tableros Andon y sus ubicaciones..... | 68 |
| 4.1.2 | Información de desempeño | 68 |
| 4.1.3 | Diseño del sistema Andon para la línea de producción con transportador..... | 71 |
| 4.1.4 | Diseño del sistema Andon para ensamblaje general. | 71 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.1.5 | Funcionamiento del sistema ensamblaje general | 72 |
| 4.1.6 | Estado de la línea de producción..... | 80 |
| 4.2 | Sistema Andon en la planta de pintura..... | 82 |
| 4.2.1 | Tableros Andon y sus ubicaciones en la planta de pintura | 82 |
| 4.2.2 | Operaciones específicas de mantenimiento | 83 |
| 4.2 | Sistema Andon en la planta de soldadura | 91 |
| 4.3.1 | Tableros Andon y sus ubicaciones en la planta de soldadura..... | 91 |
| 4.3.2 | Operaciones específicas de mantenimiento | 92 |
| 4.3.3 | Operaciones específicas de materiales | 93 |
| 4.3 | Capacitación de todos los involucrados a los distintos niveles | 93 |
| 5 | ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO..... | 94 |
| 5.1 | Sistema Andon en la planta industrial de AYMESA S.A. | 94 |
| 5.1.1 | Evaluación estimada al implementar un sistema Andon en Aymesa S.A..... | 97 |
| 5.1.2 | Metas propuestas con la implementación del sistema Andon en la Planta de Aymesa S.A..... | 97 |
| 5.1.3 | Aumento de la productividad con la implementación del sistema Andon en la Planta de Aymesa S.A..... | 103 |
| 5.2 | Costo-beneficio de la implementación del sistema Andon en la línea de producción de Aymesa S.A. | 104 |
| 5.2.1 | Costo implementación Andon en línea de producción | 104 |
| 5.2.2 | Período de recuperación | 108 |
| 5.2.3 | Beneficios de la implementación del sistema Andon en la línea de producción. | 109 |
| 5.2.4 | Desventajas del sistema Andon en la línea de producción. | 111 |
| 5.3 | Conclusiones de la implementación del sistema Andon en Aymesa S.A..... | 111 |
| 5.4 | Recomendaciones de la implementación del sistema Andon en Aymesa S.A..... | 113 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 115 |
| 6.1 | Conclusiones | 115 |
| 6.2 | Recomendaciones | 116 |
| 7 | ANEXOS..... | 118 |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | 124 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| TABLA 1: ARANCEL PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES DE TRANSPORTE DE PERSONAS DE CILINDRADA SUPERIOR A 1500 PERO INFERIOR A 3000 CC. | 4 |
| TABLA 2: ARANCEL PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES DE TRANSPORTE DE PERSONAS DE CILINDRADA SUPERIOR A 1000 PERO INFERIOR A 1500 CC. | 5 |
| TABLA 3: ARANCEL PARA LOS DEMÁS VEHÍCULOS DE ENCENDIDO POR CHISPA DE PESO TOTAL CON CARGA MÁXIMA INFERIOR A 5 TONELADAS. | 6 |
| TABLA 4: PRODUCCIÓN NACIONAL DE VEHÍCULOS POR ENSAMBLADORA | 14 |
| TABLA 5: VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL PROCESO..... | 22 |
| TABLA 6: VEHÍCULOS ENSAMBLADOS EN LA PLANTA DE AYMESA S.A. DE LA MARCA KIA. | 30 |
| TABLA 7: PRINCIPALES CLIENTES DE AYMESA S.A. EJERCICIO FISCAL 2013..... | 30 |
| TABLA 8: PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS POR ENSAMBLADORA Y SEGMENTO 2006-2013..... | 32 |
| TABLA 9: ROLES Y RESPONSABILIDADES | 65 |
| TABLA 10: TIEMPOS MUERTOS POR FALLAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN. | 95 |
| TABLA 11: CONSUMO DE ENERGÍA. COSTO PROMEDIO MENSUAL..... | 96 |
| TABLA 12: TIEMPOS MUERTOS POR FALLAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN RESTADO EL 2% (MÍNIMO) DE DESPERDICIO POR IMPLEMENTACIÓN DEL ANDON. | 98 |
| TABLA 13: TIEMPOS MUERTOS POR FALLAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN RESTADO EL 50% DE DESPERDICIO POR IMPLEMENTACIÓN DEL ANDON..... | 100 |
| TABLA 14: TIEMPOS MUERTOS POR FALLAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN RESTADO EL 90% (MÍNIMO) DE DESPERDICIO POR IMPLEMENTACIÓN DEL ANDON. | 101 |
| TABLA 15: VALORES COMPARATIVOS DE LOS TRES ESCENARIOS REDUCIENDO DESPERDICIOS E IMPLEMENTANDO EL SISTEMA ANDON... .. | 102 |
| TABLA 16: COSTO DEL EQUIPO PARA EL SISTEMA ANDON EN LA PRIMERA ETAPA. | 107 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. PRODUCTO INTERNO BRUTO REAL Y TASA DE CRECIMIENTO PERIODO 2004 AL 2013 | 16 |
| FIGURA 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL PROCESO | 23 |
| FIGURA 3. ORGANIGRAMA DE AYMESA S.A. | 28 |
| FIGURA 4. CLASIFICACIÓN DE LOS SIETE DESPERDICIOS..... | 36 |
| FIGURA 5. PÚBLICO OBJETIVO DEL SISTEMA ANDON | 44 |
| FIGURA 6. SISTEMA ANDON PARA CONTROL DE PROCESOS..... | 44 |
| FIGURA 7. COMPONENTES DEL SISTEMA ANDON..... | 49 |
| FIGURA 8. VISUALIZACIÓN NORMAL DEL SISTEMA ANDON | 52 |
| FIGURA 9. ACTIVACIÓN DEL SISTEMA | 53 |
| FIGURA 10. DESACTIVACIÓN DEL SISTEMA | 53 |
| FIGURA 11. USO DEL SISTEMA ANDON..... | 54 |
| FIGURA 12. PROCEDIMIENTO DE USO DEL SISTEMA ANDON | 55 |
| FIGURA 13. INICIO DE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS | 56 |
| FIGURA 14. POSICIÓN FIJA DE PARADA (PFP) | 57 |
| FIGURA 16. REACTIVACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN..... | 58 |
| FIGURA 17. USO DEL SISTEMA ANDON EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN | 59 |
| FIGURA 18. ROL DEL MET..... | 60 |
| FIGURA 19. ROL DEL LET..... | 61 |
| FIGURA 20. ROL DEL LÍDER DE GRUPO | 62 |
| FIGURA 21. ROL DEL MET DE MANTENIMIENTO | 63 |
| FIGURA 22. ROL DEL LÍDER DE GRUPO | 64 |
| FIGURA 23. APOYO AL SISTEMA ANDON | 66 |
| FIGURA 24. LAYAOUT DE ENSAMBLAJE GENERAL Y DISPOSICIÓN DE LOS TABLEROS ANDON..... | 67 |
| FIGURA 25. INFORMACIÓN DE DESEMPEÑO DE LA PLANTA DE AYMESA S.A..... | 69 |
| FIGURA 26. INFORMACIÓN DE DESEMPEÑO EN EL PROCESO DE CALIDAD DE LA PLANTA DE AYMESA S.A. | 70 |
| FIGURA 27. INFORMACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DESPLEGADA EN EL TABLERO ANDON. | 71 |
| FIGURA 28. SISTEMA ANDON EN UNA LÍNEA MÓVIL..... | 72 |
| FIGURA 29. SOLICITUD DE AYUDA MEDIANTE EL SISTEMA ANDON POR PARTE DEL MET | 74 |
| FIGURA 30. ASISTENCIA CON LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS..... | 75 |

| | |
|---|-----------|
| FIGURA 31. VERIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (EV) | 76 |
| FIGURA 32. PARADA DE EMERGENCIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN | 77 |
| FIGURA 33. PARADA POR PROBLEMAS CON LOS MANIPULADORES ERGONÓMICOS. | 78 |
| FIGURA 34. PROBLEMAS CON EL TRANSPORTADOR DE CARROCERÍAS..... | 79 |
| FIGURA 35. ARRANQUES Y PARAS PROGRAMADAS..... | 80 |
| FIGURA 36. INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA PRODUCCIÓN DESPLEGADA EN EL TABLERO ANDON. | 82 |
| FIGURA 37. LAYAOUT DE PINTURA Y DISPOSICIÓN DE LOS TABLEROS ANDON..... | 83 |
| FIGURA 38. DISPOSICIÓN DE LAS ESTACIONES EN LA PLANTA DE PINTURA..... | 88 |
| FIGURA 39. DISPOSICIÓN DE LAS ESTACIONES DENTRO DE LAS CABINAS DE PINTURA..... | 89 |
| FIGURA 40. DISPOSICIÓN DE FACILIDADES DENTRO DE LAS CABINAS DE PINTURA. | 90 |
| FIGURA 41. LAYAOUT DE SOLDADURA Y DISPOSICIÓN DE LOS TABLEROS ANDON..... | 92 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo hace referencia a la importancia de la implementación del Sistema Andon en una empresa ensambladora de vehículos, para colaborar con uno de tres conceptos fundamentales de Kaizen que es la mitigación y eliminación de los 7 desperdicios.

Constantemente, la industria automotriz enfrenta retos sin precedentes con un menor tiempo de entrega de sus productos, muchas de las veces cediendo a soluciones empíricas que impactan de forma negativa a la empresa desde una perspectiva operacional, organizativa, y aún más importante la cultural.

El sistema Andon provee información en forma instantánea por medio de señales visibles y audibles cuando se presenta una situación anormal en el proceso, contribuye con el mejoramiento de la empresa por medio de la estandarización de las operaciones, teniendo como beneficio la reducción de los desperdicios hasta llegar a su completa eliminación, basándose en la solicitud de ayuda para la resolución inmediata y efectiva de los problemas que se presentan en el proceso productivo, permitiendo así disminuir el tiempo de resolución de problemas en las estaciones de trabajo en las plantas de soldadura, pintura y ensamblaje, evitando incluso el tener de detener la línea de producción.

Esta herramienta usada de manera adecuada, brinda una comunicación efectiva entre los distintos equipos de trabajo de la planta (producción, mantenimiento, materiales y calidad), iniciando su trabajo de resolución de problemas cuando el miembro del equipo de trabajo de producción hace un llamado por ayuda ante un problema presentado, y el equipo de respuesta va inmediatamente a apoyar y solucionar la necesidad presentada. La señal por ayuda es audible/visible y como en todo proceso, se requiere de capacitación, para poder contar con personal involucrado y comprometido.

El reto de este sistema se centra en conseguir una fácil adaptabilidad de todos los procesos productivos, integrando la mayor cantidad de datos y desplegándolos en forma de señales visuales, mostrando simplemente la información necesaria, logrando de esta manera disminuir los tiempos de decisión.

El sistema Andon, aunque con un concepto algo sencillo, en el fondo tiene un gran beneficio, que es el de mejorar los procesos y operaciones en los cuales hay puntos críticos, convirtiéndose en una herramienta necesaria para cualquier planta que posea una línea de producción continua y que se requiera aumentar su calidad y productividad.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, ante un mundo globalizado, las empresas manufactureras buscan formas para reducir los costos de producción por medio de herramientas de Lean Manufacturing o manufactura esbelta para mejorar la productividad

Según grandes marcas, una de ellas Toyota, el sistema Andon, es uno de los medios más relevantes para el monitoreo de la línea producción dentro de la planta de ensamblaje automotriz. La implementación de éste sistema permite proporcionar datos valiosos sobre las pérdidas de producción en cada proceso dentro de la planta de manera separada y calcular los indicadores clave de rendimiento de estas áreas y también como conjunto.

Cada uno de los siete desperdicios que generan pérdidas en el tiempo de operación de la producción pueden ser distinguidos, teniendo un rango determinado de influencia en la medición del desempeño de la planta de ensamblaje de vehículos. Para obtener esta valiosa información, se vuelve necesaria la implementación del mencionado sistema, así como de su metodología de trabajo. Por lo que en este documento se plantea un análisis de los efectos de la implementación del sistema Andon en una planta ensambladora de vehículos para el aumento de la productividad, tomando el caso de Aymesa S.A.

Este análisis está estructurado de la siguiente manera, parte de un diagnóstico actual de la empresa; a continuación una revisión de la literatura referente a los siete desperdicios y la sustentación del sistema Andon para la medición del desempeño en las tres plantas que conforman la ensambladora. Posteriormente se destaca la descripción operativa de esta herramienta, para continuar con la propuesta de aplicación del sistema y llegar a su análisis y evaluación basado en la investigación de las pérdidas de producción.

Por último, se evalúan los resultados presentados a partir de los diferentes escenarios basados en el concepto de productividad y finalizar con el planteamiento de las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

1. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA

1.1 El sector automotriz

El presente análisis hace referencia a las principales variables que intervienen alrededor del sector automotriz ecuatoriano, ya que tiene una participación importante en la economía del país debido a los ingresos que genera en todas las actividades económicas directas e indirectas que involucra. Sólo en el caso de impuestos se estima que son de alrededor de USD 400 millones, además de su impacto en la generación de empleo en las diferentes partes de su cadena, desde el ensamblaje hasta la distribución y venta. Se debe destacar que la industria automotriz ha impulsado a otras industrias del sector productivo como la siderúrgica, metalúrgica, metalmecánica, minera, petrolera, petroquímica, del plástico, vidrio, electricidad, robótica e informática, industrias claves para la elaboración de los vehículos. De este modo, el sector automotriz integra a diferentes actores, tanto para las firmas autopartistas; así como para las ensambladoras que son las firmas que imponen los estándares productivos de la cadena. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

1.1.1 Ubicación geográfica del sector en el Ecuador

El sector automotriz del Ecuador se concentra en la sierra centro norte del país, teniendo sus plantas de ensamblaje en la Ciudad de Quito. Conformado principalmente por 3 ensambladoras (AYMESA, OMNIBUS BB, MARESA). (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

El subsector autopartista, tiene sus empresas localizadas en la Provincia de Pichincha, concentradas en su mayoría en la ciudad de Quito alrededor de las tres plantas ensambladoras anteriormente descritas, debido básicamente a la reducción en los costos logísticos. Adicionalmente, una pequeña parte de los proveedores de autopartes están ubicados en la Provincia de Tungurahua, gracias a la mano de obra calificada y bajo costo del lugar. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

De acuerdo a la distribución provincial, se tiene que el mayor número de establecimientos se encuentra en Guayas (27%), seguido de Pichincha (17%), Azuay (8,1%), Manabí (7,5%) y Tungurahua (4,5%). (INEC, 2013)

1.2 Entorno político-legal

1.2.1 Cambio de la matriz productiva

A raíz del nuevo mandato del presidente Rafael Correa, se intensificó la importancia del proyecto de cambio de la matriz productiva, siendo uno de los principales ejes para el accionar de la política pública. (Cámara de Industrias y Producción, 2014)

El cambio de la matriz productiva gira en tres ejes como son el productivo, energético y capital Humano. El primer caso demanda la constitución de emprendimientos de nuevas industrias que produzcan bienes con alto valor agregado nacional; además, de otras que permitan la sustitución estratégica de las importaciones. (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica, 2014)

Al momento se están diseñando las estrategias sectoriales, tomando en cuenta el análisis de cada una de las cadenas productivas. El primer eje: mejorar la explotación de los recursos primarios, basados en recursos naturales renovables. El segundo: industrialización de derivados de petróleo, metalmecánica, químicos y farmacéuticos, papel y cartón, plástico y caucho; y, el tercero, especialización de los servicios como el conocimiento y tecnología, turismo y logística. (Revista Ekos, 2014)

Para esto se plantea que es indispensable fomentar la inversión privada, lo cual permitirá alcanzar el cambio de matriz productiva; además, se requiere contar con aspectos de carácter transversal que se ajustan a la realidad del sector productivo. De igual manera debe buscarse la sostenibilidad del modelo de cambio de matriz productiva y de los proyectos derivados del mismo, los cuales requieren de mercados ampliados para garantizar las economías de escala que demanda su desarrollo competitivo. (Cámara de Industrias y Producción, 2014)

El cambio de la matriz productiva es una estrategia a largo plazo, mas existe la necesidad de presentar resultados a corto, mediano y largo plazo, e impactos concretos que consoliden la confianza en el avance de este proyecto nacional. La idea no es sustituir totalmente las importaciones, ni que todo lo que se produzca en el país se auto-consuma, más se proyecta mejorar la calidad y entregar productos de primer nivel, para no tener la necesidad de importar. (Revista Ekos, 2014)

1.2.2 Acceso a mercados

1.2.2.1 Barreras arancelarias

Según Market Acces (2013), las barreras arancelarias a las que están sujetas las principales sub-partidas arancelarias del sector de vehículos y autopartes de Ecuador, mostradas en la Tabla 1, en donde también se indica los aranceles impuestos a los principales países competidores de Ecuador en los mercados donde demandan estos productos.

Tabla 1:

Arancel para vehículos automóviles de transporte de personas de cilindrada superior a 1500 pero inferior a 3000 cc.

| ARANCEL COBRADO POR LOS PRINCIPALES COMPRADORES A ECUADOR Y SUS COMPETIDORES | | | | | | | | | | |
|--|----------|---------|--------|---------|------------|----------------|--------|--------|-------------|--------------------|
| Subpartida: 870323 Vehículos automóviles de transporte personas de cilindrada superior a 1500 pero inferior o igual a 3000 | | | | | | | | | | |
| Importadores | Alemania | Bélgica | Canadá | Ecuador | Eslovaquia | Estados Unidos | Japón | México | Reino Unido | República de Corea |
| Alemania | X | 0.00% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 10.00% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 7.00% |
| Arabia Saudita | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| Australia | 5.00% | 5.00% | 1.25% | 4.75% | 4.75% | 1.25% | 5.00% | 4.75% | 5.00% | 5.00% |
| Bélgica | 0.00% | X | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 10.00% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 7.00% |
| Brasil | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 15.75% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% |
| Canadá | 6.10% | 6.10% | X | 6.00% | 6.10% | 0.00% | 6.10% | 0.00% | 6.10% | 6.00% |
| China | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 22.50% |
| Colombia | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% |
| Estados Unidos | 1.25% | 1.25% | 0.00% | 0.00% | 1.25% | X | 1.25% | 0.00% | 1.25% | 1.25% |
| Japón | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | X | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| México | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | X | 40.00% | 40.00% |
| Perú | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 0.00% | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 6.00% |
| Reino Unido | 0.00% | 0.00% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 10.00% | 10.00% | 0.00% | X | 7.00% |
| República Dominicana | 15.20% | 15.20% | 15.20% | 15.20% | 15.20% | 7.28% | 15.20% | 15.20% | 15.20% | 15.20% |
| Venezuela | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 0.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% |

Fuente: Centro de Comercio Internacional (Macmap), PROECUADOR, 2013.

Al analizar los aranceles que cada uno de los compradores que tiene Ecuador cobra a sus principales competidores en la importación de vehículos de transporte de pasajeros de cilindrada superior a 1500 cc pero inferior o igual a 3000 cc, se concluye que Ecuador tiene un menor arancel en estos mercados con respecto a sus competidores, exceptuando México que es el que mayor preferencias arancelarias posee y que a su vez es el que mayor tarifa aplica a la importación junto con Venezuela. En los mercados peruano y venezolano, es en donde Ecuador posee mayor beneficio arancelario en comparación con sus competidores. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Para el caso de los vehículos para transporte de mercancías de peso total con carga máxima de 5 toneladas, Ecuador y México son quienes poseen mayor beneficio arancelario en estos mercados importadores analizados. Brasil se presenta como el mercado que aplica mayor tarifa arancelaria a la importación de este producto. Los mercados colombiano y venezolano son donde Ecuador posee mayor beneficio arancelario en comparación con sus competidores. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Tabla 2:

Arancel para vehículos automóviles de transporte de personas de cilindrada superior a 1000 pero inferior a 1500 cc.

| ARANCEL COBRADO POR LOS PRINCIPALES COMPRADORES A ECUADOR Y SUS COMPETIDORES | | | | | | | | | | |
|--|----------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------------|--------------------|
| Subpartida: 870322 Vehículos automóviles de transporte personas de cilindrada superior a 1000 pero inferior o igual a 1500 | | | | | | | | | | |
| Importadores: | Alemania | Bélgica | Ecuador | España | Francia | India | Japón | Polonia | República Checa | República de Corea |
| Alemania | X | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Argelia | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% | 15.00% |
| Australia | 5.00% | 5.00% | 4.75% | 5.00% | 5.00% | 4.75% | 5.00% | 4.75% | 4.75% | 5.00% |
| Austria | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Bélgica | 0.00% | X | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Brasil | 35.00% | 35.00% | 15.75% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% |
| Colombia | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% |
| Estados Unidos | 1.25% | 1.25% | 0.00% | 1.25% | 1.25% | 1.25% | 1.25% | 1.25% | 1.25% | 1.25% |
| Francia | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | X | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Italia | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Japón | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | X | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Países Bajos | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Reino Unido | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 6.50% | 10.00% | 0.00% | 0.00% | 8.30% |
| Suiza | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Venezuela | 40.00% | 40.00% | 0.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% | 40.00% |

Fuente: Centro de Comercio Internacional (Macmap), Unidad de Inteligencia Comercial PRO ECUADOR, 2013.

De acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 2, Ecuador es quien posee mayor beneficio arancelario en estos mercados importadores analizados. Venezuela se presenta como el mercado que aplica mayor tarifa arancelaria a la importación de este producto. Los mercados brasileños, colombiano, estadounidense y venezolano son aquellos donde Ecuador posee mayor beneficio arancelario, en comparación con sus competidores. (Económico)

Los beneficios arancelarios que el Ecuador posee dentro de los distintos mercados, han sido consecuencia de la firma de acuerdos comerciales unilaterales o binacionales que en su mayoría benefician al país por encontrarse en vías de desarrollo, aun cuando es uno de los países latinoamericanos que no se ha arriesgado a la firma de tratados de libre comercio con las grandes potencias. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

El acuerdo multipartes que el Ecuador firmo con la Unión Europea es uno de los más importantes, aunque aún no se puede hablar de resultados ya que su ejecución tomara efecto en el 2016.

Tabla 3:

Arancel para los demás vehículos de encendido por chispa de peso total con carga máxima inferior a 5 toneladas.

| ARANCEL COBRADO POR LOS PRINCIPALES COMPRADORES A ECUADOR Y SUS COMPETIDORES | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|--------|---------|----------------|--------|--------|--------------|-----------|---------|
| Subpartida: 870431 Los demás vehículos de encendido por chispa de peso total con carga máxima inferior o igual a 5 t | | | | | | | | | | |
| Importadores | Argentina | Brasil | China | Ecuador | Estados Unidos | Japón | México | Países Bajos | Tailandia | Turquia |
| Alemania | 8.76% | 8.76% | 13.50% | 0.00% | 13.50% | 13.50% | 0.00% | 0.00% | 8.76% | 0.00% |
| Arabia Saudita | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| Argetia | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| Argentina | X | 0.00% | 35.00% | 15.75% | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% |
| Australia | 4.50% | 0.00% | 4.50% | 4.50% | 0.00% | 5.00% | 4.50% | 5.00% | 0.00% | 4.50% |
| Brasil | 0.00% | X | 35.00% | 15.75% | 35.00% | 35.00% | 0.00% | 35.00% | 35.00% | 35.00% |
| Canadá | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 6.00% | 0.00% | 6.10% | 0.00% | 6.10% | 6.00% | 6.00% |
| Colombia | 10.35% | 10.35% | 22.50% | 0.00% | 22.50% | 22.50% | 0.00% | 22.50% | 22.50% | 22.50% |
| Emiratos Arabes | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| Estados Unidos | 12.50% | 12.50% | 12.50% | 0.00% | X | 12.50% | 0.00% | 12.50% | 12.50% | 12.50% |
| Kuwait | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| México | 22.46% | 22.46% | 22.46% | 22.46% | 22.46% | 22.46% | X | 22.46% | 22.46% | 22.46% |
| Omán | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 0.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% |
| Reino Unido | 8.76% | 8.76% | 13.50% | 0.00% | 13.50% | 13.50% | 0.00% | 0.00% | 8.76% | 0.00% |
| Venezuela | 11.50% | 11.50% | 25.00% | 0.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% | 25.00% |

Fuente: Centro de Comercio Internacional (Macmap), Unidad de Inteligencia Comercial PRO ECUADOR, 2013.

Se puede evidenciar en la Tabla 3, que México es quien posee mayor beneficio arancelario en estos mercados importadores analizados seguido por Ecuador. Argentina y Brasil se presentan como los mercados que aplican mayor tarifa arancelaria a la importación de este producto. Los mercados colombiano, estadounidense y venezolano son en donde Ecuador posee mayor beneficio arancelario en comparación con sus competidores. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

1.2.2.2 Barreras no arancelarias

En Ecuador, las Normas y Reglamentos Técnicos para las empresas del Sector Automotor son aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), relacionadas con la gestión ambiental y elementos de seguridad. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

- Comunidad Andina (CAN)

En noviembre de 1993, en el marco de la Comunidad Andina, entre los países miembros (Colombia, Ecuador y Venezuela), se suscribió un convenio de complementación en el sector automotriz, el mismo que fue actualizado en septiembre de 1999. Este convenio define una política común para el sector y sentó las bases para desarrollar una industria automotriz de una manera competitiva y eficiente. Además, se aprobó un arancel externo común aplicable a los vehículos importados de países que no son miembros del convenio, la posibilidad de aplicar un régimen Aduanero especial para toda la cadena automotriz y la restricción a la importación de productos automotrices usados o remanufacturados. Bajo este convenio y de acuerdo a los Requisitos Específicos de Origen (REOS) que son fijados por la Secretaría General de la Comunidad Andina cuando las Normas Especiales y Certificación del Origen de las Mercancías no son adecuadas para determinada producción, según mandato 416. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

- *Resolución 323*

Establece un requisito basado en el porcentaje de integración de materiales originarios de la subregión y para una lista determinada de partes y piezas, requisitos similares a los que constan en la Decisión 416. (Comunidad Andina, 1999)

- *Acuerdo sobre los procedimientos para la implementación del Requisito Específico de Origen para el sector automotor*

Establece los procesos que deben seguir las empresas ensambladoras y los proveedores de materiales para demostrar a las autoridades nacionales y a la Secretaría General de la Comunidad Andina, el cumplimiento de los requisitos generales y específicos, que les dé el derecho de beneficiarse de la liberación al comercio entre los países miembros de la Comunidad Andina, según Resolución 336.

- *Normas de Origen*

Para beneficiarse de esta preferencia arancelaria, los productos deberán cumplir con condiciones que les confiera la calidad de originarios de la subregión. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

- *Decisión 416* (Comunidad Andina, 2006)

Según la Comunidad Andina (2006), en su documento convergencia comercial de los Países de América del Sur hacia la Comunidad Sudamericana de Naciones, indica los criterios establecidos para calificar de originaria a las mercancías aplicables para el sector automotor:

- Las mercancías elaboradas en su totalidad con materiales originarios del territorio de los países miembros.
- Mercancías en cuya elaboración se utilicen materiales no originarios. Para este tipo de mercancías, el criterio básico es que los materiales no originarios se sometan a un proceso de transformación, el mismo que se refleje en n cambio de partida arancelaria. De no cumplir con este cambio, el valor CIF de los materiales no originarios de debe exceder del 50% del valor FOB de la mercancía final en el caso de Colombia, Venezuela y Perú, y del 60% en el caso de Bolivia y Ecuador.
- Las mercancías que son resultado de la operación de ensamblaje y en los que se haya utilizado materiales originarios de la subregión, para las cuales la exigencia es también la del valor agregado indicado anteriormente.

- *Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI)*

Como nos indica la Dirección de Inteligencia Comercial e inversiones (2013), la ALADI se creó bajo el Tratado de Montevideo de 1980, tiene como miembros a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela; con el fin de lograr un mercado común latinoamericano, mediante 3 vías:

- Acuerdos de alcance regional (participan todos los países miembros), como por ejemplo: Las Nóminas de Apertura de Mercados (NAM) a favor de Bolivia, Ecuador y Paraguay; y la Preferencia Arancelaria Regional (PAR) aplicada a productos originarios de los países miembros frente a los aranceles vigentes para terceros países. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

- *Acuerdos suscritos por Ecuador en el Marco de la ALADI*
 - Acuerdo de Complementación Económica entre Colombia, Ecuador, Venezuela y los países miembros del MERCOSUR (AAP. CE. N° 59) (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

El Acuerdo suscrito en octubre 2008, tiene por fin formar un área de libre comercio entre las Partes Contratantes mediante la expansión y diversificación del intercambio comercial y la eliminación de las restricciones arancelarias y de las no-arancelarias que afecten al comercio recíproco, este Acuerdo entró en vigencia entre Ecuador y MERCOSUR en abril de 2005. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Se pactaron preferencias recíprocas para todo el universo arancelario con plazos de aplicación diferenciados dependiendo de la sensibilidad de los productos. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

1.2.3 Impuestos a la salida de divisas (ISD)

De los principales tributos que se han creado en estos últimos ocho años, el impuesto más significativo ha sido el ISD. Durante el análisis para su implementación, se consideraba que se corría el riesgo de una doble tributación para los contribuyentes. Por eso se estableció la devolución del ISD para unos 2 000 productos que podrían afectar a la industria nacional y a las exportaciones. (El Comercio, 2015)

Creado con el propósito de evitar la salida de divisas del país, el ISD ha sufrido un crecimiento de su tasa. Inició con el 0,5% y actualmente está en el 5%, convirtiéndose en el tercer impuesto que más ingresa a las arcas fiscales, luego del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a la Renta (IR), que son los que mayores ingresos generan, en ese orden. (El Comercio, 2015)

El hecho generador de este impuesto lo constituye la transferencia, envío o traslado de divisas que se efectúen al exterior, sea en efectivo o a través del giro de cheques, transferencias, retiros o pagos de cualquier naturaleza, inclusive compensaciones internacionales, sea que dicha operación se realice o no con la intervención de las instituciones que integran el sistema financiero. La tarifa del Impuesto a la Salida de Divisas, también denominado ISD, es del 5%. El ISD debe ser pagado por todas las personas naturales, sucesiones indivisas, y sociedades privadas, nacionales y extranjeras., según lo dispuesto en el ordenamiento jurídico vigente. (Servicio de Rentas Internas, 2015)

El Banco Central y las Instituciones Financieras son los agentes de retención de este impuesto cuando se realizan transferencias de divisas al exterior por disposición de terceros. (Servicio de Rentas Internas, 2015)

Según el SRI (2015), el Impuesto a la Salida de Divisas grava el valor de todas las operaciones y transacciones monetarias que se realicen al exterior, con o sin intervención de las instituciones del sistema financiero.

1.2.4 Porcentajes para la incorporación de partes y piezas nacionales en autos ensamblados en el Ecuador e impuestos al CKD

El Comité de Comercio Exterior (COMEX) a través de la resolución 30, estableció una metodología para el cálculo del porcentaje de incorporación del Material Originario de Ecuador (MOE), en el ensamblaje de vehículos para la disminución de aranceles, determinando un arancel de entre el 10 y el 18% al CKD de los automóviles ensamblados en el país; y del 5, 7 y 9% para las camionetas, cuyo arancel era del 0% hasta antes del 12 de julio de 2012, fecha en que se publicó la resolución 65 del COMEX. (Comité de Comercio Exterior, 2012)

La resolución, además dispone al Ministerio de Industrias y Productividad que, de conformidad con la ley, determine la metodología para determinar la reducción del arancel a las ensambladoras de autos, principales importadoras de CKD, según el porcentaje de componentes locales que se incluyan en el ensamblaje de los vehículos; tomando como principal criterio de éste mecanismo, la necesidad de lograr una mayor incorporación de partes y piezas de origen nacional, permitiendo un crecimiento del sector autopartista en el país. (Comité de Comercio Exterior, 2012)

1.2.5 Eliminación de la exoneración arancelaria a los vehículos híbridos

La exención arancelaria vigente desde el 2008 que estimulaba la compra-venta de autos híbridos, permitió que dicho segmento se posicione en Ecuador generándose un incremento progresivo en las compras. La misma fue cancelada tras un análisis realizado en septiembre de 2010. En el mencionado estudio se demostró cuánto dinero dejaba de percibir el estado debido a la exención, en contraste con los beneficios obtenidos por la disminución de emisiones. Ante esto,

se creó una tabla de impuestos en función de la cilindrada de los vehículos. (Fervor por Guayaquil, 2011)

Según Fernando Hidrobo (2011) de AEADE, las importaciones en este segmento han disminuido, debido a que dicha tecnología resulta ser más costosa que la convencional y, a causa de los impuestos, su comercialización resulta menos rentable.

1.2.6 Acuerdo comercial Ecuador – Unión Europea

El jueves 17 de julio del 2014 el gobierno ecuatoriano finiquitó un acuerdo comercial entre Ecuador y la Unión Europea, en Bruselas, Bélgica. (Cueva, 2014)

El Ecuador tras abandonar la mesa de negociaciones de la que también formaban parte Colombia y Perú en el año 2009, considerándose que las cláusulas del acuerdo no estaban en armonía con las políticas e ideales de desarrollo que perseguía el país. (Cueva, 2014)

Cinco años tuvieron que pasar, para que el Ecuador retome las negociaciones con un bloque económico y comercial más fortalecido, culminando con la firma con el bloque europeo con particularidades específicas para el caso ecuatoriano que apuntan al bienestar y protección de los sectores más sensibles de su economía. (Cueva, 2014)

El pacto realizado en Ginebra en 2009 cuyo propósito fue reducir los aranceles europeos a la importación de banano, un producto primordial en la balanza de exportaciones del Ecuador, fue uno de los incentivos que impulsaron al país a cerrar este acuerdo comercial. Además, durante las reuniones la Unión Europea y el Ecuador fueron acortando diferencias en aspectos como, propiedad intelectual, compras públicas y servicios, que eran de particular preocupación para éste último. (El Comercio, 2014)

Una de las preocupaciones mayores para cerrar este acuerdo fue la preocupación por la debilidad ecuatoriana en lo referente a las exportaciones no petroleras. (Cueva, 2014)

Con un 60% del total de las exportaciones del Ecuador, se encuentra el sector petrolero; convirtiendo a Estados Unidos en el principal socio comercial del país; mientras que la Unión Europea capta el 30% de las exportaciones no petroleras del Ecuador. Actualmente 1500 empresas ecuatorianas exportan de forma directa

al mercado europeo, siendo las mipymes (micro, pequeñas y medianas empresas) el 60%. Si el Ecuador perdía este acceso preferencial con la Unión Europea las exportaciones tradicionales hubiesen caído a causa de aranceles muy altos. (Cueva, 2014)

Productos como azúcar de caña, maíz, arroz, harina, puré de banano, mezclas de café y productos derivados de café, entre otros, conforman la lista de nuevos productos que el Ecuador podrá exportar a la Unión Europea. (Cueva, 2014)

Fueron excluidos 128 productos que representan el 60% de la producción agrícola nacional; en el sector lácteo se logró la exclusión de la leche líquida, quesos frescos y mantequillas, se permitirá la importación de 400 toneladas de leche en polvo cada año (el 0.18% de la producción interna). (El Universo, 2014)

Ecuador por su parte, espera que este acuerdo le permita incrementar la transferencia de tecnología y las inversiones que contribuyan al objetivo del Gobierno de Rafael Correa de llevar a cabo el cambio de matriz productiva, y que el país pueda exportar no sólo recursos naturales sino también productos manufacturados y con mayor valor agregado. (Cueva, 2014)

1.3 Entorno Económico

1.3.1 Clasificación CIIU

La clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) es la clasificación internacional de referencia de las actividades productivas. Su propósito principal es ofrecer un conjunto de categorías de actividades que se pueda utilizar para la reunión y difusión de datos estadísticos de acuerdo con esas actividades. Desde que se aprobara la versión original de la CIIU en 1948, la mayoría de los países de todo el mundo vienen utilizando la CIIU como su clasificación nacional de las actividades económicas o han elaborado clasificaciones nacionales derivadas de ella. Por consiguiente, la CIIU ha proporcionado orientación a los países para comparar a nivel internacional los datos establecidos sobre las actividades económicas. La CIIU has sido ampliamente utilizada, tanto en el plano nacional como en el internacional, para clasificar los datos según el tipo de actividad económica en las diversas estadísticas económicas y sociales, como las referidas a las cuentas nacionales, la demografía de las empresas, el empleo y otros aspectos. Además, la CIIU se

utiliza también cada vez más con fines no estadísticos. (NACIONES UNIDAS, 2009)

El CIIU designado para esta actividad es el C-2910, denominado: Fabricación de vehículos automotores. (Ministerio del Ambiente, 2012)

1.3.2 Características del sector ecuatoriano

La industria automotriz en Ecuador empezó con su boom en la década de los años 50, teniendo en sus inicios la fabricación de carrocerías, asientos para buses, algunas partes y piezas metálicas siendo las protagonistas, empresas del sector metalmecánico y textil. Se debe destacar que en la actualidad, la contribución de la industria automotriz tiene un gran peso en el aparato económico nacional mediante el impulso a otras industrias del sector productivo, siendo las ensambladoras las firmas que imponen los estándares productivos de la cadena. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Por más de tres décadas, en el país se han ensamblado vehículos, en el año 1973 comenzó esta actividad, con un total de 144 unidades de un solo modelo, el Andino, producido por AYMESA hasta 1980. En la década de los setenta, la producción de vehículos superó las 5,000 unidades ensambladas. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Para el año de 1988 con el Plan del Vehículo Popular la producción se incrementó en un 54.21%, pasando de 7,864 vehículos en 1987 a 12,127 vehículos en 1988. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

La Zona de Libre Comercio entre Colombia, Ecuador y Venezuela, se perfeccionó cuatro años más tarde, abriendo las importaciones de vehículos de las marcas Chevrolet, Kia y Mazda que conforman la cadena productiva ecuatoriana de al menos 14 ramas de actividad económica (clasificación CIIU). (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

De esta manera, la industria del ensamblaje ha brindado la oportunidad de la producción local de componentes, partes, piezas e insumos en general lo que genera a su vez un encadenamiento productivo en la fabricación de otros productos relacionados a los automotores, maquinarias y herramientas necesarias para producirlos. (CINAE, 2013)

1.3.3 Producción nacional

En el 2013 se ensamblaron en el Ecuador 45.194 automóviles, 18.069 camionetas, 2.220 SUVs, 1.361 VANS y 1.338 camiones. (AEADE, 2013)

Tabla 4:

Producción nacional de vehículos por ensambladora

| AÑO | AYMESA | MARESA | OMNIBUS BB | CIAUTO | TOTAL |
|------|--------|--------|------------|--------|--------|
| 2008 | 6.432 | 8.790 | 55.988 | - | 71.210 |
| 2009 | 6.577 | 6.835 | 42.149 | - | 55.561 |
| 2010 | 13.092 | 8.995 | 54.165 | - | 76.252 |
| 2011 | 13.909 | 8.129 | 53.705 | - | 75.743 |
| 2012 | 18.613 | 9.826 | 52.959 | - | 81.398 |
| 2013 | 15.368 | 7.474 | 44.494 | 846 | 68.182 |

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2013.

Según cifras mostradas en la Tabla 4, las empresas ensambladoras produjeron 68,182 vehículos en el año 2013. Los vehículos de fabricación nacional atendieron el 49% (55,509 unidades) de la demanda local en el año 2013 evidenciando un incremento respecto al año 2012 que representaron el 46% (AEADE, 2013).

1.3.4 Exportaciones

Las ensambladoras nacionales OMNIBUS BB, AYMESA y MARESA exportaron un total de 7.213 vehículos en el 2013 registrando una reducción del 71% en comparación con las 24.815 unidades exportadas en el 2012. (AEADE, 2013)

El proceso de apertura comercial de la economía colombiana, materializado a través de la suscripción de Tratados de Libre Comercio con México y Corea, incidieron negativamente en la demanda de vehículos ecuatorianos que registraron una reducción del 57% en comparación con el volumen exportado al mercado Colombiano en el 2012. (AEADE, 2013)

La exportación de vehículos al mercado Venezolano registró también una caída del 87% en comparación con el año anterior. Las demoras en los procesos de pago a los exportadores a través de la Comisión de Administración de Divisas afectaron las exportaciones de vehículos ecuatorianos a Venezuela. (AEADE, 2013)

1.3.5 Importaciones

Las importaciones de vehículos armados (CBU) del año 2013 registraron un total de 62.595 unidades, mostrando una reducción del 6% en comparación con las 66.652 unidades importadas en el año 2012. El 51% de la demanda nacional fue atendida con vehículos importados (CBU).

Los principales países proveedores de vehículos (CBU) del mercado ecuatoriano son: Corea con el 24,7%, China con el 13,8%, Japón con el 12,5%, México con el 12,3%, Colombia con el 9%, Estados Unidos el 7%, Tailandia el 6,9% y de otros países se importa el 13,8%. No se exportaron vehículos nacionales a otros mercados. (AEADE, 2013)

1.3.6 Empleo

A escala nacional, de acuerdo a la información del Censo Nacional Económico 2010, existen 29.068 establecimientos económicos dedicados a actividades de comercio automotriz, de los cuales el 70% corresponden a establecimientos que realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores, mientras que el 30% restante se dedica a la venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores; venta al por menor de combustibles y venta de vehículos. (Censo Nacional Económico)

Las actividades relacionadas al sector automotriz generan un importante número de plazas de empleo. De acuerdo a información del Censo Económico 2010 se tienen 90.012 personas ocupadas, de las cuales el 83% son hombres y el 17% mujeres. En los establecimientos de Comercio se encuentran ocupadas 84.155 personas, en Manufactura 5.194 y en Servicios 663. (Censo Nacional Económico)

1.3.7 Producto interno bruto

El Producto Interno Bruto (PIB) se define como la producción total de bienes y servicios finales generados en un país, sus tasas de crecimiento así como la evolución de sus componentes permiten caracterizar el comportamiento de la economía ecuatoriana a través de sus diversos sectores.

El análisis de la variación del PIB en términos reales (a precios constantes) permite evidenciar el comportamiento del crecimiento de la economía ecuatoriana

desde una perspectiva de producción. Desde el año 2003, el PIB real muestra resultados volátiles sin una tendencia definida, lo cual permite señalar que el crecimiento de la economía ecuatoriana en general se ha visto altamente afectada por circunstancias especiales presentadas en cada año, lo que ha impedido poder observar alguna tendencia sostenida de crecimiento en el largo plazo.

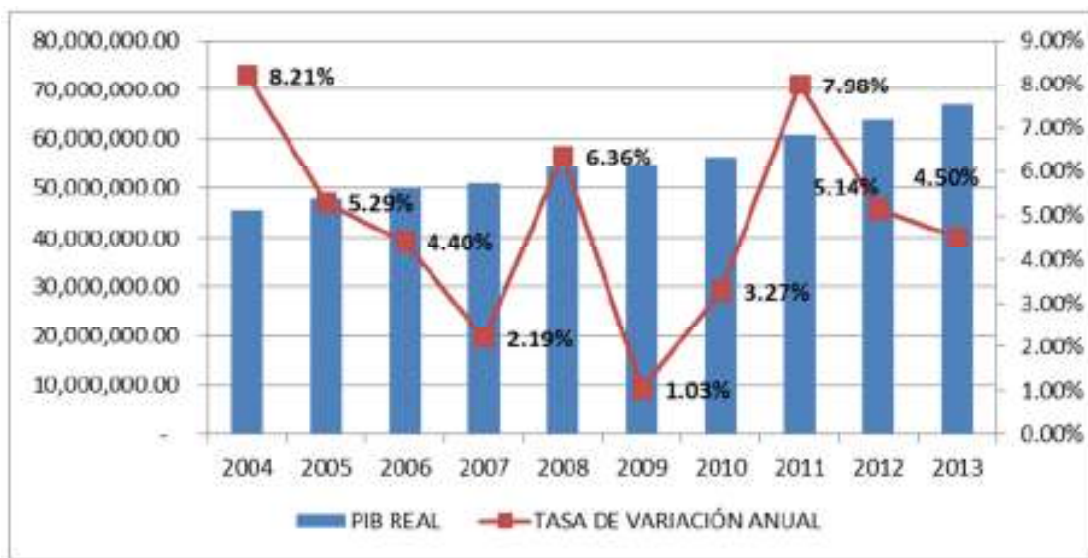


Figura 1. Producto interno bruto real y tasa de crecimiento periodo 2004 al 2013

Fuente: Fuente: Banco Central del Ecuador, BCE

Para el año 2013, el PIB real llegó a los USD 66.889 millones, lo que significará un crecimiento del 4,50% en comparación con el año anterior. Esta tasa reflejaría una reducción en el crecimiento de la producción nacional luego de haber alcanzado un 5,14% en la tasa de crecimiento para el año 2012.

Este análisis en el tiempo, permite observar el comportamiento del PIB, aislando los efectos coyunturales, producto de cualquier acontecimiento que haya perturbado a esta variable, que generalmente son absorbidos rápidamente por la economía, es decir, presenta una visión económica de mediano y largo plazo.

Un análisis pormenorizado de que factores incidieron en el resultado del 2013, requiere de un análisis de la conformación del PIB por el lado de la oferta como de la demanda en este periodo.

Por el lado de la demanda, es importante establecer en qué medida se demandó producción nacional por parte de los agentes internos (Consumo Interno) y de los

agentes externos. Sin embargo, a efectos de que el análisis aporte relevancia al estudio de precios de transferencia, concretamente en el caso particular de las actividades del sector automotriz, será importante establecer el comportamiento de la demanda interna, pues la misma podría reflejar un mayor gasto en la economía del cual se beneficie el sector en estudio.

1.4 Entorno socio-cultural

Según un informe presentado por el IDE (IDE BUSINESS SCHOOL, 2004), el que indica que a la hora de comprar un vehículo (nuevo o usado), el cliente privilegia: seguridad (28%), precio (20%), confort (13%), garantía (11%) y potencia (12%). Aunque la seguridad y el precio sobresalen como lo más valorado, en realidad ningún factor se convierte en diferencial a la hora de elegir, sino que es una combinación de todos que diferencia una marca del resto. En el 60% de los casos es el padre de familia el que define la necesidad de un automotor y el que resuelve la compra. Aunque las madres tienen un importante 30% a la hora de resolver la compra, y poco a poco van ganando más participación en la decisión (sobre todo en la Sierra). El padre de familia es el que paga entre el 80 al 90% de las cuotas del automotor adquirido, y es el usuario mayoritario en 78% de los casos.

Los 113.812 vehículos nuevos comercializados en el año 2013 se distribuyeron geográficamente en las siguientes provincias: el 40,8% en Pichincha, el 27% en Guayas, el 7% en Tungurahua, 5,6% en Azuay, el 3,5% en Manabí, el 3% en Imbabura y el 13% restante en las demás provincias. (AEADE, 2013)

Con relación al año 2012 la participación por provincias se ha mantenido similar. El segmento de vehículos nuevos más demandado por los usuarios es el de automóviles que concentró el 41% de las ventas, seguido por SUV's con el 24%, camionetas con el 19%, los camiones concentraron el 10%, las VAN's el 5% y los buses el 1%. (AEADE, 2013)

Según la Agencia de Noticias Andes (2013), el gobierno ecuatoriano estudia la posibilidad de aplicar cupos de consumo de hasta 300 galones de gasolina por año en el sector privado, a partir del 2015. Con esta potencial normativa, cada ecuatoriano que tiene un auto, registrará una tarjeta con el número de matrícula para consumir 300 galones subsidiados por año, en caso de sobrepasar ésta cifra, el consumidor tendrá que comprar a precio de mercado, sin subsidio.

Actualmente, Ecuador invierte 3.800 millones de dólares en subsidio de combustibles, lo cual se busca corregir, con el único propósito de atender a los sectores sociales que realmente lo necesitan. Según el presidente Rafael Correa (2013), en el caso de gasolina y diésel el problema se centra en un 30% de los consumidores; porque el restante 70% es utilizado por el sector del transporte público y transporte de carga. (Agencia pública de noticias del Ecuador y Suramerica, 2013)

1.5 Entorno tecnológico

1.5.1 Tecnología e innovaciones del sector a nivel mundial

Las tecnologías en la producción de vehículos utilizadas actualmente están orientadas hacia las siguientes ramas:

- **Tecnologías orientadas a la seguridad**, como por ejemplo los airbags inteligentes y totalmente automatizados, así como los sistemas de alarmas de pre-colisión. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)
- **Tecnologías orientadas al confort**, los fabricantes han introducido nuevos materiales para interiores, innovaciones para el control climático, aprovechar de una forma más óptima el espacio para el confort y la carga. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)
- **Tecnologías orientadas al cuidado del medio ambiente**, los sistemas de motorización de los nuevos vehículos son más eficientes y durables; y se consideran menos dañinos para el medio ambiente (Vehículos eléctricos e híbridos son amigables con esta tendencia). (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

1.5.2 Comportamiento y tendencias de consumo de los principales países importadores

La industria automotriz a nivel mundial está apuntando su producción para cumplir con los requerimientos de los consumidores de los principales países importadores, es así que cada vez son más los vehículos que cuentan con nuevas tecnologías, como motores de combustión que trabajan con mayor eficiencia y

menos combustible; y por los autos que funcionan con energía eléctrica colaborando de esta forma con el uso de la tecnología renovable. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013)

Según la Dirección de Inteligencia e Inversiones (2013), los fabricantes de automóviles a nivel mundial, están enfocados en 4 puntos básicos para el desarrollo de sus industrias:

- Adaptar los vehículos a las legislaciones con mayores requisitos en emisiones contaminantes, tanto HC, CO, NOx monóxido de carbono y partículas.
- Reducción del consumo de combustible y dióxido de carbono.
- Mejorar el desenvolvimiento del vehículo en materia de seguridad.
- Líneas de desarrollo asociadas al confort de los automotores, para ajustarse a las necesidades de los usuarios.

Otro componente importante que busca el consumidor actualmente y que se va incluyendo poco a poco en los nuevos diseños es la inclusión de las tecnologías de la comunicación, debido a que los usuarios buscan usar la transportación como un medio más para estar comunicados. Aunque esta es una tendencia que está en desarrollo. (DELOITTE, 2013)

1.6 Entorno ambiental

1.6.1 Legislación actual

El Ecuador y el Distrito Metropolitano de Quito, disponen de una amplia legislación ambiental que se resume en el Texto unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS). En el libro VI de la Calidad Ambiental, en el Título II y IV, se cuenta con las Políticas Nacionales de Residuos Sólidos y el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental respectivamente. En el Título V se encuentra el Reglamento para la Prevención y Control de Desechos Peligrosos. Lo sustancial de los Títulos II y IV, acerca del manejo de residuos sólidos, es que es una norma técnica dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta

su disposición final. La mencionada norma técnica detalla las responsabilidades, prohibiciones, normas generales para el manejo, almacenamiento, entrega, recolección y transporte, transferencia, tratamiento, recuperación y saneamiento de botaderos de desechos sólidos no peligrosos. Además, las normas de disposición de desechos sólidos no peligrosos empleando la técnica de relleno manual y mecanizado, finalmente normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas. (TULAS, 2002).

El ámbito de aplicación del Reglamento para la prevención y Control de los Desechos Peligrosos, en los artículos 142, 143, 144, nos indican las fases de gestión y los mecanismos de prevención y control de los desechos peligrosos según las leyes de Gestión Ambiental, de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental con sus respectivos reglamentos y el Convenio de Basilea. Regirán todos los desechos peligrosos que se encuentren determinados y caracterizados en los Listados de Desechos Peligrosos (Anexo A-1) aprobados por la autoridad ambiental competente. Nuevamente, la aplicación del reglamento es para toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que se encuentre gestionando desechos peligrosos en territorio Nacional (TULAS, 2002).

Para el manejo de residuos en Quito exclusivamente, se cuenta con el Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, libro Segundo de la Reglamentación Metropolitano, Título V del Medio Ambiente, donde se exponen las normas de barrido, entrega y recolección de residuos domésticos, comerciales, industriales y biológicos no tóxicos, para la prevención y control de la contaminación producida por las descargas líquidas industriales y las emisiones hacia la atmósfera y normas para el manejo ambientalmente adecuado de aceites usados. Además junto con el Código Municipal está la ordenanza Metropolitana No. 146 de 20 de mayo de 2005, del Anexo 3 para la codificación del Título V, "Del Medio Ambiente", del libro segundo, del código municipal para el Distrito Metropolitano de Quito que determina la elaboración de normas técnicas de calidad ambiental y de emisión, descargas y vertidos que optimicen los procesos y permitan contar con la información necesaria para mejorar la gestión ambiental (Ordenanza 146, 2005).

En Quito y en algunas parroquias aledañas se generan aproximadamente 1500 toneladas de desechos sólidos al día y existen serios problemas relacionados con

el manejo de estos residuos urbanos e industriales. Para empezar, las instituciones que realizan la recolección de basura, no pueden operar de manera eficiente por falta de recursos económicos. La construcción de un nuevo lugar para colocar todos los residuos que generan los habitantes y las industrias de Quito, es cada vez más difícil de alcanzar. La falta de espacio geográfico es un limitante a considerar, al igual que la aprobación de las comunidades o ciudades aledañas al posible lugar de futuro relleno sanitario (Gallardo, 2006).

Una opción que se puede tomar en cuenta, es la del reciclaje. En la actualidad en la ciudad de Quito, la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente (DMA) ha certificado a cuatro empresas para gestionar residuos peligrosos y a 10 para los residuos no peligrosos como Gestores Tecnificados, una cantidad limitante para las aproximadamente 2000 industrias y 2'000.000 de habitantes en la ciudad de Quito.

1.6.2 Evaluación de impactos ambientales producidos por el proceso de ensamblaje de autos

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), creada como un instrumento de política ambiental, analítica y de alcance preventivo, que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en caso de ser ejecutado o de una industria en su entorno; bajo estos precedentes, el procedimiento ofrece un conjunto de ventajas al ambiente y al proyecto o industria, invariablemente, esas ventajas sólo son apreciables después de largos períodos de tiempo y se concretan en economías en las inversiones y en los costos de las obras, en mejores diseños integrados al ambiente y en una mayor aceptación social de las iniciativas de inversión. (Enríquez, 2015)

Los componentes a evaluarse son: recurso aire, recurso agua, recurso suelo, desechos, proceso geomorfodinámico, medio biótico, socioeconómico, llegando a valorar el impacto final.

Tabla 5:
Valoración del impacto ambiental producido por el proceso

| Componentes | Factores | Valor de impacto | Porcentaje de afectación |
|--------------------------|---|------------------|--------------------------|
| Recurso aire | Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores) | -16,00 | -5,8% |
| | Nivel de ruido y vibraciones | -42,00 | -15,2% |
| Recurso agua | Calidad de agua (generación de efluentes) | -20,00 | -7,2% |
| Recurso suelo | Calidad de suelo | -8,00 | -2,9% |
| Desechos | Generación de desechos sólidos | -8,00 | -2,9% |
| Proceso geomorfodinámico | Erosión | -0,30 | -0,1% |
| | Geomorfología | -0,30 | -0,1% |
| | Inestabilidad | -0,30 | -0,1% |
| Medio biótico | Flora | -0,30 | -0,1% |
| | Fauna | -0,30 | -0,1% |
| | Ecosistemas | -0,30 | -0,1% |
| Socioeconómico | Actividades comerciales | 72,00 | 26,1% |
| | Empleo | 54,00 | 19,6% |
| | Aspectos Paisajísticos | -4,00 | -1,4% |
| | Riesgos a la población | -0,40 | -0,1% |
| | Servicios básicos | -0,40 | -0,1% |
| | Calidad de vida de las comunidades | -0,40 | -0,1% |
| | Salud Ocupacional y seguridad laboral | -49,00 | -17,8% |
| Impacto total | | -24,00 | -8,7% |
| Porcentaje del impacto | | | |

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2012.

En la Tabla 5, se presenta la valoración de los impactos ambientales producidos por el desarrollo del proceso de ensamblaje de autos. El impacto final resultante del proceso es de -24 catalogado como impacto poco significativo de carácter negativo. (Ministerio del Ambiente, 2012)

Como se observa la Figura 2, el desarrollo del proceso causa impactos negativos sobre el nivel de ruido y vibraciones, generación de humos de soldadura, desechos sólidos y aguas residuales, salud ocupacional y seguridad laboral. Los impactos positivos de la actividad se generan en los factores actividades comerciales (significativo) y empleo (medianamente significativo). (Ministerio del Ambiente, 2012)

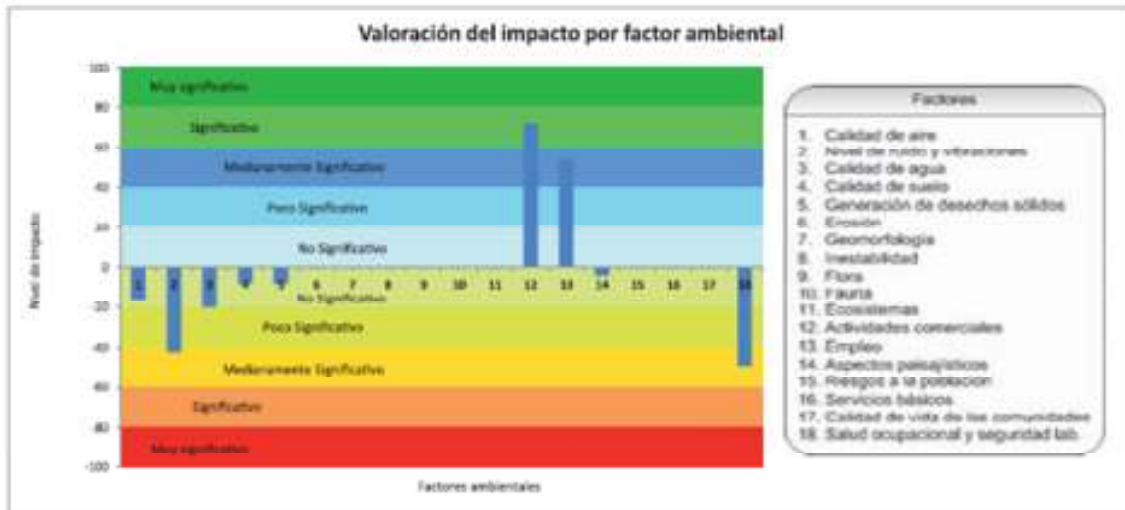


Figura 2. Representación gráfica del impacto ambiental producido por el proceso
Fuente: Ministerio del Ambiente, 2012.

1.7 La empresa

1.7.1 Antecedentes

La empresa fue constituida el 28 de abril de 1970 con el nombre de Autos y Máquinas del Ecuador S.A, convirtiéndose en la primera empresa de ensamblaje de automóviles en el Ecuador. Abre sus puertas como un dealer de las marcas Vauxhall y Bedford. (AYMESA S.A., 2013)

Tres años después, en mayo de 1973, inicia su recorrido con el proyecto BTV (Basic Transport Vehicle), lanzando al mercado el primer vehículo de fabricación local, el memorable Andino, un vehículo sencillo con una plataforma Bedford y un motor de 1,4 litros Vauxhall. Un proyecto perseguido en varios países del mundo, pero que solo logra éxito en Ecuador. Para 1975, más de 1.000 vehículos se ensamblaron, llegando a venderse algunos de ellos en Colombia, convirtiéndose en el primer producto de exportación realizado por la industria automotriz ecuatoriana. (AYMESA S.A., 2013)

En los siguientes años este modelo se fabricará con algunas variantes, pero manteniendo su esencia como vehículo básico de transporte (BTV). (AYMESA S.A., 2013)

Para 1975 y hasta 1981 Aymesasa produce vehículos con carrocería de fibra de vidrio, una versión del exitoso Opel Cadet, que en Ecuador se la conocería como

Cóndor, un modelo potente y liviano que en más de una ocasión demostró su desempeño en competencias automovilísticas. (AYMESA S.A., 2013)

A partir del año 1981, Aymesa adquiere sus primeras estaciones de soldadura e inicia la producción de unidades de carrocería metálica, iniciando con el Chevette de General Motors. (AYMESA S.A., 2013)

En el año 1996, se realiza un gran inversión que por un lado duplica su capacidad de producción por hora, e incluye un nuevo sistema de aplicación de fondo (pintura) por electro-deposición ELPO, un sistema de inmersión en el que la pintura se adhiera a la carrocería por afinidad electrostática, logrando una inmejorable cobertura, asegurando la característica anticorrosiva del acabado de pintura del vehículo. (AYMESA S.A., 2013)

A partir del año 1999, Aymesa inicia su relación con el fabricante Kia Motors Company de Corea, son su modelo Sportage. Relación que se ha mantenido, y más aún, ha crecido, incorporando nuevos modelos y rompiendo consistentemente año tras año records de producción. (AYMESA S.A., 2013)

En el 2000, la compañía cambia su razón social a AYMESA S.A. (AYMESA S.A., 2013)

En el 2004, la compañía paraliza sus operaciones. (AYMESA S.A., 2013)

En el 2007, la compañía reapertura su planta industrial y reactiva sus operaciones de ensamblaje. (AYMESA S.A., 2013)

Para el 2011, Aymesa incorpora una nueva línea de ensamblaje independiente dedicada a la producción de camiones de la marca Hyundai. (AYMESA S.A., 2013)

A fines del 2011, inicial un proyecto de ampliación de la planta para trasladar parte del proceso de ensamblaje.

El estricto seguimiento a los procesos productivos, han sido reflejados en las auditorías llevadas a cabo por Kia Motors a sus plantas alrededor del mundo, consiguiendo que Aymesa se ubique en los primeros lugares a nivel mundial de entre las plantas ensambladoras de la marca. (Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2013)

El fuerte compromiso con la protección medio ambiental se refleja con la planta de tratamiento de aguas y desechos de sólidos, que elimina la contaminación en sus vertidos, superando la normativa de control establecida por los entes reguladores. (Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2013)

De ésta manera, Aymesa se constituye en una ensambladora automotriz multimarca, ofreciendo sus servicios de ensamblaje de vehículos a varias marcas al mismo tiempo, contando con una capacidad instalada de 36.000 unidades al año. (Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, 2013)

1.7.2 Infraestructura y manufactura

La planta ensambladora de vehículos multimarca Aymesa S.A. está ubicada sobre la Av. Pedro Vicente Maldonado, en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito. Cuenta con infraestructura física de producción dotada de nuevas maquinarias y equipos con tecnología de punta en sus plantas de soldadura, pintura y ensamblaje.

La planta de soldadura cuenta con modernas celdas por cada uno de los modelos que se producen, dotadas de jigs (Dispositivos de fijación y anclaje donde se colocan los componentes metálicos de un conjunto o subconjunto de la carrocería) con comando electroneumático. Los jigs para soldadura de subconjuntos metálicos tienen control semiautomático, mientras que el jig principal es controlado automáticamente en su totalidad. La línea de remate y cuadratura metálica es manejada manualmente.

La planta de pintura inicia con el sistema ELPO (electro deposición) de inmersión en cubas llenas de producto de recubrimiento químico anticorrosivo, operado automáticamente. Las cabinas de pintura de fondo y de esmalte tienen un ambiente controlado a continuación ligados con hornos de curado de tres etapas que cuentan con un sistema de transportador de cadena programado con tiempos determinados de acuerdo a los fabricantes de los productos de pintura. Una planta de tratamiento de agua, es la encargada de descontaminar la misma a los estándares exigidos por el municipio del distrito metropolitano de Quito antes de ser descargadas por el sistema de alcantarillado.

La moderna planta de ensamblaje, cuenta con sistemas de última generación para el transporte a lo largo de toda la línea de producción e instalación de sistemas propios de cada vehículo, con dos líneas móviles de transporte en piso, una en

Trim y la otra en Final; además de una línea de transporte elevado para Chasis y un sistema de llenadoras de fluidos semiautomáticas que optimizan el proceso de línea continua.

Al final una línea de pruebas compuesta por:

- una alineadora de ruedas y luces
- un DVT para pruebas para rodaje y frenado,
- un sistema integral de chequeo electrónico,
- un sistema cerrado de prueba de lluvia y filtraciones,
- y una cabina iluminada para el control de apariencia estética del vehículo, garantizan el correcto ensamblaje de los vehículos.

La manufactura implica realizar las actividades de programación de ciclos de producción, ingeniería, coordinación y supervisión de la producción.

- *Programación de los ciclos de producción.*

La compañía ensambla vehículos a razón de un turno extendido, esto es de acuerdo al proceso que lo requiera.

- *Ingeniería de manufactura.*

Cuenta con personal con experiencia en la rama automotriz el cual es capacitado frecuentemente por la compañía local y de la dueña de la marca (KIA). El proceso de ensamblaje es afectado acorde a las directrices establecidas por KIA MOTOR CORPORATION.

- *Coordinación y supervisión de la producción.*

Cada etapa del proceso de producción es supervisada por personal técnico calificado, el cual garantiza que la planificación establecida se cumpla.

1.7.3 Estratégico

- *Misión*

En Aymesa producimos vehículos competitivos y de alta calidad que aseguran la permanencia del negocio, y lo hacemos respetando la ley y el medio ambiente. (Aymesa S.A., 2014)

Enfocada bajo los tres parámetros de planteamiento para despliegue de la misma: qué hacemos (producto o servicio), como lo hacemos (procesos) y para quien lo hacemos (clientes).

- *Visión*

Ser la mejor ensambladora automotriz a nivel nacional y una de las mejores del área andina. (Aymesa S.A., 2014)

La visión, enmarcada en un período de tiempo de alrededor de cinco para llevar a cabo su propósito, se la tendría que revisar por las políticas de mercado que vive el país y la región

- *Política de calidad y ambiente*

Aymesa S.A. es una empresa ecuatoriana dedicada al ensamblaje de automotores declara su compromiso de realizar sus procesos industriales, cumpliendo con las leyes vigentes que aplican al giro del negocio, generando planes de acción para prevenir la contaminación ambiental.

La empresa garantiza la calidad y entrega oportuna de sus productos y busca continuamente la satisfacción de sus clientes, cumpliendo con sus exigencias y requisitos establecidos, mejorando continuamente la eficacia del sistema de Gestión de Calidad y Ambiente a través de la capacitación continua de sus empleados y el seguimiento a sus objetivos y metas. (Aymesa S.A., 2014)

- *Valores de Aymesa:*

Aymesa S.A. produce vehículos con calidad, tomando como primordial los siguientes valores:

- Lealtad del cliente.
- Mejora continua.
- Innovación.
- Amistad.

- Integridad, seguridad y respeto.
- Trabajo en equipo.
- Pasión del colaborador hacia la marca.

1.7.4 Estructura organizacional

Aymes S.A. tiene un organigrama de tipo funcional, contando con seis áreas, una clave y cinco de apoyo. El área clave es la Dirección de manufactura que está liderada por cinco gerentes encargados de que se lleven a cabo las actividades necesarias en el proceso productivo. Las áreas de apoyo son la de tesorería, contabilidad, recursos humanos, sistemas y exportaciones.

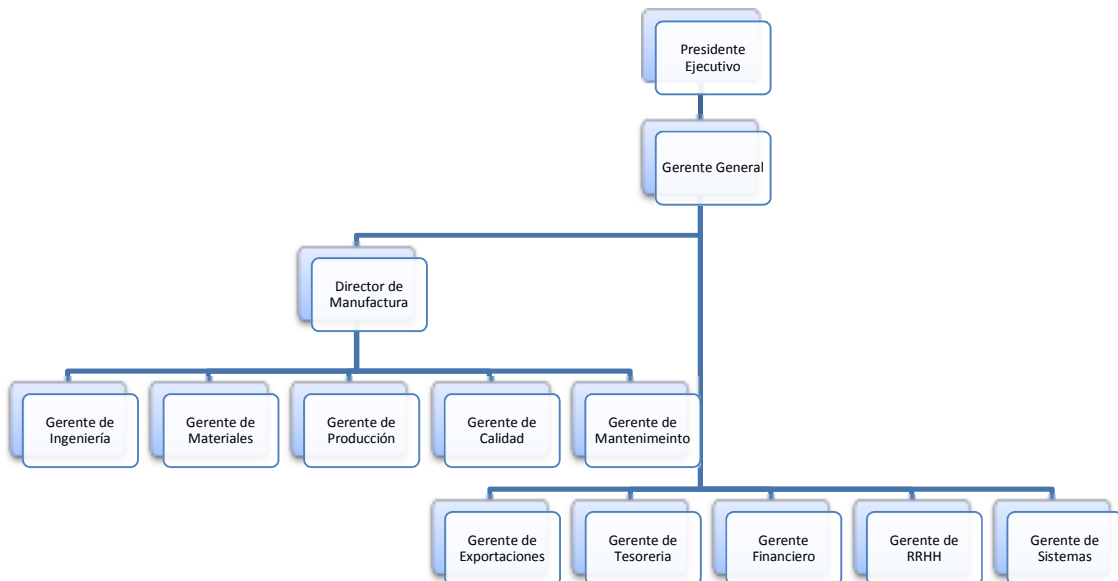


Figura 3. Organigrama de AYMESA S.A.

Fuente: AYMESA S.A, 2014.

En el año 2013, en lo referente a las áreas de trabajo de la compañía, se ha pudo observar un crecimiento pequeño de la cantidad de empleados en un 2,19%, esto obedeció al incremento de los niveles de producción de la empresa. (AYMESA S.A., 2013)

AYMESA S.A. es una planta ensambladora de vehículos multimarca, que cuenta con alrededor de 300 empleados, distribuidos en el área administrativa y en las plantas de soldadura, pintura y ensamblaje, en las cuales los procedimientos y actividades inmersas dentro del proceso productivo se consideran dentro de la

planificación de los pasos a seguir para lograr los objetivos propuestos; la planificación consta de diferentes pasos como son la detección de las oportunidades, establecimiento de los objetivos, consideración de las premisas de planificación, identificación de alternativas, comparación de alternativas de acuerdo a las metas, elección de una alternativa, elaboración de planes de apoyo y elaboración del presupuesto. (AYMESA S.A., 2013)

1.7.5 Financiero

- *Contexto macroeconómico*

El análisis macroeconómico permite establecer que aspectos del entorno económico incidieron en los resultados del sector automotriz y en las actividades de fabricación y ensamblaje de vehículos que realiza Aymesa S.A.

Para ello, se analiza las principales variables económicas del Ecuador, poniendo énfasis en aquellas que guarden una mayor relación con el tipo de actividad desarrollada por la empresa, dejando claro la innegable interdependencia que existen entre todas las variables económicas a efectos de asegurar equilibrios macroeconómicos.

- *Sector real*

En esta parte se estudia el comportamiento del sector real de la economía a través del desenvolvimiento de algunas variables macroeconómicas tales como la producción, la inversión y el consumo. Variables que permiten establecer un panorama general de la situación del sector real de la economía ecuatoriana. Adicionalmente a ello, se analizarán los precios, los salarios y el desenvolvimiento del mercado laboral, ya que dichas variables inciden de manera directa en el sector real de la economía.

Por temas de confidencialidad no se presentan los valores mencionados anteriormente.

1.7.6 Productos

Según el sistema de producción Aymesa (2014), los vehículos ensamblados en la planta industrial son de la marca KIA.

Tabla 6:

Vehículos ensamblados en la planta de AYMESA S.A. de la marca KIA.

| CKD'S MARCA | FOB | TOTAL UNIDADES |
|--------------|-----------------------|----------------|
| CERATO | 35.008.500,04 | 3.800 |
| PREGIO | 13.346.694,60 | 1.350 |
| RIO | 40.396.199,00 | 7.000 |
| SPORTAGE | 47.499.726,90 | 6.090 |
| TOTAL | 136.251.129,90 | 18.240 |

Fuente: AYMESA S.A, 2014.

Esta línea consiste en la compra de partes y piezas para ensamblarlas (CKD) y obtener como producto final los vehículos de la marca KIA como se evidencia en la Tabla 6, con los modelos: Rio Stylus, Cerato Forte y Sportage Active. Posteriormente se realiza la venta de los vehículos a los distribuidores locales o del exterior.

Adicionalmente, la compañía presta servicios de ensamblaje de vehículos de la marca HYUNDAI, el servicio consiste en el ensamblaje de las partes y piezas proporcionadas por el fabricante local de vehículos de la marca. Los tipos de vehículo ensamblados son camiones.

1.7.7 Clientes

AYMESA S.A cuenta con clientes ubicados geográficamente en el país y en el exterior que se caracterizan por ser distribuidores mayoristas de vehículos de la marca KIA.

Tabla 7:

Principales clientes de AYMESA S.A. Ejercicio fiscal 2013

| CLIENTE | CANTIDAD | TIPO DE CLIENTE | PORCENTAJE |
|------------------------|---------------|-----------------|------------|
| AEKIA S.A. | 8.682 | Local | 66,13% |
| METROKIA S.A. | 4.048 | Exterior | 33,82% |
| OTROS CLIENTES LOCALES | 8 | Local | 0,05% |
| Total general | 12.738 | | |

Fuente: AYMESA S.A, 2014.

En la Tabla 7, se indican los principales clientes de AYMSEA S.A., siendo AEKIA el representante de Kia en Ecuador y METROKIA su similar en Colombia.

1.7.8 Proveedores

Según Aymesa (2014), dentro de los productos con contenido local, la industria de fabricantes de autopartes ofrece:

- Aros y neumáticos para autos y camiones, tanto radial como convencional.
- Alfombras termoformadas y planas, insonorizantes para piso, techo, motor y capot.
- Asientos para vehículos: individuales, delanteros y posteriores.
- Forros para asientos de vehículos y tapicería.
- Silenciadores y sistemas de escape automotriz,
- Vidrios y parabrisas para automóviles.
- Hojas y paquetes de resortes o muelles de ballestas.
- Ensamble da auto radios y fabricación de arneses de cables para sistemas de audio.
- Alarmas sonoras de seguridad.
- Vidrios laterales y lunetas delantera y posterior.
- Fondos, pinturas y barniz automotriz.
- Acumuladores de batería.

1.7.9 Competencia

Aymesa S.A en el ensamblaje de vehículos tiene como competidores a las compañías OMNIBUS BB y MARESA S.A, esto debido a que realizan el ensamblaje de automóviles de las marcas CHEVROLET Y MAZDA, las cuales al tener una importante participación del mercado local pueden terminar impactando a la compañía.

La producción de las ensambladoras nacionales AYMESA, MARESA y OMNIBUS BB ascendió a 67.336 unidades en el año 2013 y a esta producción se sumaron a partir de este año 846 unidades de la ensambladora de chasises CIAUTO. La producción nacional abasteció al 49% (55.509 unidades) del consumo local, mientras que en 2012 atendieron al 46%. (AEADE, 2013)

Tabla 8:**Producción de vehículos por ensambladora y segmento 2006-2013**

| AÑO | ENSAMBLADORA | AUTOMÓVILES | CAMIONETAS | SUV'S | VAN'S | CAMIONES | BUSES | TOTAL GENERAL |
|-------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 2006 | MARESA | 965 | 5.344 | - | - | - | - | 6.309 |
| | OMNIBUS BB | 15.962 | 20.404 | 8.999 | - | - | 89 | 45.454 |
| TOTAL 2006 | | 16.927 | 25.748 | 8.999 | - | - | 89 | 51.763 |
| 2007 | AYMESA | 5.812 | - | - | 1.785 | - | - | 7.597 |
| | MARESA | 1.073 | 6.243 | - | - | - | - | 7.316 |
| | OMNIBUS BB | 14.209 | 20.992 | 9.102 | - | - | 74 | 44.377 |
| TOTAL 2007 | | 21.094 | 27.235 | 9.102 | 1.785 | - | 74 | 59.290 |
| 2008 | AYMESA | 3.629 | - | - | 2.803 | - | - | 6.432 |
| | MARESA | 192 | 8.598 | - | - | - | - | 8.790 |
| | OMNIBUS BB | 17.108 | 24.534 | 14.032 | - | - | 314 | 55.988 |
| TOTAL 2008 | | 20.929 | 33.132 | 14.032 | 2.803 | - | 314 | 71.210 |
| 2009 | AYMESA | 4.109 | - | 1.178 | 1.290 | - | - | 6.577 |
| | MARESA | - | 6.835 | - | - | - | - | 6.835 |
| | OMNIBUS BB | 14.116 | 10.543 | 17.490 | - | - | - | 42.149 |
| TOTAL 2009 | | 18.225 | 17.378 | 18.668 | 1.290 | - | - | 55.561 |
| 2010 | AYMESA | 6.499 | - | 4.802 | 1.791 | - | - | 13.092 |
| | MARESA | - | 8.995 | - | - | - | - | 8.995 |
| | OMNIBUS BB | 20.065 | 14.304 | 19.796 | - | - | - | 54.165 |
| TOTAL 2010 | | 26.564 | 23.299 | 24.598 | 1.791 | - | - | 76.252 |
| 2011 | AYMESA | 4.399 | - | 6.860 | 2.629 | - | 21 | 13.909 |
| | MARESA | - | 8.129 | - | - | - | - | 8.129 |
| | OMNIBUS BB | 22.829 | 15.489 | 15.387 | - | - | - | 53.705 |
| TOTAL 2011 | | 27.228 | 23.618 | 22.247 | 2.629 | - | 21 | 75.743 |
| 2012 | AYMESA | 6.947 | - | 7.675 | 2.209 | 1.782 | - | 18.613 |
| | MARESA | - | 9.826 | - | - | - | - | 9.826 |
| | OMNIBUS BB | 27.597 | 15.067 | 10.295 | - | - | - | 52.959 |
| TOTAL 2012 | | 34.544 | 24.893 | 17.970 | 2.209 | 1.782 | - | 81.398 |
| 2013 | AYMESA | 12.770 | - | - | 1.361 | 1.237 | - | 15.368 |
| | CIAUTO | | 349 | 396 | - | 101 | | 846 |
| | MARESA | - | 7.474 | - | - | - | - | 7.474 |
| | OMNIBUS BB | 32.424 | 10.246 | 1.824 | - | - | - | 44.494 |
| TOTAL 2013 | | 45.194 | 18.069 | 2.220 | 1.361 | 1.338 | - | 68.182 |

Fuente: AEADE, 2013

Como se puede evidenciar en la Tabla 8, el 66% de la producción nacional se concentra en el segmento automóviles, el 27% en el segmento camionetas, el 3% en el ensamblaje de furgonetas y el 2% el ensamblaje de camiones. (AEADE, 2013)

2. LOS SIETE DESPERDICIOS Y LOS CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LOS QUE SE SUSTENTA EL SISTEMA ANDON.

Los siete desperdicios es una herramienta para clasificar las denominadas MUDAS que fue desarrollado originalmente por el jefe de Toyota ingeniero Taiichi Ohno como el núcleo del sistema de producción de Toyota, también conocida como Manufactura Esbelta. Su fin es tomar conciencia de los distintos tipos de desperdicios y del gran problema que estos acarrearán en una empresa, como también convencer tanto a sus directivos y a todo el personal involucrado acerca de la necesidad de identificar y eliminar los desperdicios como meta prioritaria. Sin un firme convencimiento y un claro entendimiento de la situación y de los peligros que traen consigo no sólo para la organización, sino además para sus clientes y la sociedad en su conjunto. (Padilla, 2010)

2.1 Los siete desperdicios

El objetivo principal de cualquier sistema de manufactura lean o esbelto es la eliminación de desperdicios. El desperdicio o muda es cualquier actividad que no agregue valor al bien o servicio que se ofrece, y por el cual el cliente no está dispuesto a pagar. No importa qué tan efectivo o eficiente sea un proceso, un cierto nivel de desperdicios está siempre presente. (Domingo, 2003)

Hay dos tipos de desperdicios, los obvios y los ocultos. Es importante encontrar y eliminar estos últimos, ya que son generalmente los más grandes. Los desperdicios toman la forma de un iceberg, la punta se compone de los desperdicios obvios, mientras que la base que está bajo el agua y no se la puede ver, contiene los desperdicios ocultos. (Domingo, 2003)

En un proceso, los desperdicios pueden presentarse en las entradas, en la etapa de procesamiento o en las salidas. Se los puede encontrar en forma de materiales, actividades, equipos, instalaciones, mano de obra, servicios públicos, documentación, gastos, movimientos, y un sinnúmero de actividades que no agregan valor al producto o servicio. (Domingo, 2003)

Según René Domingo (2003), los pasos para la eliminación eficaz de los residuos son:

1. Hacer visibles los residuos.

2. Estar conscientes de que existen desperdicios.
3. Hacerse responsable de los desperdicios.
4. Medir los desperdicios.
5. Eliminar o al menos llegar a reducir los desperdicios.

En otras palabras, antes de poder eliminar los desperdicios, se debería poder visualizarlos, reconocerlos, identificar qué o quién es el responsable de los mismos, y, finalmente, valorar su magnitud y tamaño. Los desperdicios que no se ven y no se cuantifican, no se los puede eliminar. (Domingo, 2003)

Cuando se niega la existencia de algo tan perjudicial como los desperdicios, es imposible llegar a detenerlos, reducirlos o peor aún eliminarlos. Por último, cuando no se mide los desperdicios, la gente puede pensar que es un problema pequeño o trivial y por lo tanto no va a tener la motivación para detenerlos. Es decir lo que no se puede medir, no se puede mejorar. (Domingo, 2003)

2.2 Clasificación

De una manera general, los desperdicios se pueden clasificar en siete tipos: sobreproducción, transporte, inventario, esperas, sobre-proceso, retrabajos, y movimiento.

La eliminación de desperdicios es una de las maneras más efectivas de aumentar la rentabilidad en las empresas sean éstas de fabricación o distribución. Con éste fin, es importante entender exactamente cuáles son los desperdicios y en dónde se los encuentra. Mientras que los productos difieren en cada empresa, los desperdicios típicos que se encuentran en entornos de fabricación son bastante similares. (Domingo, 2003)



Figura 4. Clasificación de los siete desperdicios

Fuente: (Iesatec Virtual, 2013)

2.2.1 Sobreproducción.

Es uno de los mayores desperdicios que se encuentra comúnmente en los procesos de fabricación. Se genera al producir más productos de los requeridos por el mercado. Cuando el mercado es fuerte, este tipo de desperdicio no es muy notorio. Sin embargo, cuando la demanda baja, la sobreproducción crea un problema muy serio con el inventario que se queda estancado sin venderse y todos los subproductos asociados a ella. Muchas empresas piensan que estos desperdicios son activos con valor, cuando en realidad la mayoría de ellos pueden ser obsoletos o generar a la empresa gastos innecesarios sólo para mantenerlos hasta que puedan ser vendidos. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

Los costos adicionales correspondientes a almacenamiento, no son los únicos, ya que también se generan tareas de manipulación, controles y seguros. Además debe tenerse muy en cuenta los costos financieros debidos al inventario con escasa rotación acumulada en altos niveles de sobreproducción almacenada. (Maldonado Villalva, 2008)

Al ser uno de los tipos más graves de desperdicios, debe ser eliminado lo más pronto posible. Su eliminación radica en el entender que las máquinas y los operadores no tienen que ser utilizados al límite de su capacidad para ser rentables, siempre y cuando se cumplan los requisitos de la alta calidad, el costo más bajo y en el momento correcto, atendiendo de ésta manera las demandas del mercado. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

2.2.2 Transporte.

Despilfarro vinculado a los excesos en el transporte interno o externo, directamente relacionado con errores de ubicación de máquinas y equipos en la planta, y las relaciones sistémicas entre los diversos sectores productivos. Ello ocasiona gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a una sobre-utilización de mano de obra, transporte y energía, como así también de requerimiento de espacios para los traslados internos. (Maldonado Villalva, 2008)

Inicialmente superar estos desperdicios requiere de una mejora en las labores de mantenimiento, en los procedimientos de preparación para lotes de producción grandes que requerirán tiempos grandes de abastecimiento (los tiempos altos de preparación llevan a excesos de inventarios de productos en proceso), la mejor selección y contratación a largo plazo con los proveedores, y una mejor logística de los insumos y partes durante el proceso productivo. (Domingo, 2003)

El transporte ineficiente de material puede llevar a que el producto no se produzca de manera continua, cualquier movimiento innecesario no aporta valor adicional al producto, sin tomar en cuenta en el transporte inciden factores como equipos, combustible y mano de obra, que tienen un costo monetario y además el retraso del mismo llevará a un aumento en los plazos de entrega. (Domingo, 2003)

Es importante considerar que cada vez que se mueve un material o producto, éste puede ser dañado, y para evitarlo aseguramos el producto para su transporte, lo que también requiere de mano de obra y materiales. En otras instancias, el material puede ser ubicado en un espacio inadecuado de forma temporal, por lo que se en corto tiempo se deberá volver a mover, lo que ocasionará nuevamente un costo innecesario por mano de obra. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

Ejemplos de éste desperdicio son el transporte de partes equivocadas, el envío de materiales a la ubicación equivocada o en el momento equivocado, transporte de los defectos, y el envío de los documentos que no deben ser enviados en absoluto. Una forma de reducir los residuos de transporte es la localización, en el que los clientes son atendidos por proveedores cercanos geográficamente, y dentro de una planta moviendo o reubicando las instancias como bodegas o taller de mantenimiento al lado de los usuarios. (Domingo, 2003)

2.2.3 Inventario.

Referente al inventario acumulado a lo largo de la línea de producción y todo el movimiento que esto genera dentro de la planta, afectando a los materiales, piezas en proceso, y producto terminado. No calcular el punto óptimo de pedidos, el querer asegurar el abasto de insumos, materias primas y repuestos por problemas como huelgas, retrasos en la recepción de los productos una vez producidos, lotes con defectos de calidad embodegados durante mucho tiempo, y el querer aprovechar bajos precios o abastecerse ante posibles subidas de precios, son los motivos generadores de este importante factor de desperdicio. En el caso de productos en proceso se genera inventario para garantizar la continuidad de tareas ante posibles fallas de máquinas, tiempos de preparación y problemas de calidad. (Maldonado Villalva, 2008)

A los factores apuntados para la sobreproducción deben agregarse las pérdidas por roturas, vencimiento, pérdida de factores cualitativos como cuantitativos, y el paso de moda volviéndose obsoleto, pudiendo también ocurrir con herramientas y materiales. (Domingo, 2003)

2.2.4 Esperas.

Se las encuentra cuando los recursos como las personas y los equipos se ven obligados a esperar innecesariamente debido a los retrasos en la llegada o disponibilidad de otros recursos incluyendo la información, generando pérdida el tiempo. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

La espera de los asistentes a una reunión, espera por herramientas para empezar a trabajar, espera de una firma para un proceso a seguir, espera del vehículo que

llega tarde para transportar a los trabajadores a la empresa, son ejemplos de este tipo de residuos. (Domingo, 2003)

La espera es el tiempo adicional que se emplea durante la realización del proceso productivo, en el que no se añade valor. Esto incluye los denominados “cuellos de botella” en manufactura, que no son otra cosa que el lugar en donde se genera una espera en el proceso productivo debido a que una fase va más rápida que la que le sigue, creada principalmente por la menor capacidad de planta en infraestructura, maquinaria/equipo y mano de obra, con lo cual el material llega a la siguiente etapa antes de que se la pueda procesar. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

De acuerdo a Domingo (2013), algunas causas de la espera pueden ser:

- Un mantenimiento no planificado que obligue a parar la línea de producción, ya sea para limpiar o arreglar una avería.
- Largo tiempo de arranque del proceso.
- Mala gestión de las compras o poca sincronía con los proveedores.
- Problemas de calidad en los procesos anteriores.

2.2.5 Sobre-proceso.

Desperdicios generados por fallas debido a un inadecuado layout, lo que lleva a una inadecuada disposición física de la planta y sus maquinarias, errores en los procedimientos de producción, incluyéndose también las fallas en materia de diseño de productos y servicios. (Maldonado Villalva, 2008)

La mala calidad y los defectos no sólo dan lugar a la insatisfacción del cliente y daños a la imagen de la empresa, sino que también generan residuos, debido a los costos y el tiempo requeridos para reparar, retrabajar, y sustituir los elementos defectuosos ya que generan actividades adicionales. La mejora continua en la calidad y las medidas preventivas, son el medio más eficaz para reducir los desechos producidos por los defectos. Debiendo buscarse generar procesos con calidad desde el primer momento mediante la prevención y la planificación, evitando llegar a la corrección o al reproceso(Domingo, 2003)

La revisión y optimización constante de los procesos es fundamental para reducir fases innecesarias, evitando un trabajo extra sobre el producto, siendo el sobreproceso uno de los despilfarros más difíciles de detectar, ya que muchas veces el responsable del mal procesamiento, no sabe que lo está haciendo. Por ejemplo: limpiar dos veces, o simplemente, hacer un informe que nadie va a consultar. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

Todos los involucrados en la organización deben preguntarse el por qué un proceso es necesario y por qué un producto es producido. Una vez realizada esta reflexión, es importante eliminar todos los procesos innecesarios. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

El reproceso que es producto de una actividad o trabajo mal realizado, se lo considera como tal cuando el mismo es reparable sin llegar a desechar el trabajo en su totalidad. Se lo puede detectar de primera mano, pudiendo afectar a una parte del conjunto o al producto final. (Lefcovich, Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

Según Domingo (2013), de entre las múltiples causales de este tipo de pérdidas están:

- Un cambio en el producto sin que haya un cambio en el proceso.
- Los requerimientos del cliente no son claros.
- Una mala comunicación.
- Las supervisiones innecesarias.

2.2.6 Retrabajos / rechazo.

La necesidad de reparar partes defectuosas en proceso o en producto terminado, como también reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad provocan importantes pérdidas. Es lo que en materia de costos de mala calidad se denomina costos por fallas internas y costos por fallas externas. (Maldonado Villalva, 2008)

A ello debe sumarse las pérdidas generadas por los gastos de garantías, servicios técnicos, recambio de productos, y pérdida de ventas y peor aún de clientes. La documentación innecesaria también se convierte en una forma de tratamiento de desperdicios. (Lefcovich, Kaizen – detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos, 2009)

2.2.7 Movimiento o exceso de movimientos.

Hace referencia con ello a todo movimiento redundante de personal o equipo que no genere valor agregado. El exceso de movimientos físicos que los trabajadores realizan, incluyendo a personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, incluso caminando innecesariamente, debido a entre otros motivos, un flujo de trabajo poco eficiente, métodos de trabajo inconsistentes o mal documentados, llegando incluso a una falta de planificación en materia ergonómica, aumentando el cansancio del operario con los consiguientes problemas dorsolumbares y demás dolencias, originando bajos niveles de productividad debido a una disminución del tiempo verdadero de trabajo. Los excesos de movimientos a menudo retrasan el inicio de las obras e interrumpen el flujo de trabajo. (Domingo, 2003)

Las herramientas, los equipos, los materiales y las instrucciones que se necesitan para realizar el trabajo deben colocarse en el lugar más conveniente, prevaleciendo el orden y limpieza, ya que la ausencia de los mismas generan movimientos adicionales en los operadores. (Maldonado Villalva, 2008)

Una mala distribución de los sitios de trabajo en la planta, es decir diseño incorrecto del layout, así por ejemplo situar las áreas o departamentos que prestan asistencia, alejadas de los sitios de trabajo generan movimientos innecesarios. (Maldonado Villalva, 2008)

En las empresas de categoría mundial el personal operativo de la línea de producción no ha de ir a buscar ayuda, sino que la solicita para que ésta vaya a ellos. (Borja, 2012)

2.3 Mejoramiento continuo y el Sistema de Producción Aymesasa (SPA).

El Sistema de Producción AYMESA (SPA), es la base sobre la cual la empresa, busca la mejora continua en la eficiencia de la producción, contando con el apoyo de sus clientes (internos y externos) y proveedores (autopartistas, de

componentes, logísticos, etc.), que son una parte fundamental dentro del giro de negocio. (Aymesa S.A., 2014)

El SPA involucra procesos de fabricación, calidad y medio ambiente; garantizando un producto final de clase mundial con clara orientación al cliente y a la comunidad. (Aymesa S.A., 2014)

Fundamentalmente, el sistema propone la mitigación de todos los grandes desperdicios presentes en la línea de producción basándose en una mejora continua de los estándares productivos, teniendo como objetivo identificar una producción inadecuada hasta conseguir una total ausencia de desperfectos. (Aymesa S.A., 2014)

La estandarización de procesos en la línea continua de producción lleva a reducir y balancear los tiempos utilizados en el ensamblaje de automóviles. La mejora continua propuesta aplicando un sistema de control visual y ayuda generarán cambios por medio de la aplicación de nuevas herramientas para obtener éxitos tanto en la calidad como en la productividad en base a su utilización. (Aymesa S.A., 2014)

Según Aymesa S.A. (2014), la incorporación y aplicación de esta nueva herramienta de calidad, genera ventajas como:

- Disminución de capital amortizado en forma de materias primas, productos en proceso y unidades terminados en stock, llegando incluso a aprovechar de mejor manera el espacio disponible.
- Detección temprana de defectos desde el inicio de actividades sobre la línea producción, eliminando el hábito de corrección tardía basándose en un reporte.
- Mejora en el ambiente de trabajo, a través de un cambio de mentalidad, logrando la participación y cooperación de todos los trabajadores.

2.4 Relación con el SPA

La adecuación del sistema Andon como herramienta de mejora, depende del tipo de proceso y cantidad de líneas de producción o máquinas que se deseen

monitorear, entregando datos en tiempo real a todos los involucrados, ya que la demora en los tiempos de respuesta puede dificultar la identificación de la causa del problema e incluso en algunos casos ya no se los podrán identificar. El tiempo destruye las evidencias lo que dificulta encontrar las causas, por lo que el mejor momento para analizar las causas de los problemas es cuando estas están aún activas. Las verdaderas causas o razones no son registradas en la manufactura convencional, por lo que el operario tiene la sensación de que lo están atribuyendo la mayoría de los problemas. (Aymesa S.A., 2014)

Una vez implementado el sistema Andon; con su utilización, la posibilidad de mejora continua y añadir eficiencia a los distintos procesos se va volviendo más clara para todas las personas involucradas, es decir que luego de la fase piloto se analizarán y aplicarán, de forma continua, todas las sugerencias de mejora que se vayan aportando por parte de todos los miembros que conforman los diferentes equipos de trabajo, que son los encargados de configurar el sistema de tal manera que su ayuda, genere en la línea de producción las mínimas pérdidas, variabilidad y rigidez. (Aymesa S.A., 2014)

La parte estratégica de la empresa asegurará un diálogo efectivo referente a las situaciones que se puedan presentar en las operaciones críticas, logrando que los comportamientos se alineen a todos los niveles para lograr un cambio sostenible viviendo una cultura de mejora. (Aymesa S.A., 2014)

2.5 Público objetivo

El sistema ANDON tiene como objetivo involucrar a todos los miembros de los equipos de trabajo (MET), líderes de equipo (LET), líderes de grupo (LG), superintendentes y todo el personal de la planta, involucrado directa o indirectamente en el desenvolvimiento de la línea de producción. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)



Figura 5. Público objetivo del sistema Andon

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

2.6 Definición

Andon es un sistema de control de procesos, que puede ser activado manual y/o automáticamente para comunicar la necesidad de asistencia cuando ocurren condiciones fuera de lo normal, así como también para comunicar otra información relevante. (General Motors Corporation, 2000)



Figura 6. Sistema Andon para control de procesos

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Andon utiliza alertas audiovisuales para comunicar el "Llamado por ayuda" y el estatus de la línea de producción. (General Motors Corporation, 2000)

2.7 Propósito

Empoderar a los miembros del equipo de trabajo, ya que de ésta manera se producirá un producto con el requerido grado calidad en las distintas estaciones de trabajo a lo largo de la línea de producción; y además se deberá prevenir en la generación o el envío de defectos al siguiente proceso. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Capacitar a los miembros del equipo de trabajo en cómo utilizar el sistema de "Llamado por ayuda" cuando se produce una condición fuera de lo normal o existan problemas. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Dirigir y apoyar a los grupos de apoyo a constatar los problemas que se presentan en la planta y tomar acción sobre los mismos. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Iniciar el proceso de resolución de problemas. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Recopilar la información necesaria, identificando el lugar en donde se presentan los problemas con mayor frecuencia, esto con un correcto análisis, permitirá encontrar la causa raíz de los mismos y eliminarlos para evitar que se vuelvan a repetir a futuro. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Proporcionar los medios primarios necesarios para comunicar el estado de operación de la línea de producción así como toda información adicional relevante, para de esta manera tomar los correctivos necesarios. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

2.8 Principios mandatorios.

Según GM-GMS Operating Guideline (2003), el sistema Andon debe ser usado como la herramienta clave de comunicación para alertar a la organización cuando se presenten llamados por ayuda y condiciones de estado anormales en el proceso.

La disposición de tableros Andon en todas las áreas ayudan a entender el estado de la línea de producción y apoyarla cuando sea requerido con solo echarles un breve vistazo a los mismos. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Las configuraciones de área en el sistema Andon se establecen para organizar y dirigir el apoyo de tal manera que se deba ir al sitio y verificar el problema. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

En el sistema Andon todas las áreas utilizan el cable de jalar o botón a pulsar. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

En líneas con transportadores móviles, las unidades que están siendo ensambladas se detienen en la siguiente posición fija de parada cuando se activa el Andon y no se lo resetea. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

El sistema es muy flexible si se requiere incorporar mejoras y cambios de acuerdo a como se los requiera. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

En el proceso de respuesta Andon, el personal de apoyo (líderes de equipo, líderes de grupo, superintendentes, personal de ingeniería, mantenimiento, materiales, calidad, compras, etc.) debe estar siempre dispuesto en el lugar que le fue designado, para responder con rapidez a los pedidos de ayuda y rectificar la situación lo antes posible. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

El sistema de trabajo estandarizado debe estar completamente entendido y documentado, y se lo debe seguir a cabalidad. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Los estándares de calidad deben estar correctamente definidos para todas las plantas de la empresa. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

La velocidad de la línea de producción debe estar bien establecida, de tal manera que se cumpla con la capacidad instalada de planta, ya que a partir de esto se definirán los tiempos de espera y paros de línea cuando se utilizan las llamadas por ayuda del sistema. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

2.9 Beneficios

Para GM-GMS Operating Guideline (2003), los beneficios de sistema Andon son múltiples, siendo un puntal fundamental en la mejora continua en:

- Seguridad
- Calidad
- Costos
- Responsabilidad

2.10 Pre-requisitos

Según GM-GMS Operating Guideline (2003), los requisitos previos que deben estar claros antes de poner en marcha el sistema Andon son:

- Compromiso de la dirección, ya que se requiere de todo el apoyo de la misma en todos los aspectos, asumiendo responsabilidades y obligaciones que van desde lo económico hasta el seguimiento de los lineamientos planteados, convirtiéndose en un marco de referencia para que todo el personal de la empresa comprenda que es lo que se pretende en cuanto a metas y objetivos.
- Trabajo en equipo (equipos pequeños), para lograr la interacción y generación de propuestas de todos y cada uno de los miembros del equipo.
- Estándares de calidad definidos, ya que de ésta manera se identificará muy fácilmente si el producto presenta problemas por el no cumplimiento de los mencionados estándares.
- Nivel de programación, ya que conocido el plan de producción programado, se lo puede comprar versus los resultados reales diarios

- Posiciones fijas de parada en la línea de producción, ya que esto ayudará a saber en dónde exactamente es el límite físico de solución de un problema.
- Trabajo estandarizado, ya que permite entregar información clara acerca del trabajo que se debe realizar, a todas las personas inmiscuidas en los distintos procesos.
- Resolución estandarizada de problemas, ya que cuando surja el inconveniente, el encargado sabrá exactamente cuál es el procedimiento a seguir para solucionarlo.

2.11 Componentes del Sistema Andon

Para que el sistema Andon cumpla con su objetivo, en el mismo deben estar presentes los siguientes componentes:

- Estaciones de trabajo plenamente identificadas, que es el sitio en donde los miembros del equipo de trabajo desempeñan sus funciones, las mismas que han sido definidas mediante las hojas de proceso y la estandarización de los mismos. En todas y cada una de las estaciones de van a disponer de los dispositivos para pedir ayuda, con el objeto de que los operarios no se ausenten del sitio cuando se presentan inconvenientes. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)
- Cable de jalar y pulsadores, que sirven para activar el llamado por ayuda. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)
- Luces, las conforman balizas o lámparas que sirven para la identificación de la estación que solicita ayuda, y de acuerdo al color de encendido se podrá conocer el tipo de problema presentado. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

- Señales auditivas y altavoces, las cuales se caracterizan por tener una melodía determinada por cada equipo de trabajo, y por tipo específico de llamado, es decir un tono para solicitar ayuda a su líder de equipo, o soporte de materiales, mantenimiento, calidad, etc. El tono o melodía por parada de línea de tener un tono mayor que sobresalga del resto, ya que se trata de un tema crítico. Los altavoces que transmiten las melodías o tonos, deben estar ubicados de manera estratégica a lo largo de toda la planta de tal manera que puedan cubrir en su totalidad a la línea de producción y sus áreas de apoyo. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

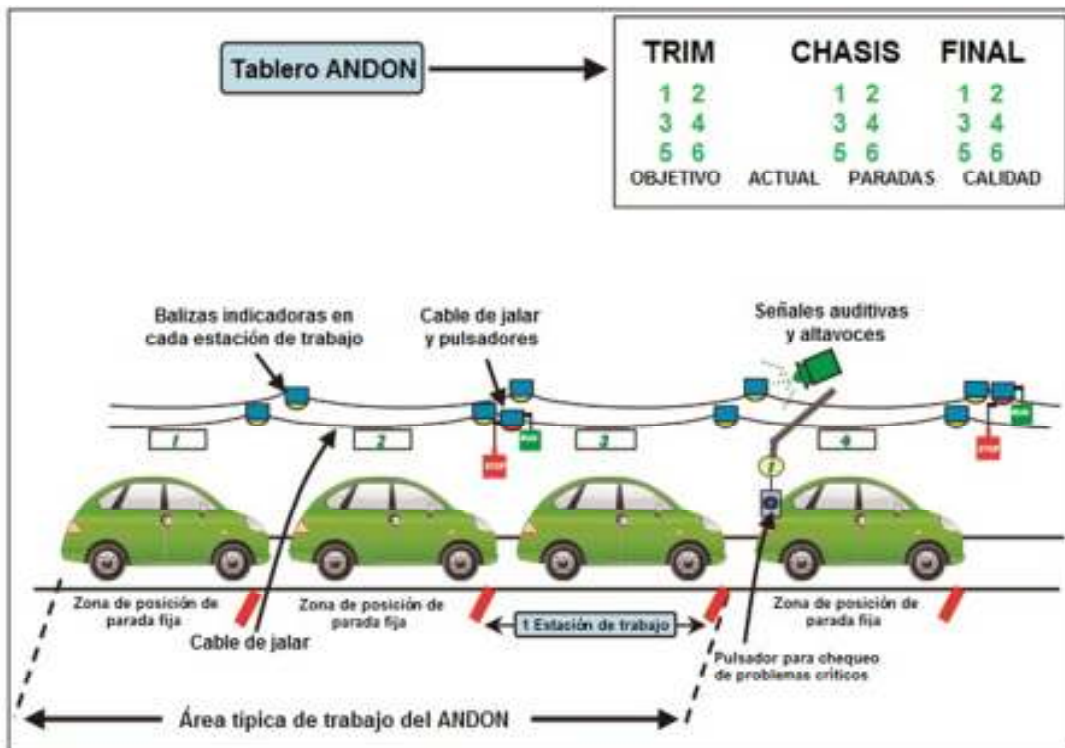


Figura 7. Componentes del sistema Andon

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

- Tableros Andon, son uno de los elementos claves dentro del sistema Andon, que sirven como instrumento de información en tiempo real para todos los equipos de trabajo a lo largo de la línea de producción. Este instrumento de comunicación desplegará todas las novedades de manera visual, indicando datos e información relevante para cada una de las plantas, generando al final del turno de trabajo, un resumen de todas las novedades producidas durante la jornada laboral. Los tableros de producción serán dispuestos en sitios visibles y específicos, y el número de unidades colocadas será de acuerdo a los procesos involucrados (mantenimiento, materiales, producción, etc.) y a su localización física en la planta. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

3. OPERACIÓN ANDON

3.1 Señales visuales y de audio

Dos de los elementos más importantes dentro del sistema Andon son las señales visuales y auditivas, ya que son el medio por el cual se alerta por necesidad de ayuda.

3.1.1 Señales visuales

La utilización dispositivos visuales de colores estándar ayuda a determinar el estatus de línea de producción, tan solo con mirar al elemento que emite dicha señal. Estas señales vienen dadas por balizas de colores que se colocan sobre las estaciones trabajo y su información se plasma en el tablero Andon. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

Según GM-GMS Operating Guideline (2003), generalmente los colores estándar utilizados en estas señales son:

- Las de color verde significan OK o que la línea se encuentra en estatus normal, sin problemas.
- Las de color amarillo indican ayuda requerida o de riesgo potencial de pérdida de producción o presencia de problemas de calidad.
- Las de color rojo representan línea de producción, proceso o equipo con problemas o daños. Se requiere ayuda de inmediato.

3.1.2 Señales de audio

Las señales de audio deben transmitir un tono, melodía única o señal de auditiva para alertar al personal específico de apoyo que debe observar las alertas que emite el tablero Andon y verificar las luces localizadas sobre la estación de trabajo y poder determinar la ubicación específica del sitio en el que se produjo la llamada por ayuda. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

Normalmente se utilizan dos tipos de señales auditivas:

- **Melodías**, las cuales son únicas y se las utilizan para distinguir los diferentes eventos, que se pueden producir dentro de los grupos y zonas a lo largo del sistema Andon. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

- **Tonos**, son usados para indicar alertas comunes en el sistema Andon, tales como fallas de los equipos, y arranques o paradas programadas de la línea de producción. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

3.2 Visualización normal

El modo de operación o funcionamiento normal, es cuando no se visualizan llamadas por ayuda en el tablero Andon, es decir el despliegue total de información es de color VERDE. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

| TRIM | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------------|---|---------|---|----------|---|-------|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| META | ACTUAL | DIFERENCIA | | CALIDAD | | LLAMADOS | | PAROS | | | | | |
| 120 | 82 | +2 | | 100% | | 4 | | 2 | | | | | |

Figura 8. Visualización normal del sistema Andon

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

TRIM en VERDE indica que la línea está en funcionando correctamente. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

- No existen llamadas de ayuda o condiciones de fallo (todo está en verde).
- Se muestra la Información del estado de producción: las cifras de producción se actualizan continuamente.

3.3 Activación

3.3.1 Activación estándar del Sistema Andon (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

- Para solicitar ayuda se procede a dar un jalón al cable Andon (o pulsar un botón).
 - 1) **Primer jalón:** Activa el sistema, generando un llamado específico por ayuda, el cual se visualiza en el tablero Andon.



Figura 9. Activación del sistema

Fuente: Pulling the Andon cord (SCRUMPROUK, 2012)

- 2) **Segundo jalón:** desactiva la condición de llamado por ayuda y reanuda el movimiento de la línea de producción. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)



Figura 10. Desactivación del sistema

Fuente: Nice Toyota Production System (GRABAN, 2013)

3.4 Como usar el sistema Andon

Cuando hay una dificultad o se presenta una situación fuera de normal, el Miembro del Equipo de Trabajo (MET) tira del cable Andon en su estación. Una melodía especial suena, y una luz intermitente se enciende en el tablero para

alertar al Líder de Equipo de Trabajo (LET) y a los líderes de área indicando la existencia de un problema. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

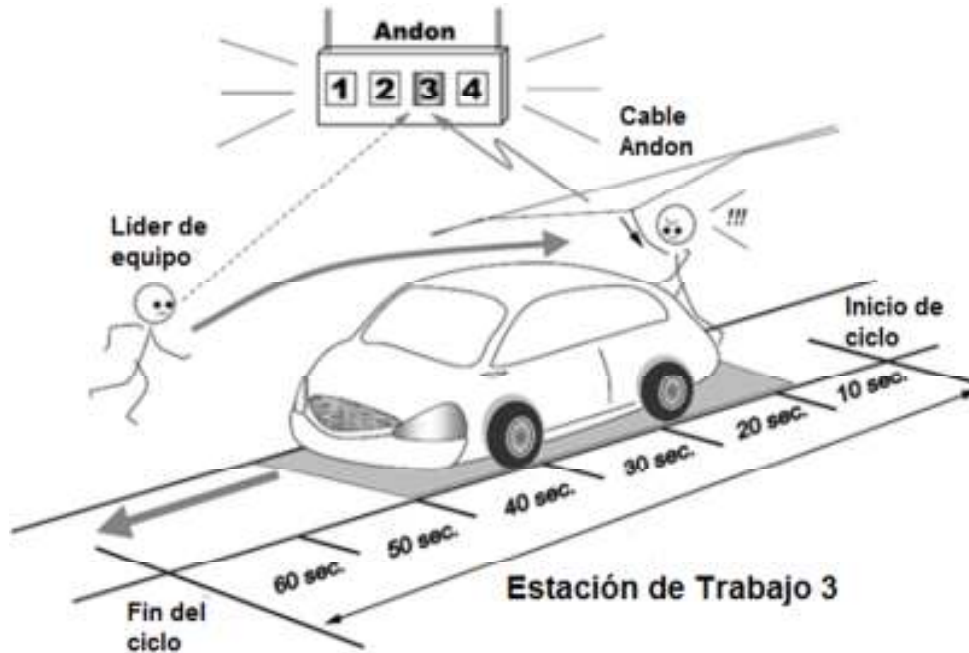


Figura 11. Uso del sistema Andon

Fuente: Display Object, Lean Enterprise Institute, (SHOOK, 2009)

El LET es responsable de responder inmediatamente a los llamados por ayuda del sistema Andon y a apoyar al MET en la resolución de los problemas. Si el problema no puede ser resuelto por el LET, la línea de producción sufrirá una parada. Sólo cuando el problema haya sido resuelto, el Andon es desactivado y el movimiento en la línea de producción se reactiva. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

3.4.1 Cuando debe ser activado el Andon

Según GM-GMS Operating Guideline (2003), el sistema Andon debe ser activado cuando:

- Existan problemas de seguridad o situaciones inseguras en el puesto de trabajo.
- No se puede terminar el trabajo en la estación dentro del tiempo de ciclo.

- Mala calidad o problemas que se pasaron de los procesos anteriores.
- Escasez de materiales o piezas incorrectas.
- Herramientas faltantes en el puesto de trabajo.
- Equipos o herramientas con problemas del funcionamiento.
- Pérdida del manifiesto o registro de origen del vehículo, documentos, etc.
- Partes a ser ensambladas defectuosas o que presentan mal funcionamiento.
- Secuencia de producción incorrecta.

3.4.2 Procedimiento de uso del Sistema Andon

Paso 1: Se jala el cable del Andon, se enciende luz de la estación y comienza a sonar una melodía de acuerdo al problema específico presentado. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

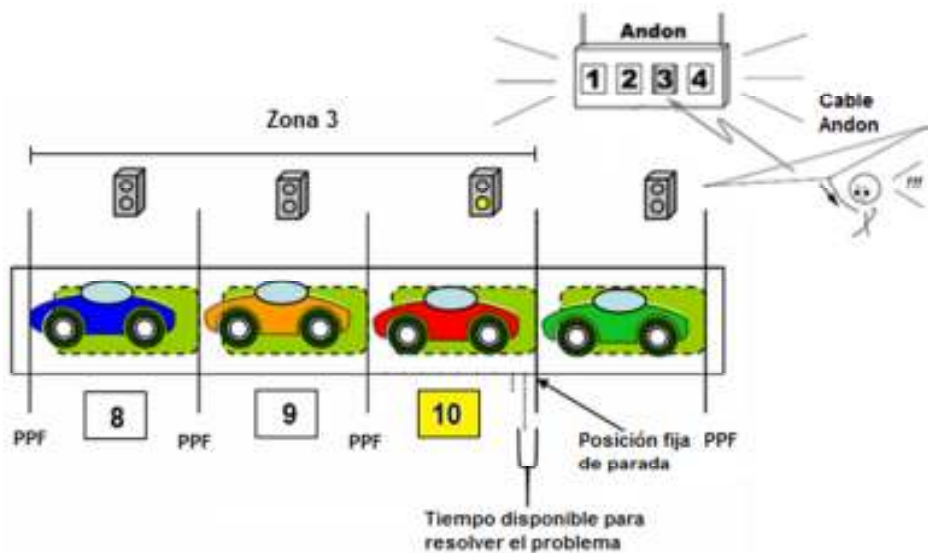


Figura 12. Procedimiento de uso del sistema Andon

Fuente: Fixed position stop system, GEMBA PANTA REI, (MILLER, 2008)

Cuando un miembro del equipo de trabajo encuentra un problema, él debe comunicar inmediatamente la situación al líder de equipo. El MET jala el cable. La luz de la estación de trabajo se enciende y una melodía específica empieza a sonar. En el tablero Andon la zona 3 se enciende y emite destellos de luz. Una

zona consta de tres estaciones de trabajo. En este ejemplo, el miembro del equipo de la estación 10 tiene un problema, por lo que jala la cuerda. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

Paso 2: El líder de equipo se acerca inmediatamente a la zona de trabajo que requiere ayuda e iniciar con la solución de los problemas presentes. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).



Figura 13. Inicio de la solución de problemas

Fuente: The Lean Production System, DAU Continuous Learning Center, (DAU Continuous Learning Center)

Cuando el LET escucha la melodía especial y ve la luz amarilla, él sabe que hay un problema en la zona 3, pero lo que no sabe de primera mano es en qué estación específica está el inconveniente hasta que él se acerca a la zona que requiere ayuda. De inmediato se dirige a la estación para asistir al MET. En ese instante comienza la solución de los problemas. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

Si el problema es resuelto de inmediato, el Andon se volverá a establecer jalando del cable por segunda vez, y la línea de producción continúa. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

Paso 3: La línea de producción continúa moviéndose hasta a la posición fija de parada. (GM-GMS Operating Guideline, 2003).

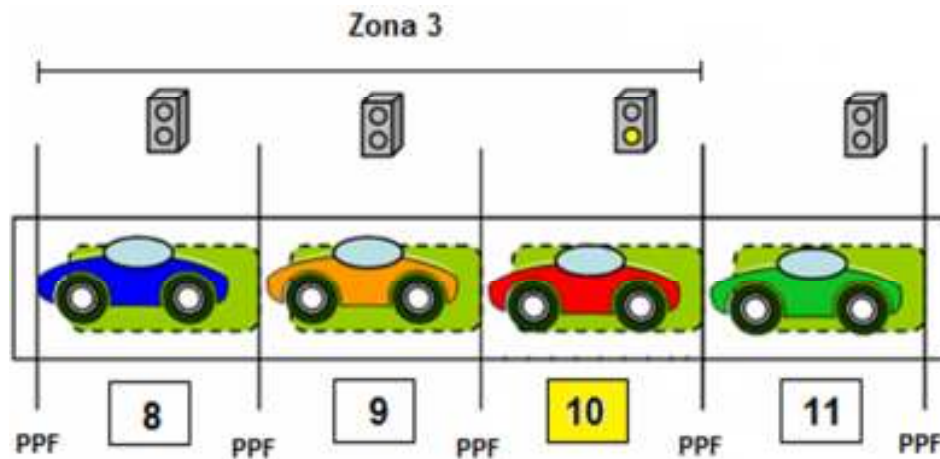


Figura 14. Posición Fija de Parada (PPF)

Fuente: Fixed position stop system, GEMBA PANTA REI, (MILLER, 2008)

Si el problema no se lo resuelve de inmediato, la línea de producción continúa moviéndose hasta que el vehículo llega a la siguiente Posición Fija de Parada (PPF). Una vez que el vehículo llegó a ésta posición, la línea de producción se detiene. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

La zona de Posición Fija de Parada es la longitud de un vehículo más la brecha que existe entre ésta y la siguiente unidad. También es la distancia entre los mismos puntos de dos vehículos (es decir, desde la parte delantera del eje del vehículo "A" a la parte delantera del eje del vehículo "B"). (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Cuando la línea de producción sufre una parada por cualquier razón, (por pausas programadas, cambio de turnos de trabajo, cuando se detiene por el Andón, etc.) la misma continuará moviéndose hasta que el vehículo llegue a la posición fija de parada. La razón de esto, es debido a que el trabajo estandarizado de los miembros del equipo no se interrumpa. La única forma que la línea de producción se detendrá de inmediato, es cuando se activa el botón de parada de emergencia. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Paso 4: Cuando el vehículo llega a la PPF, la línea se detiene y el nombre del área de trabajo con problemas, parpadea en rojo en el tablero Andon. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

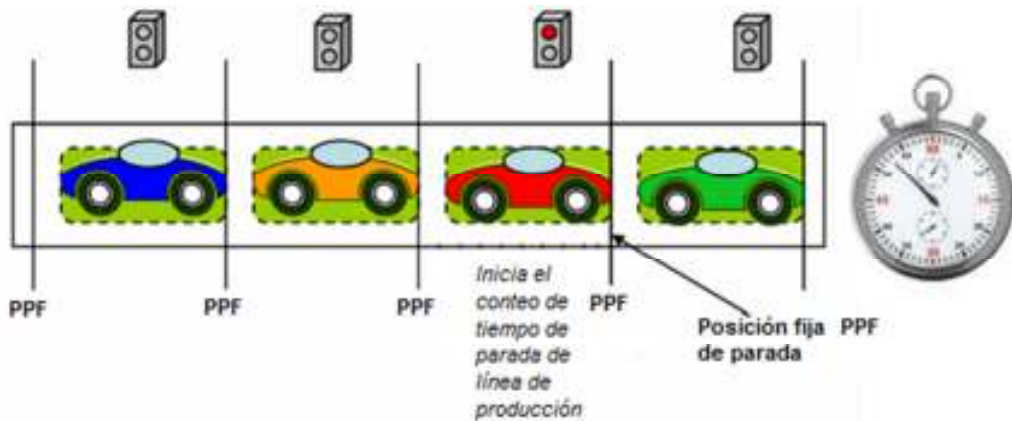


Figura 15. Parada de la línea de producción

Fuente: Fixed position stop system, GEMBA PANTA REI, (MILLER, 2008)

Cuando el vehículo llega a la PPF, la línea de producción se detiene y el indicador de la zona con problemas sigue parpadeando en color amarillo en el tablero principal del Andon. El nombre de la línea (Trim 3) empieza a parpadear en rojo. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Al mismo tiempo, un cronómetro inicia el conteo del tiempo de inactividad en el área. Esta información es utilizada por los líderes con fines de análisis. Mediante el seguimiento del tiempo de inactividad por zonas, se pueden ver las posibles áreas problemáticas. Esto nos ayuda a analizar el balanceo de la línea de producción, y los problemas repetitivos, con lo cual podremos determinar la capacidad de la planta. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Paso 5: El problema es resuelto, y se jala el cable del Andon para reiniciar el movimiento de la línea de producción. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

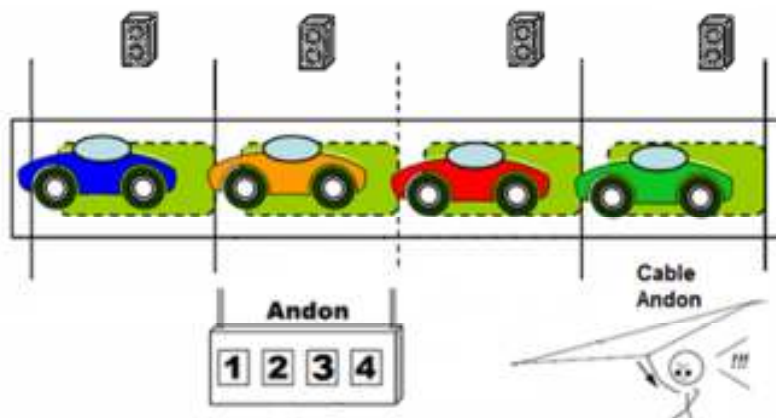


Figura 16. Reactivación de la línea de producción

Fuente: Fixed position stop system, GEMBA PANTA REI, (MILLER, 2008)

Cuando el problema se lo resuelve exitosamente, o se tomó una contramedida de solución temporal, el cable se jala de nuevo. El tablero Andon vuelve a al color verde, lo que indica que la línea está moviéndose sin problemas. La melodía específica deja de sonar y la línea de producción comienza a moverse de nuevo. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

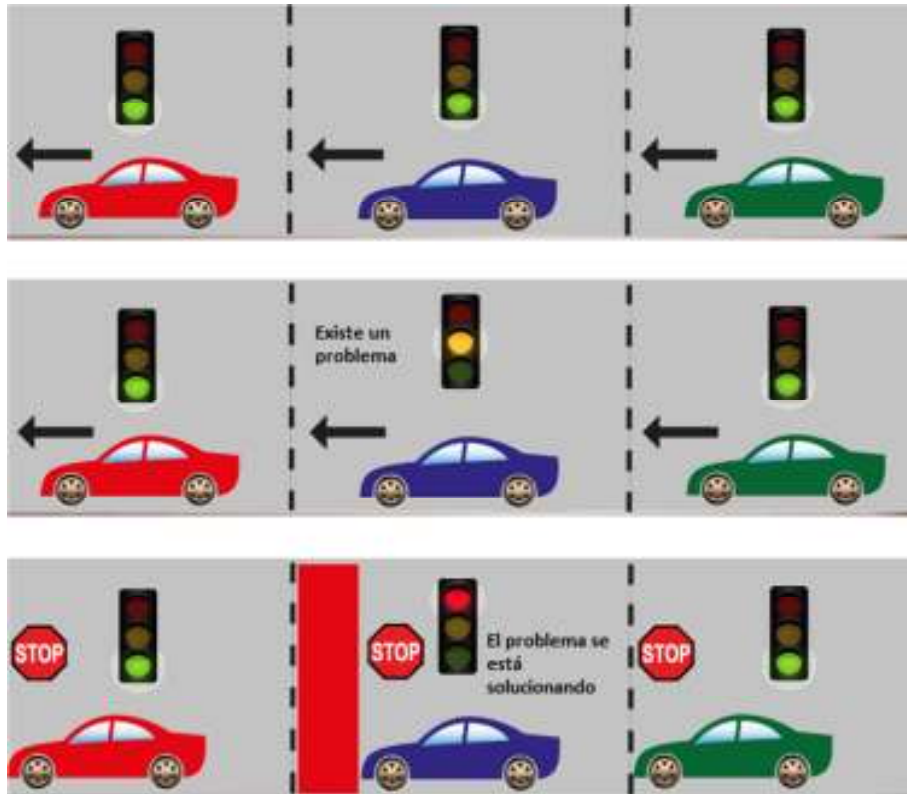


Figura 17. Uso del sistema Andon en la línea de producción
Fuente: Andon The Toyota Way (ARASHI INNOVATION, 2014)

3.5 Roles y responsabilidades

A continuación se mencionan los roles y responsabilidades que tienen las personas inmersas dentro de proceso productivo tomando en cuenta al sistema Andon como herramienta para pedir ayuda.

3.5.1 Rol del miembro del equipo de trabajo (MET)

Según el GM-GMS Operating Guideline (2003), el MET tiene los siguientes roles y responsabilidades:

- Seguir el trabajo estandarizado según fue capacitado.
- Observar continuamente la ocurrencia de situaciones sub-estándar.
- Si se detecta alguna anomalía o defecto que no puede ser corregido inmediatamente, jalar del cable Andon, y continuar con el resto del ciclo de trabajo hasta que llegue la ayuda.
- Apoyar al líder de equipo como sea necesario para la solución de los problemas.

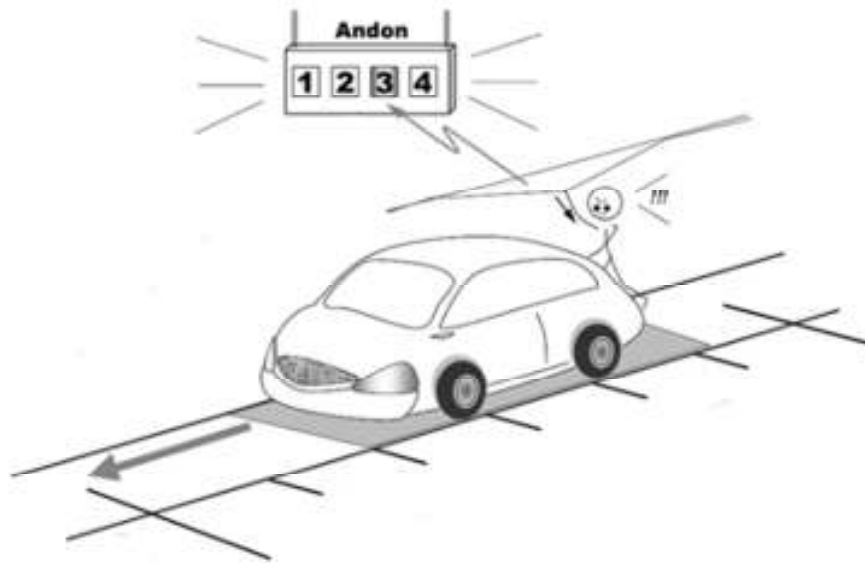


Figura 18. Rol del MET

Fuente: Display Object, Lean Enterprise Institute, (SHOOK, 2009)

3.5.2 Rol del líder de equipo de trabajo (LET)

En GM-GMS Operating Guideline (2003), se indica, que el LET tiene los siguientes roles y responsabilidades:

- Escuchar la alarma y mira al tablero Andon para obtener más información.
- Dirigirse inmediatamente al área que solicitó ayuda para investigar el problema y brindar apoyo.
- Escuchar la descripción del problema e inmediatamente asumir la responsabilidad del mismo.

- Iniciar inmediatamente con la solución del problema.
- Liberar el sistema jalando el cable, cuando ha determinado que se puede solucionar el problema. Inmediatamente el LET inicia con la solución de los problemas con el apoyo del MET.
- Si el problema no pudo ser resuelto con rapidez, el LET pide apoyo al líder de grupo.

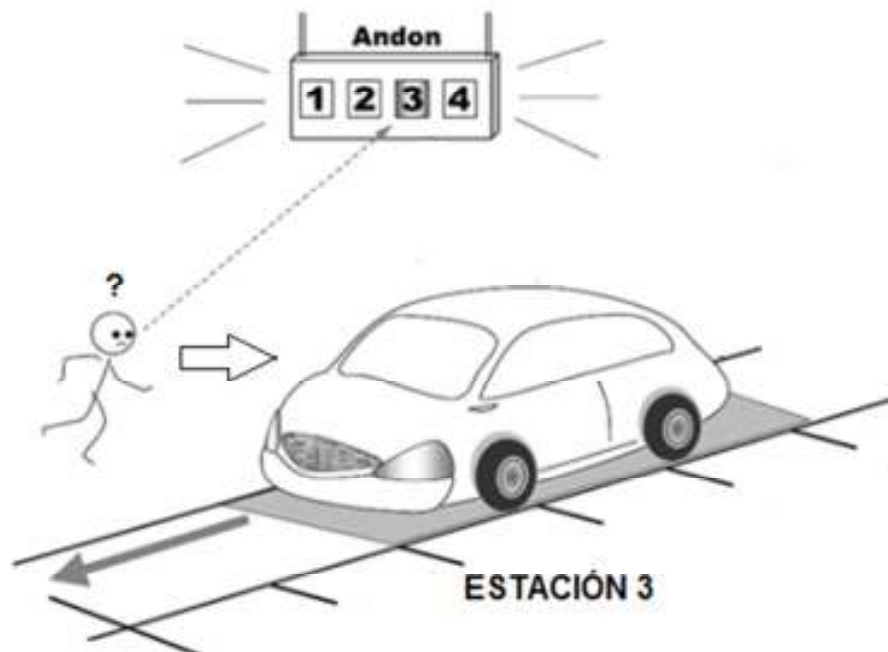


Figura 19. Rol del LET

Fuente: Display Object, Lean Enterprise Institute, (SHOOK, 2009)

3.5.3 Rol del líder de grupo (LG)

De acuerdo al GM-GMS Operating Guideline (2003), el LG tiene los siguientes roles y responsabilidades:

- Apoyar al LET si no pudo solventar el problema, y poner en movimiento la línea de producción, tan pronto como sea posible.
- Solicitar apoyo adicional cuando sea necesario (por ejemplo: mantenimiento, calidad, ingeniería, etc.)

- Trabajar con el LET para asegurarse de que la causa raíz del problema se ha identificado e implementado las contramedidas necesarias.
- Monitorear el tiempo de parada de la línea de producción, identificar las áreas problemáticas y trabajar con todos los recursos disponibles para eliminar los problemas.



Figura 20. Rol del Líder de Grupo

Fuente: Los doctores no conocen límites, (NISSAN CHILE)

3.5.4 Rol del miembro del equipo de mantenimiento

La GM-GMS Operating Guideline (2003), indica que el MET de mantenimiento escucha la melodía o tono de falla y mira al tablero Andon para obtener más información.

- Debe dirigirse inmediatamente al área que presenta el problema.
- Investiga el problema e inicia la solución inmediata del problema.

- Si el problema no puede ser resuelto rápidamente, el MET de mantenimiento debe pedir apoyo a su líder de grupo.



Figura 21. Rol del MET de mantenimiento

Fuente: Display Object, Lean Enterprise Institute, (SHOOK, 2009)

3.5.4 Rol del MET de Calidad en la estación de verificación

Según la GM-GMS Operating Guideline (2003), el MET de Calidad tiene los siguientes roles y responsabilidades:

- Seguir los lineamientos del trabajo estandarizado.
- Si se encuentra algún problema o defecto se debe activar la alarma correspondiente, llamar e indicar al líder de equipo de la zona de producción que se presentó el problema, y registrar el defecto en la hoja de información.
- Apoyar al líder de equipo en lo que sea necesario para la solución los de problemas.
- Seguir el proceso de escalonamiento de alarmas para notificar a los niveles adecuados de gestión cuando las incidencias o defectos son repetitivos.



Figura 22. Rol del Líder de Grupo

Fuente: Los detectives, (NISSAN CHILE)

En la Tabla 9, se realiza un resumen de los roles y responsabilidades que debe cumplir todos y cada uno de los involucrados en el proceso productivo, teniendo al sistema Andon como una herramienta para pedir ayuda. Esta información debe ir desplegada en toda la planta, para la ayuda del personal en su capacitación y estandarización.

Tabla 9:
Roles y responsabilidades

| Tareas | MET de Producción | LET de Producción | LG de Producción | MET de Mantenimiento | MET Calidad |
|--|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------|
| Seguir el trabajo estandarizado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Observar continuamente la ocurrencia de situaciones sub-estándar | 0 | | | | |
| Detectar anomalías o defectos que no pueden ser corregidos inmediatamente, jalar del cable Andon, y continuar con el resto del ciclo de trabajo hasta que llegue la ayuda | 0 | | | | |
| Apoyar al LET como sea necesario para la solución de los problemas | 0 | | | | |
| Escuchar la descripción del problema e inmediatamente asume la responsabilidad del mismo | | 0 | | | |
| Iniciar inmediatamente con la solución del problema | | 0 | | | |
| Liberar el sistema jalando el cable, cuando ha determinado que se puede solucionar el problema. Inmediatamente el iniciar con la solución de los problemas con el apoyo del MET. | | 0 | | | |
| Si el problema no puede ser resuelto rápidamente, el pedir apoyo al líder de grupo | | 0 | | | |
| Apoyar al LET si no pudo solventar el problema, y poner en movimiento la línea de producción, tan pronto como sea posible | | | 0 | | |
| Solicitar apoyo adicional cuando sea necesario (por ejemplo, mantenimiento, calidad, ingeniería, etc.) | | | 0 | | |
| Trabajar con el LET para asegurarse de que la causa raíz del problema se ha identificado e implementado las contramedidas necesarias | | | 0 | | |
| Monitorear el tiempo de parada de la línea de producción, identificar las áreas problemáticas y trabajar con todos los recursos disponibles para eliminar los problemas | | | 0 | | |
| Escuchar la melodía o tono de falla y mirar al tablero Andon para verificar si se trata de un problema de mantenimiento | | | | 0 | |
| Dirigirse inmediatamente al área que presenta un problema de mantenimiento | | | | 0 | |
| Investigar el problema correspondiente a mantenimiento e iniciar la corrección inmediata del problema | | | | 0 | |
| Si el problema no puede ser resuelto rápidamente, pedir apoyo al líder de grupo de mantenimiento | | | | 0 | |
| Si se encuentra algún problema o defecto se debe activar el llamado correspondiente al líder de equipo de la zona de producción que presenta el problema, y registrar el defecto en la hoja de información | | | | | 0 |
| Apoyar al líder de equipo en la solución los de problemas como sea necesario | | | | | 0 |
| Seguir el proceso de escalonamiento de alarmas para notificar a los niveles adecuados de gestión cuando las incidencias o defectos son repetitivos | | | | | 0 |

Fuente: (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

3.6 Apoyo al sistema Andon

El diagrama de la Figura 23, muestra el escalonamiento de apoyo dentro de la organización. La importancia del triángulo invertido es que el MET está en la cima, con el apoyo de toda la organización que se encuentra por debajo de éste. Cuando el MET necesita ayuda, él jala del cable Andon, y el LET viene en su apoyo. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

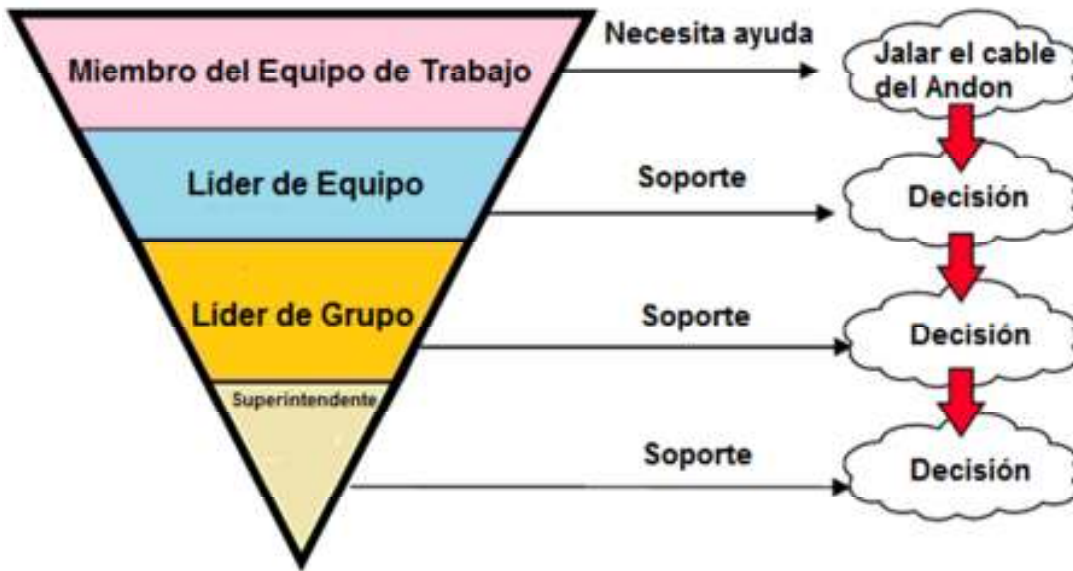


Figura 23. Apoyo al sistema Andon

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Cuando se presentan problemas complicados, el LET requiere el apoyo del LG, y así sucesivamente hasta llegar a los mandos estratégicos. (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4. EL SISTEMA ANDON APLICADO EN AYMESA S.A.

4.1 Sistema Andon en ensamblaje general

En la Figura 24, se muestra el layout de la planta de ensamblaje general, y la disposición de los tableros Andon. Se puede identificar la ubicación las diferentes zonas que componen la línea continua de producción.

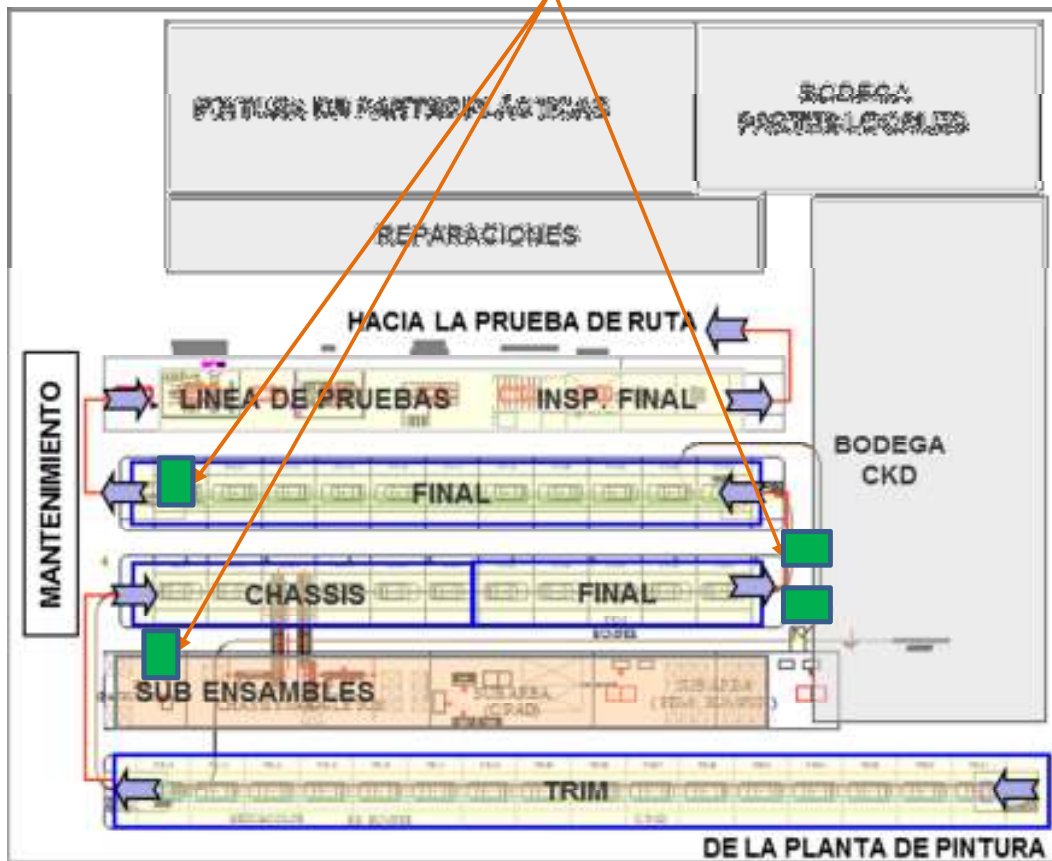
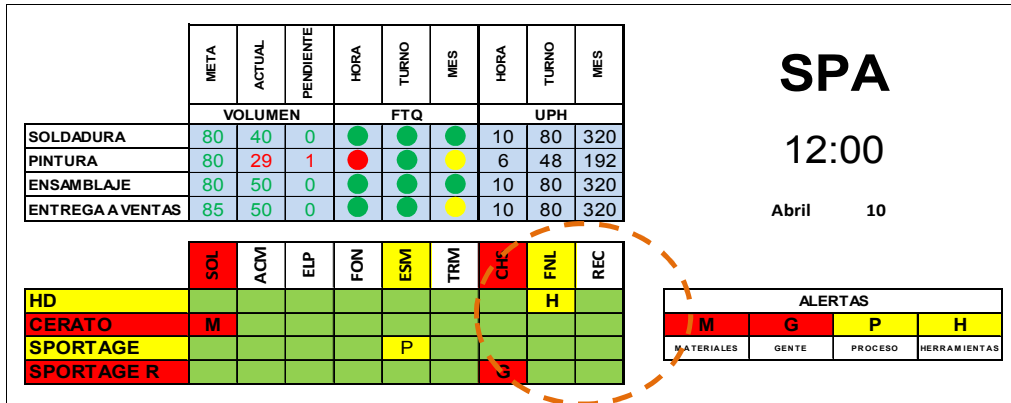


Figura 24. Layout de ensamblaje general y disposición de los tableros Andon.

Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.1.1 Los tableros Andon y sus ubicaciones

Los tableros Andon ubicados en la línea de producción, apoyan a un grupo de operaciones o a un proceso productivo específico, que generalmente es supervisado por un líder de grupo. Cuando se presente un problema, la luz correspondiente a la zona del inconveniente se encenderá y sonará la melodía asignada al tipo de problema presentado para solicitar ayuda al personal de apoyo específico.

4.1.2 Información de desempeño

El tablero que muestra la información de desempeño apoyará a un grupo de operaciones o a un área productiva específica y lo supervisa el líder de grupo.

La información referente al estado de la producción de un determinado turno se muestra en la parte superior del tablero de Andon.

Por cada una de las plantas y en entrega a ventas se muestra un conjunto de números por separado los cuales se actualizan automáticamente.

La ubicación recomendada del tablero es al final del proceso o en el centro de gestión en donde líderes pueden obtener información sobre el estado de la línea de producción de forma rápida.

Los números mostrados pueden cambiar de verde (OK) a rojo (No OK) para indicar el estado de los objetivos predeterminados.

En la Figura 25, se muestra la información que presenta el Tablero Andon referente a la planta de ensamblaje general. Para su descripción, a continuación se indica la operación de la información de estado:

- *Meta:* Muestra el número de unidades programadas a producirse al final de la línea en cada una de las plantas, incluyendo entrega a ventas. El número se muestra en verde.
- *Actual:* Muestra el número real de unidades producidas en tiempo real al final de la línea en cada una de las plantas, incluyendo entrega a ventas. Se mostrará en color verde cuando se cumpla la meta o en color rojo si no se cumple.

- *Pendientes:* La pantalla se pantalla continuamente indicando el rendimiento actual de la producción (número de unidades reales ensambladas) en relación con la programación (meta).

| | META | ACTUAL | PENDIENTE | HORA | TURNO | MES | HORA | TURNO | MES |
|-------------------------|---------|--------|-----------|------|-------|-----|------|-------|-----|
| | VOLUMEN | | | FTQ | | | UPH | | |
| SOLDADURA | 80 | 40 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| PINTURA | 80 | 29 | 1 | ● | ● | ● | 6 | 48 | 192 |
| ENSAMBLAJE | 80 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| ENTREGA A VENTAS | 85 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |

Figura 25. Información de desempeño de la planta de AYMESA S.A.

Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.1.2.1 Información de desempeño en el proceso de calidad

La explicación de la información de desempeño del proceso de calidad, mostrado en la Figura 26, se basa en el concepto de:

- FTQ (First Time Quality): OK a la primera vez. Este indicador de Calidad se actualiza continuamente mostrando la primera inspección que se realiza en la estación de verificación para el turno actual en cada una de las plantas y en entrega a ventas respectivamente. Al inicio del turno de trabajo este indicador está en verde. A medida que avanza la producción, los valores se recalculan y actualizan continuamente. Los estándares los determina el proceso de calidad y sus valores se los visualiza en el tablero mediante colores, verde, amarillo y rojo, los cuales son predefinidos según los objetivos por cada una de las plantas. El porcentaje de Calidad para la planta o línea de producción se calcula mediante la relación matemática:

$$\% \text{ calidad} = \frac{\text{Número de OK por grupo o planta}}{\text{Total de vehículos inspeccionados en la estación de verificación}}$$

| | META | ACTUAL | PENDIENTE | HORA | TURNO | MES | HORA | TURNO | MES |
|------------------|---------|--------|-----------|------|-------|-----|------|-------|-----|
| | VOLUMEN | | | FTQ | | | UPH | | |
| SOLDADURA | 80 | 40 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| PINTURA | 80 | 29 | 1 | ● | ● | ● | 6 | 48 | 192 |
| ENSAMBLAJE | 80 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| ENTREGA A VENTAS | 85 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |

Figura 26. Información de desempeño en el proceso de calidad de la planta de AYMESA S.A.
Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.1.2.2 Información de desempeño de la planificación de la producción.

La información desplegada en la Figura 27, corresponde a:

- UPH: Unidades por hora. En los sistemas de manufactura el UPH o JPH, son el número de unidades por hora que se deben producir de acuerdo a la capacidad de cada una de las plantas. En soldadura se ha determinado 10 UPH, pintura 6 UPH, ensamblaje 10 UPH y entrega a ventas 10 UPH. Como se puede observar, la planta de pintura es el cuello de botella de la línea de producción, por lo que es necesario trabajar más tiempo en doble turno o turnos extendidos para poder suplir la necesidad de unidades y que no se produzcan espacios vacíos en la línea continua de producción o radas de línea.
- Tiempo de parada: Es la sumatoria del tiempo de inactividad acumulada en la línea de producción o área específica de trabajo en un determinado turno. Generado por fallas o defectos de los equipos, tiempos muertos, demoras en entregas o falta de material en la línea o cualquier otro período de inactividad (no incluye el tiempo para descansos, almuerzos o cenas). El valor de tiempo de inactividad se registra en un computador y se redondea al minuto más cercano. Luego de cuantificar se lo analiza con todos los involucrados generadores del mismo.

| | META | ACTUAL | PENDIENTE | HORA | TURNO | MES | HORA | TURNO | MES |
|------------------|---------|--------|-----------|------|-------|-----|------|-------|-----|
| | VOLUMEN | | | FTQ | | | UPH | | |
| SOLDADURA | 80 | 40 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| PINTURA | 80 | 29 | 1 | ● | ● | ● | 6 | 48 | 192 |
| ENSAMBLAJE | 80 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |
| ENTREGA A VENTAS | 85 | 50 | 0 | ● | ● | ● | 10 | 80 | 320 |

Figura 27. Información de la planificación de la producción desplegada en el tablero Andon.

Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.1.3 Diseño del sistema Andon para la línea de producción con transportador

En la planta de ensamblaje el sistema Andon monitoreará las zonas de Trim, Chasis y Final.

El área de Trim cuenta con 16 estaciones, Chasis con 6 estaciones y Final con 16 estaciones respectivamente.

Cada área cuenta con equipos de trabajo, los cuales a su vez están conformados entre 4 y 6 miembros.

La flexibilidad del sistema Andon, permite verificar la continuidad de las operaciones de 2 a 5 estaciones de trabajo hacia la izquierda o derecha según la disposición de la línea.

4.1.4 Diseño del sistema Andon para ensamblaje general.

El diseño del sistema Andon para ensamblaje general, se basa en la disposición de las áreas de trabajo y dimensiones de sus facilidades mostradas en la Figura 28, de tal manera que la herramienta de ayuda llega acoplarse de manera amigable sin causar alteraciones en la disposición de la planta, es de esta manera que:

- Las estaciones de trabajo tienen una longitud de 6 m. de largo y es igual a la distancia entre las marcas de posición fijas de tope.
- Las balizas o luces indicadoras se deben situar al final de la estación de trabajo sobre los interruptores de parada.

- Los parlantes se colocan en cada zona y las luces de alerta sobre cada estación.
- Los botones de paro de emergencia están situados en cada zona, alternando su lado de colocación.
- La cuerda de jalar para pedir ayuda va instalada a lo largo de la línea, en la parte superior de la estación, a manera de tendedero.

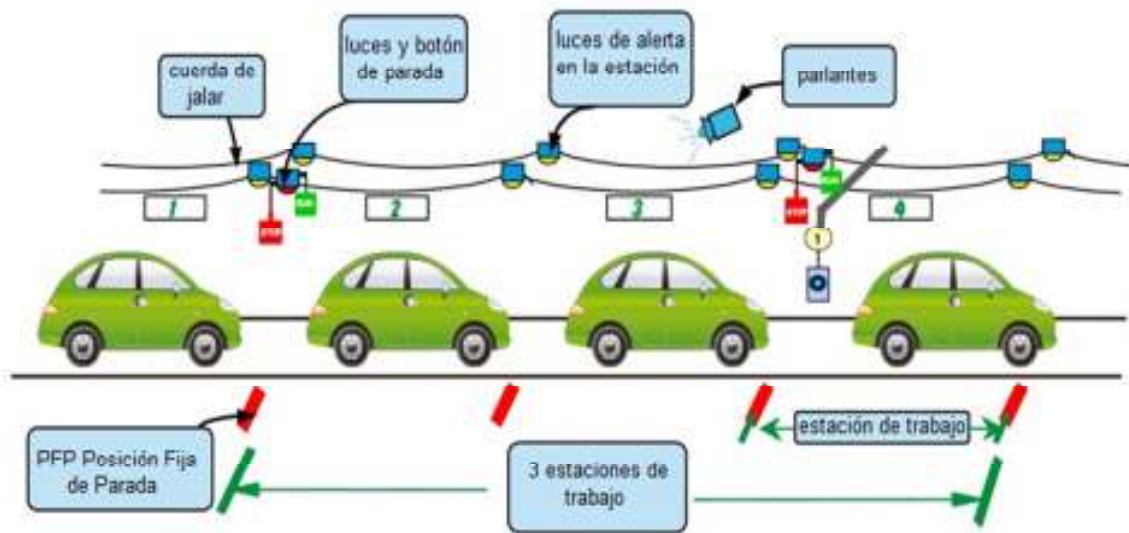


Figura 28. Sistema Andon en una línea móvil.

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5 Funcionamiento del sistema ensamblaje general

Las llamadas por ayuda en el sistema se pueden dar porque el MET solicita ayuda por:

- Problemas con los equipos electrónicos en la línea de producción.
- Llamada para verificación de problemas en la estación de Calidad.
- Parada de emergencia
- Fallas en los manipuladores ergonómicos o se encuentran fuera de su posición de trabajo.
- Falla en el transportador de carrocerías.

- Problemas al ingreso y salida del transportador de unidades.
- Arranques o paras programadas
- Estado de la línea de producción

4.1.5.1 *El MET solicita ayuda*

En la Figura 29, se recrea el procedimiento para pedir ayuda inicia cuando el MET jala el cable del sistema Andon que está ubicado a lo largo de la línea de producción es el siguiente:

- En el tablero Andon se enciende una alarma de color AMARILLO intermitente indicando la zona en donde se requiere ayuda.
- Al mismo tiempo suena una alarma correspondiente del tipo de ayuda que se requiere (Materiales, Gente, Procesos, Herramienta).
- La baliza de color amarillo también se enciende sobre la estación de trabajo que requiere la ayuda.
- La posición de parada de línea está activada.
- La línea de producción se parará si el vehículo llega a la posición fija de parada (si no se vuelve a jalar el cable Andon para desactivar la alarma):
 - el transportador de carrocerías se detiene.
 - La luz cambia de estado a color ROJO parpadeante (FNL FINAL).
- Para resetear la alarma, se requiere de un segundo jalón de la cuerda para que la línea vuelva a su operación normal.
- El transportador de carrocerías se vuelve a mover.
- Todas las luces vuelven a su estado normal

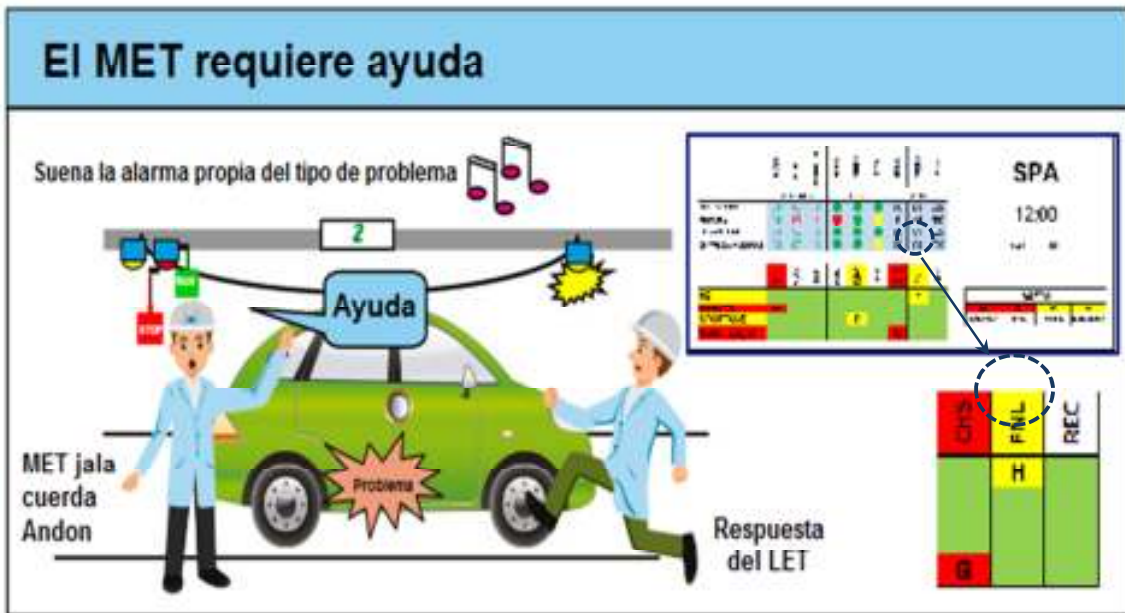


Figura 29. Solicitud de ayuda mediante el sistema Andon por parte del MET

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.2 Problemas con los equipos electrónicos en la línea de producción

En la Figura 30, se describe las acciones a tomarse al activarse el sistema, debido a que no se recibe un OK de la señal de prueba para comprobar errores y la carrocería llega al Punto de Atención Programable (PAP), el mismo que se encuentra predefinido, el sistema de detección de errores activa una llamada de ayuda:

- Se enciende una luz parpadeante de color amarillo en el tablero Andon de la zona en que se encuentra el problema.
- Suena una alarma propia correspondiente al problema detectado.
- Se enciende la luz de color amarillo sobre la estación afectada.

Si el sistema Andon no recibe el OK, mediante una acción curita o definitiva desde el equipo, el transportador se detendrá en la posición fija de parada, cuando la carrocería llegue a éste sitio:

- El transportador se detiene.

- La luz verde con el número de la estación correspondiente, cambia por una luz amarilla intermitente.
- La alarma sonora correspondiente al tipo de problema empieza a sonar de manera rápida.
- La baliza de color amarillo de la estación de trabajo comienza a parpadear.

Si el sistema recibe el OK, ya sea por una acción curita o definitiva desde el equipo, el transportador continúa con su operación normal:

- Reinicio del transportador.
- Todas las luces vuelven a funcionar normalmente y las de las balizas de la línea se apagan.



Figura 30. Asistencia con los equipos electrónicos

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.3 Llamada para verificación de problemas en la estación de Calidad.

Cuando se detectan problema de calidad en la EV (estación de verificación de calidad), el MET de calidad llama en busca de ayuda pulsando el botón

correspondiente de la EV como se muestra en la Figura 31, y el procedimiento, se desarrolla de la siguiente manera:

- En el tablero Andon empieza a parpadear la luz amarilla correspondiente a la estación de verificación de calidad de calidad en donde se encuentra el problema
- Suena la alarma correspondiente al problema encontrado.
- El LET se acerca a la estación y vuelve a presionar el botón correspondiente para restablecer el evento.
- En el tablero vuelve a verde la luz correspondiente a la estación de verificación de calidad.
- La alarma deja de sonar.



Figura 31. Verificación de problemas en la Estación de Verificación de calidad (EV)

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.4 Parada de emergencia

El procedimiento a seguir en el caso de la activación de la parada de emergencia se lo puede observar en la Figura 32, el mismo que inicia cuando el MET pulsa el botón de paro de emergencia y la línea se detiene inmediatamente.

- La luz ROJA de parada de emergencia se enciende intermitentemente en el sitio de la emergencia.
- En el tablero Andon se enciende una luz roja intermitente en la zona en donde se presenta el problema.
- La alarma sonora correspondiente al problema presentado empieza a sonar de manera rápida hasta que la alarma sea reseteada.

El LG o LET resetean el botón de parada de emergencia una vez que haya sido solucionado el problema:

- El transportador de carrocerías reinicia sus actividades.
- Todas las luces vuelven al estado de trabajo normal.

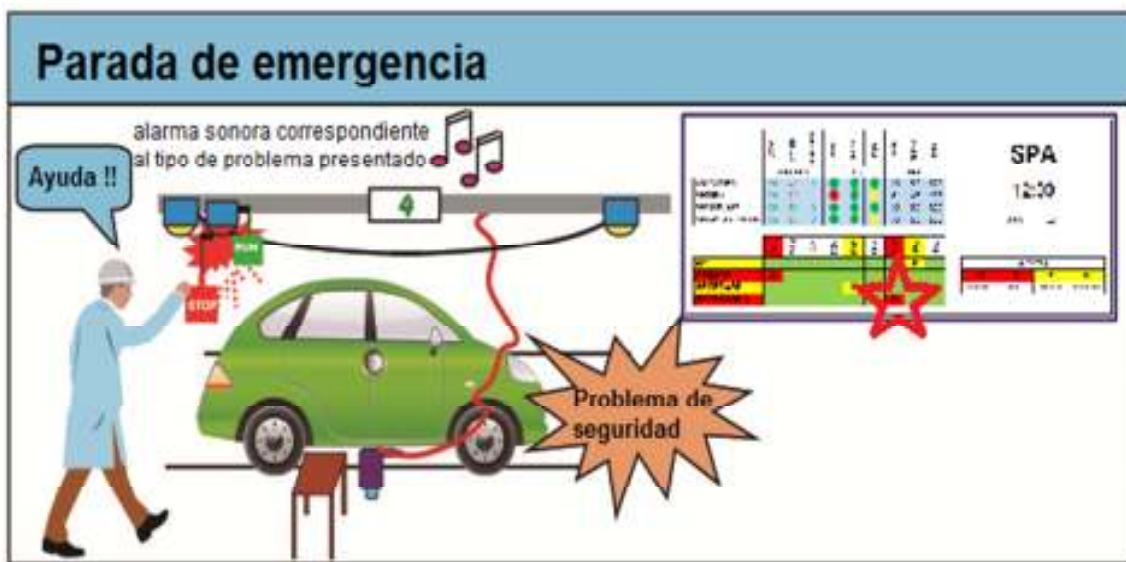


Figura 32. Parada de emergencia en la línea de producción

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.5 Fallas en los manipuladores ergonómicos o se encuentran fuera de su posición de trabajo.

Como se observa en la Figura 33, se activa el fin de carrera y se para la línea, el transportador de carrocerías se detiene inmediatamente.

- Se enciende de manera intermitente la baliza de la estación.

- En el tablero se enciende una luz de color rojo en la estación en la cual se presenta el problema.
- La alarma característica del tipo de problema que se presenta empieza a sonar hasta que se arregle el problema y se reinicie el trabajo en la línea.

El manipulador es reparado y colocado en su posición de trabajo, se resetea el interruptor, reactivando nuevamente la línea.

- El transportador de carrocerías reinicia su trabajo.
- La baliza de la estación se apaga.
- Las luces del tablero Andon vuelven a estado normal.

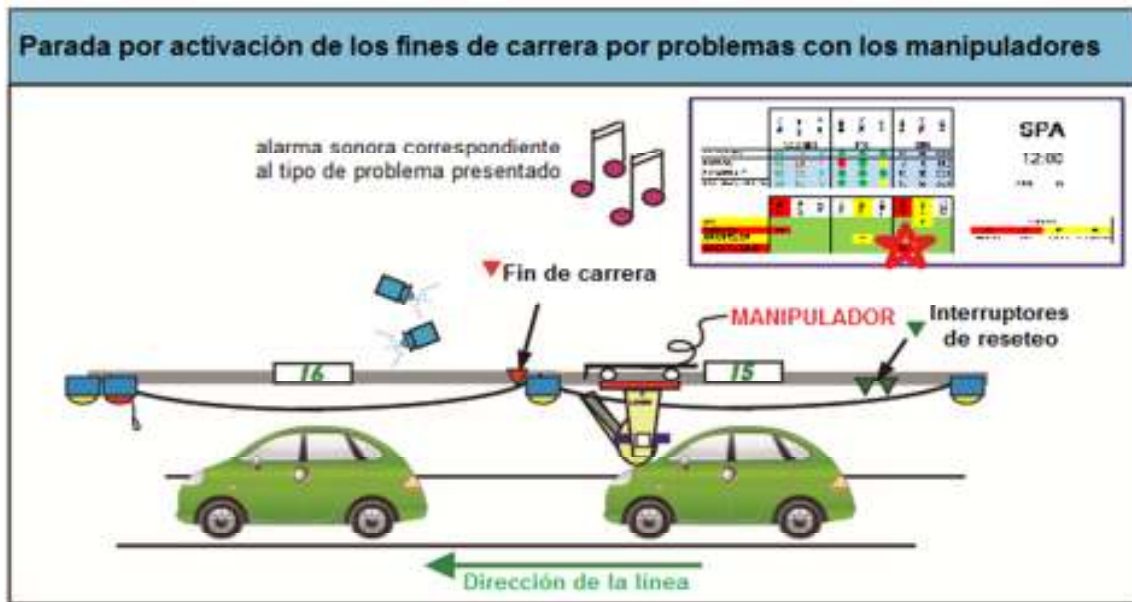


Figura 33. Parada por problemas con los manipuladores ergonómicos.

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.6 Fallas en el transportador de la línea móvil de carrocerías.

La figura 34, ejemplifica cuando existen averías o se para el transportador de carrocerías:

- Se enciende la baliza de la estación en la que se encuentra el problema.
- En el tablero se enciende una luz intermitente roja, mostrando el sitio de la falla.

- La alarma sonora correspondiente al problema empieza a sonar por un tiempo programado.



Figura 34. Problemas con el transportador de carrocerías.

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.5.7 Problemas al ingreso y salida del transportador de unidades.

Si se presenta un problema en el transportador al ingreso de las unidades a la línea de ensamble:

- Se activa de manera intermitente la baliza del transportador además de la luz de alerta de la estación de ingreso de unidades.
- En el tablero Andon se visualiza una luz parpadeante de color ROJO en el ingreso de unidades hacia la primera estación de Trim 1.
- La alarma específica suena mientras exista el problema.
- Una vez solucionado el problema las balizas se apagan y las luces del tablero Andon vuelven a su estado normal

Si se presenta un problema en la carga de unidades hacia Chassis:

- Se activa de manera intermitente la baliza del transportador además de la luz de alerta de la estación de carga y salida de unidades hacia Chassis.
- En el tablero Andon se visualiza una luz parpadeante de color ROJO en la estación de Trim 15 que es la última del transportador de piso en esa línea.

- La alarma específica suena mientras exista el problema.
- Una vez solucionado el problema las balizas se apagan y las luces del tablero Andon vuelven a su estado normal

4.1.5.8 Arranques o paras programadas

En la Figura 35, se esquematiza la ejecución de una para programada de la línea de producción, para lo cual:

- En el tablero empieza a parpadear el casillero de META con la palabra PARADA
- Se enciende la alarma correspondiente a parada.

Arranque programado de la línea de producción:

- En el tablero Andon en el casillero de META cambia la palabra PARADA por el número de META programado.

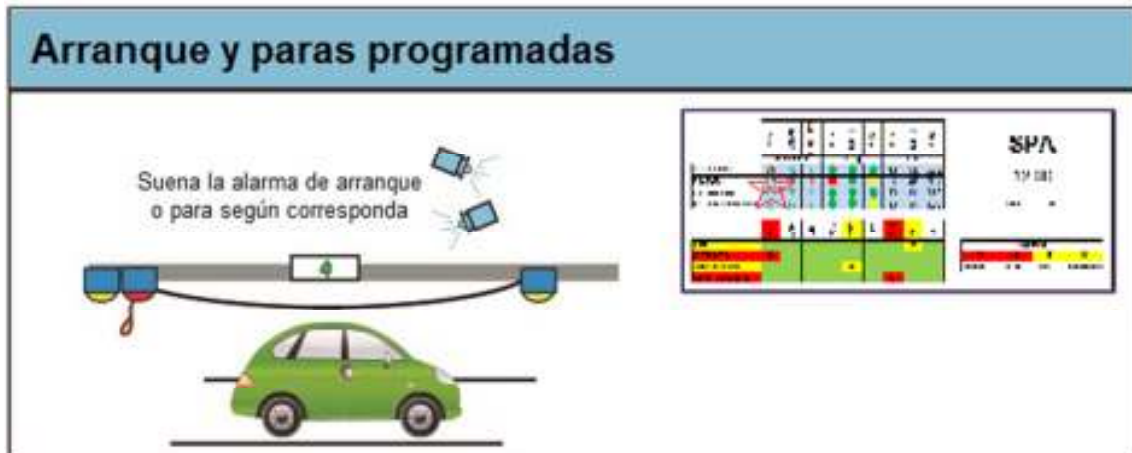


Figura 35. Arranques y paras programadas

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.1.6 Estado de la línea de producción

La información que se presenta en el tablero Andon de la Figura 36, referente al estado de la línea de producción abarca aspectos de suma importancia como: materiales, gente, proceso, herramientas, los cuales son descritos a continuación.

- *Materiales*

Desabastecimiento de materiales en la línea de producción, mala calidad del material o de diferentes características que los requeridos, exceso de materiales en las estanterías de las estaciones, son algunos de los problemas por los cuales se solicita una llamada de ayuda en el sistema Andon.

Se despliega en el tablero la estación específica en la que se suscita el problema mostrando un llamado por ayuda con la letra M, inicial de Materiales.

- *Gente*

Enmarcado en todo lo referente a personal y mano de obra. Falta de operarios en el puesto de trabajo, problemas generados por los operarios por mala manipulación de producto o herramienta, falta de capacitación o desconocimiento de las tareas. Se muestra en el tablero con la letra G, inicial de Gente.

- *Proceso*

Relacionado a problemas con el Proceso especificado por la marca y modelo de vehículo, es decir si aparecen inconvenientes que no aseguren la repetitividad y uniformidad de los resultados en los distintos procesos a lo largo de la línea de producción. Se despliega en el tablero Andon con la inicial P, correspondiente a Proceso.

- *Herramientas*

Ayudado por el proceso de mantenimiento, el tablero proporciona información relacionada con daños o anomalías en los equipos y herramientas y el lugar en que se solicite la ayuda.

En el tablero del sistema Andon se visualizará las llamadas por ayuda en función de la estrategia de despliegue que haya implementado mantenimiento, mostrándose una letra H, inicial de Herramientas.

Se ejemplifica en la figura 36, los diferentes problemas presentados en la línea de producción en un instante cualquiera de la jornada de trabajo.

| | SOL | ACM | ELP | FON | ESM | TRM | CHS | FNL | REC |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| HD | | | | | | | | H | |
| CERATO | M | | | | | | | | |
| SPORTAGE | | | | | P | | | | |
| SPORTAGE R | | | | | | | G | | |

| ALERTAS | | | |
|------------|-------|---------|--------------|
| M | G | P | H |
| MATERIALES | GENTE | PROCESO | HERRAMIENTAS |

Figura 36. Información del estado de la producción desplegada en el tablero Andon.
Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.2 Sistema Andon en la planta de pintura

La planta de pintura cuenta con el proceso más delicado en una línea de producción de vehículos, por lo que la estabilización del mismo, se convierte en vital para lograr un producto con los estándares de calidad solicitados por la marca.

4.2.1 Tableros Andon y sus ubicaciones en la planta de pintura

Tableros de estatus de pintura colocados en sitios estratégicos y visibles dentro de la planta de pintura como se lo muestra en la Figura 37.

A ubicarse en las áreas de:

- ingreso a ELPO,
- salida de lijado fondo
- salida de retoque de carrocerías.

En la planta de pintura al igual que en la planta de ensamblaje, se manejan los mismos conceptos de usos, despliegue de información y alertas sobre los tableros Andon.

continuación se muestra un ejemplo de las principales áreas de la planta de pintura:

- Fosfato / ELPO
- Lijado ELPO
- Sellado superior
- Sellado bajo piso
- Cabina de Fondo
- Lijado fondo
- Cabina de lacas
- Retoque
- Envío de unidades hacia el colchón

- *Fosfato ELPO*

El área de fosfato ELPO o recubrimiento por electrodeposición, es un área crítica en lo referente a limpieza de la misma, pues contaminaciones ambientales o de producto podrían generar graves problemas en el normal desenvolvimiento de la línea de producción. Es por esto que el ingreso a sus instalaciones es restringido, teniendo que el personal que labora ahí directamente o en tareas de apoyo, lo deben hacer con indumentaria y equipo especial.

De entre los principales problemas que se pueden presentar en el área física de trabajo están:

- Fallas a la entrada del transportador
- Problemas de bloqueos en los equipos del ELPO.
- Fallas en el horno de ELPO: problemas con el equipo utilizado en el proceso, no alcanza la temperatura requerida. Fallas en el transportador del horno.

- Problemas de calidad en el proceso: exceso de unidades en lijado ELPO, por problemas presentados en el proceso.
- Paradas de emergencia.

- *Lijado ELPO*

Llamada por ayuda del MET por:

- Falta de material procesivo en la estación.
- Problemas de calidad: Exceso o falta de sellante en las carrocerías.
- Se requiere ayuda en la solución de problemas puntuales en el proceso.
- Se detectan problemas producidos en las estaciones anteriores (por lo general de acabado metálico o falta de curado de unidades)

Paradas de emergencia

- *Sellado superior y bajo piso*

- Problemas de calidad del proceso: se detectan problemas producidos en las estaciones anteriores. Por lo general problemas producidos o que no se detectaron en la estación de lijado ELPO.
- Problemas críticos de calidad en las unidades
- Paradas de emergencia.

- *Cabina de fondo*

Llamadas por ayuda del MET por:

- Falta de material procesivo en la estación de limpieza.
- Falta de solvente en la línea de producción.
- Falta de fondo en la línea de producción.

- Se requiere ayuda en la solución de problemas puntuales en el proceso.
- Se detectan problemas producidos en las estaciones anteriores (falta o exceso de sellante, zonas mal lijadas)

Llamada por ayuda a mantenimiento por:

- Problemas con las facilidades. Parámetros fuera de especificaciones (Cortina de aire, temperatura de la cabina y/o del horno, humedad relativa, falta de limpieza en las cabinas o en el horno).

Llamada por ayuda a proveedor de mantenimiento por:

- Problemas con las pistolas electrostáticas o líneas dispensadoras de producto o de aire.

Parada de emergencia.

- *Lijado fondo*

Llamadas por ayuda del MET por:

- Falta de material procesivo en la estación.
- Problemas de calidad: problemas de sellante o falta de placas asfálticas en la carrocería.
- Se requiere ayuda en la solución de problemas puntuales en el proceso.
- Se detectan problemas producidos en las estaciones anteriores (por lo general mala limpieza o falta de curado de unidades)

Llamada por ayuda a mantenimiento por:

- Problemas con las facilidades. Problemas con las herramientas.
- Paradas de emergencia

- *Cabina de lacas*

Llamadas por ayuda del MET por:

- Falta de material procesivo en la estación de limpieza.
- Falta de solvente en la línea de producción.
- Falta de base color o barniz en la línea de producción.
- Se requiere ayuda en la solución de problemas puntuales en el proceso.
- Se detectan problemas producidos en las estaciones anteriores (por lo general de la estación de fondo o lijado fondo, chorreados, mala aplicación, suciedades)

Llamada por ayuda a mantenimiento por:

- Problemas con las facilidades. Parámetros fuera de especificaciones (Cortina de aire, temperatura de la cabina y/o del horno, humedad relativa, falta de limpieza en las cabinas o en el horno).

Llamada por ayuda a proveedor de mantenimiento por:

- Problemas con las pistolas electrostáticas o líneas dispensadoras de producto o de aire.

Paradas de emergencia.

- *Retoque*

Llamadas por ayuda del MET por:

- Falta de material procesivo en las diferentes estaciones de trabajo.
- Se requiere ayuda en la solución de problemas puntuales en el proceso.
- Se detectan problemas graves producidos en las estaciones anteriores (Cabinas de fondo o de lacas, faltas de cubrimiento del producto, malas aplicaciones)

Llamadas por ayuda a mantenimiento por:

- Problemas con las pistolas de retoque, pulidoras o líneas de aire.

- Problemas con el transportador de unidades desde la planta de pintura hacia el colchón.

Paradas de emergencia.

4.2.3 Layout de las estaciones en la línea de producción

En cada estación laboran dos operarios, uno por cada lado (derecha/izquierda). La disposición de luces de alarma debe ser en cada estación y los parlantes deben colocarse en la parte superior y por cada sector productivo como se indica en la Figura 38.

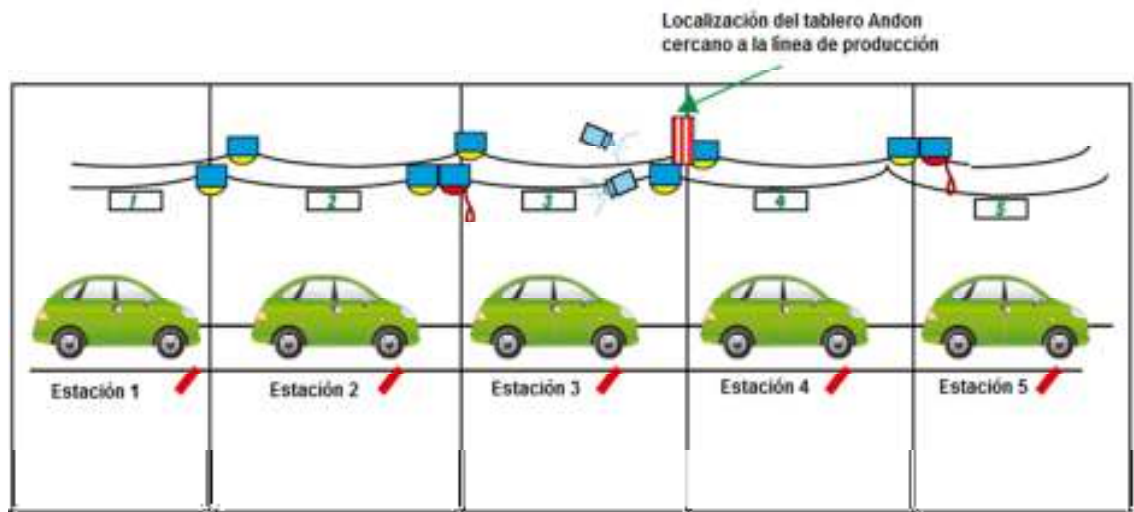


Figura 38. Disposición de las estaciones en la planta de pintura.

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.2.4 Layout de estaciones dentro de la cabina de pintura

En las cabinas de fondo y lacas esquematizadas en la Figura 39, el sistema de ayuda Andon está dispuesto de la siguiente manera:

- En cada estación laboran dos operarios, uno por cada lado (derecha/izquierda).
- Las balizas de alarma y los parlantes deben colocarse fuera de las cabinas de fondo y lacas, ya que se trabaja en un ambiente con alto índice de

explosividad debido a que se encuentran solventes disueltos por el proceso productivo.

- Tomar en cuenta que todos los equipos y material a utilizarse deben ser anti explosión para evitar cualquier problema o accidente.

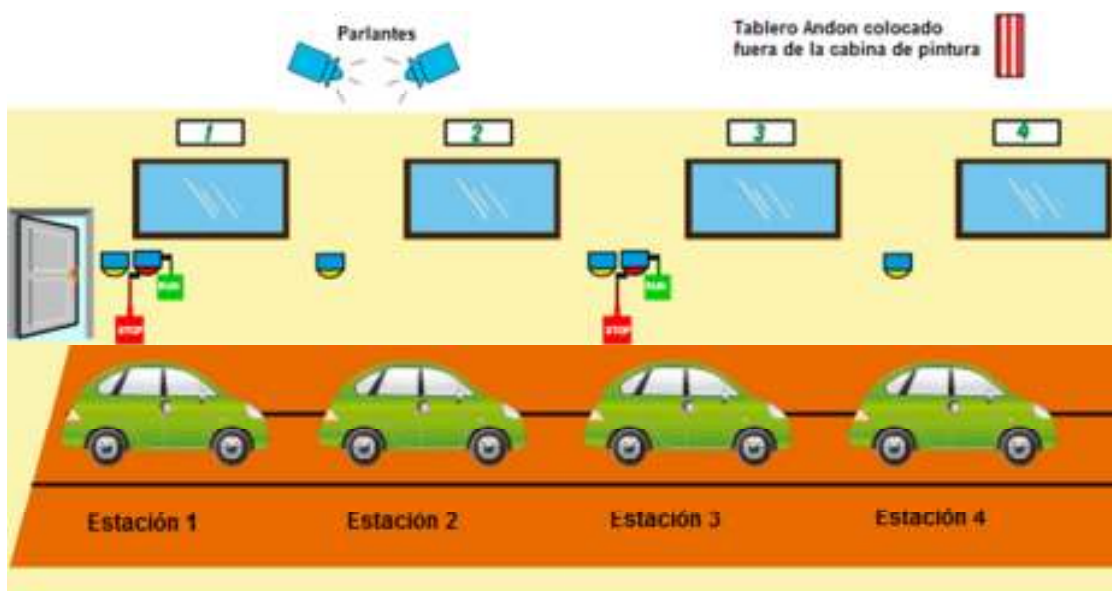


Figura 39. Disposición de las estaciones dentro de las cabinas de pintura

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

Como se muestra en la Figura 40, dentro de las cabinas estarán localizados:

- Los botones de parada de emergencia, se deberán situar en los dos extremos de la línea de producción en un lugar de fácil acceso para los operarios.
- Las cuerdas de jalar para pedir ayuda irán dispuestas a cada lado a lo largo de todas las estaciones de trabajo dentro de la cabina.

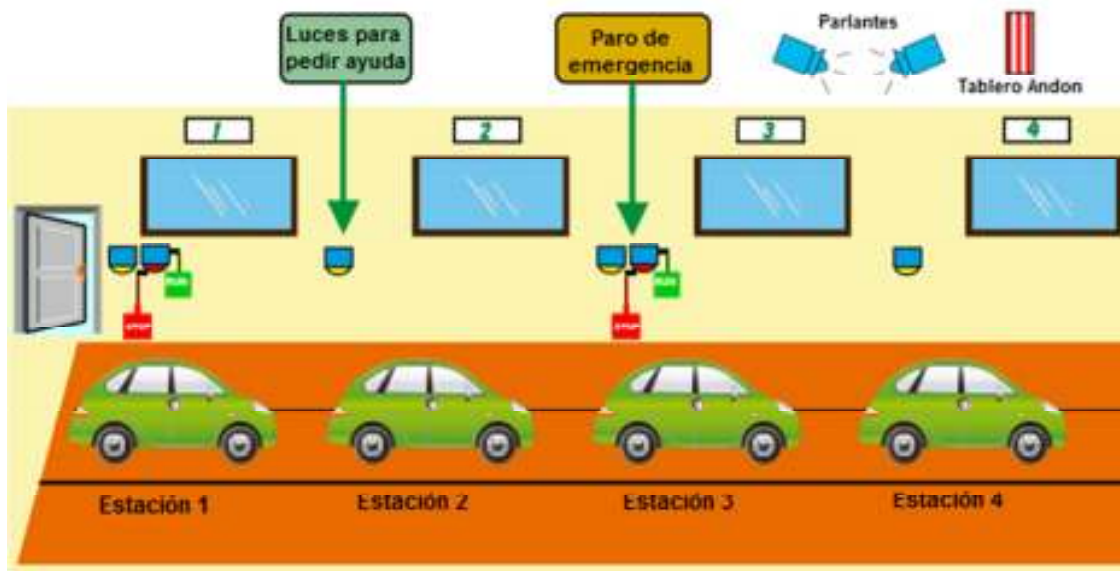


Figura 40. Disposición de facilidades dentro de las cabinas de pintura.

Fuente: GM-GMS Operating Guideline, 29.1 Andon System, Version 1.0 (GM-GMS Operating Guideline, 2003)

4.2.5 Eventos en la planta de pintura que solicitaran ayuda por medio del sistema Andon

Dentro del listado de fallas o paradas propias de la Planta de Pintura están:

- Inicio y final de turno de trabajo: Indicando inicio y fin de la jornada de trabajo.
- Llamada de ayuda por parte de un MET: para alertar al LET acerca de que en una determinada estación de trabajo sobre la línea de producción se requiere ayuda.
- Para de la línea de producción: alerta al MET que la línea de producción sufrió una parada y requiere ayuda de inmediato.
- Chequeo de puntos críticos: solicita la presencia de los líderes de equipo para revisión en falencias en puntos críticos.
- Falla de los equipos o del transportador: se alerta a mantenimiento sobre la ayuda requerida por daños o problemas en los equipos.

4.2 Sistema Andon en la planta de soldadura

La planta de soldadura presenta una particularidad referente a sus similares de ensamblaje y pintura, su línea de producción está repartida en celdas propias de cada modelo de vehículo, las cuales una vez soldadas se unen en un línea común para continuar con los siguientes pasos del proceso productivo.

4.3.1 Tableros Andon y sus ubicaciones en la planta de soldadura

Los tableros Andon en la planta de soldadura, al igual que en la planta de soldadura y pintura, apoyan a un grupo específico de operaciones.

Los tableros deben colocarse en cada una de las celdas de soldadura como se muestra en la Figura 41, ubicándose en un lugar visible para que todos los miembros del equipo puedan obtener información sobre el estado de la línea de producción de forma rápida.

Las celdas activas en la planta de soldadura son:

- Celda Sportage,
- Celda Camión,
- Celda Cerato,
- Celda Sportage R,
- Acabado metálico.

En la planta de soldadura se manejan los mismos conceptos de usos, despliegue de información y alertas sobre los tableros Andon, que en las plantas de ensamblaje y pintura.

En lo referente a Herramientas, los equipos y herramental ocupan gran parte del espacio físico y en MATERIALES las partes a soldarse del vehículo son las más grandes, por lo que mantenimiento y logística juegan un papel muy importante.

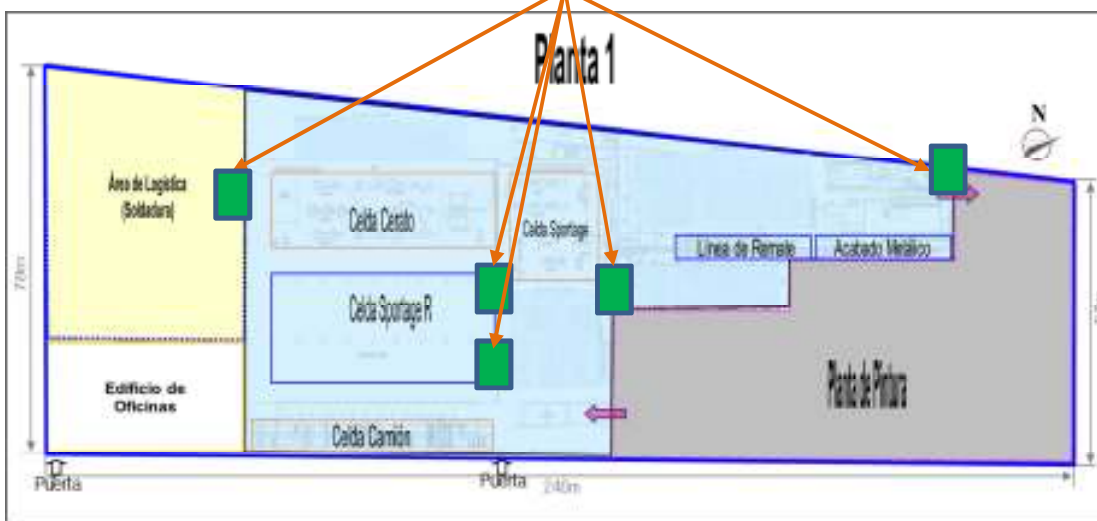
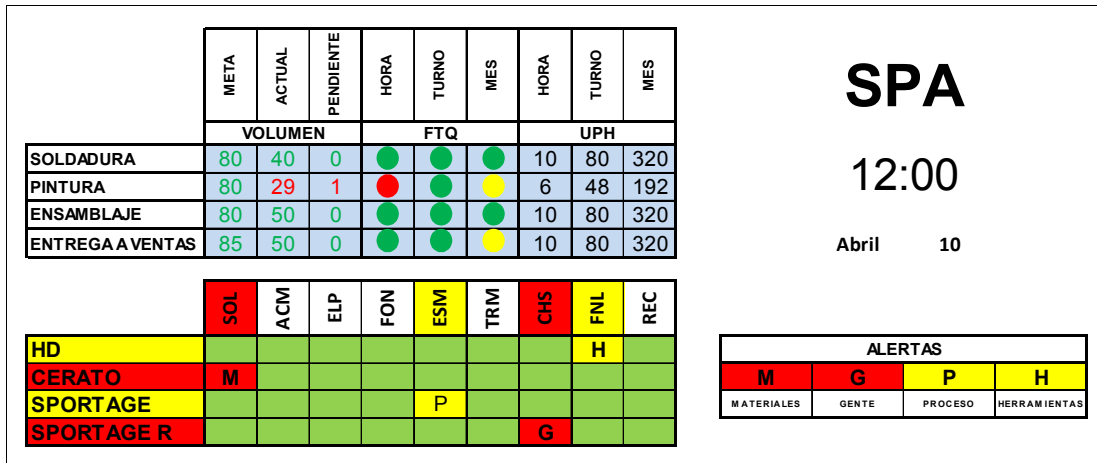


Figura 41. Layout de soldadura y disposición de los tableros Andon.
Fuente: AYMESA S.A., 2015

4.3.2 Operaciones específicas de mantenimiento

A continuación se lista una muestra de los requerimientos más frecuentes en la planta de soldadura:

- Daños en las pistolas de soldadura por punto.
- Daños en los equipos de soldar MIG.
- Danos en las marcadores de números de carooería.
- Calibración de los equipos.
- Problemas con la energía eléctrica, suministro de agua o suministro de aire.

4.3.3 Operaciones específicas de materiales

Atado directamente a Logística se puede enumerar:

- Desabastecimiento de material en las celdas de soldadura de los distintos modelos.
- Falta de material en la línea de producción.
- Mala calidad del material dispuesto en la línea de producción.
- Daños de paneles metálicos en la línea de producción.

4.3 Capacitación de todos los involucrados a los distintos niveles

Una vez terminada la implantación física de todas las facilidades correspondientes al sistema Andon, es necesario capacitar a todo el personal involucrado en el normal funcionamiento de la línea de producción, ya que para que el proyecto tenga éxito, todos deben estar informados de sus roles y responsabilidades.

Los MET, LET y LG de los distintos procesos que hayan recibido capacitación formal referente al sistema Andon, son los encargados de impartirlos al resto de sus compañeros, permitiendo un incremento de conocimientos en todo el personal.

El despliegue de información en todas las plantas y dentro de todos los procesos de apoyo, permitirá llevar un adecuado control del funcionamiento del sistema, con el objetivo principal de lograr disminuir la cantidad de desperdicios.

Diariamente se generarán reuniones de grupos de trabajo con el objetivo de analizar los distintos problemas presentados durante la jornada de trabajo, con el fin de detectar las pérdidas que afectan la efectividad de la línea de producción.

Los involucrados deben realizar periódicamente reuniones de trabajo en donde se plantearán actividades de mejora al sistema, indicando responsables y un plazo para su implementación.

5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.

A continuación se presenta el análisis del sistema propuesto, a partir de los tiempos muertos generados en las diferentes plantas a lo largo de la línea de producción, con el propósito de sustentar la implantación del sistema Andon.

Aunque en las tres plantas afecten variables diferentes, todas funcionan de forma continua y las mejoras a lograrse con la implantación del sistema Andon se las obtiene a partir de una comparación teórica entre el antes y después de una implantación de la herramienta, centrando la información principalmente a las paradas generadas por materiales, mantenimiento y calidad, tomando como intervalo de tiempo los últimos ocho meses de producción.

5.1 Sistema Andon en la planta industrial de AYMESA S.A.

Como se indicó en el capítulo anterior, para una normal operación de la línea de producción con el sistema Andon, se requiere de capacitación a todo el personal inmerso en el proceso productivo de AYMESA S.A., recibiendo todos los involucrados la misma información, ya que los objetivos y metas son únicos de la empresa. Al ser una herramienta de mejora, se espera obtener resultados similares en las tres plantas, ya que se maneja un mismo producto (vehículos) en iguales cantidades, debiendo solucionarse los problemas de la misma manera, ya que el sistema trabaja bajo el mismo principio a lo largo de toda la línea de producción.

Para hacer visibles los beneficios que conlleva el contar con el mencionado sistema, se realiza un comparativo entre los tiempos muertos generados durante un período de tiempo (8 meses), centrando la información principalmente en las paradas presentadas por fallas o problemas por materiales, mantenimiento y calidad, antes de la implementación de la herramienta de ayuda.

Los tiempos de paradas generan consumo de todo tipo de insumos, los cuales se convierten en valores que pueden llevar al aumento del costo del producto terminado. Los tiempos se generaron a través de mediciones a vehículos ensamblados y número de vehículos que se dejaron de ensamblar, ya que al conocer el tiempo de ensamblaje de un vehículo (procesos estandarizados), se puede llegar a conocer cuántas unidades se dejaron de ensamblar y cuáles fueron las razones para que esto ocurriera.

Tabla 10:

Tiempos muertos por fallas en la línea de producción.

| Tiempos muertos por fallas en la línea de producción (2015) | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| Mes | Materiales (minutos) | Mantenimiento (minutos) | Total (minutos) | Total (horas) |
| Enero | 942 | 1.186 | 2.128 | 35,40 |
| Febrero | 750 | 1.592 | 2.342 | 39,00 |
| Marzo | 2.536 | 1.616 | 4.152 | 69,20 |
| Abril | 2.784 | 574 | 3.358 | 55,90 |
| Mayo | 1.914 | 194 | 2.108 | 35,13 |
| Junio | 3.236 | 490 | 3.726 | 62,10 |
| Julio | 1.684 | 644 | 2.328 | 38,80 |
| Agosto | 3.010 | 1.166 | 4.176 | 69,60 |
| TOTAL | | | 24.318 | 405,13 |

Fuente: Proceso de producción AYMESA S.A, 2015.

La información presentada en la Tabla 10, corresponde a un resumen entregado periódicamente por producción, el mismo que reporta las paras que sufrió la línea de producción. Aunque no se evidencia información numérica referente a las paras ocasionadas por problemas de calidad en las unidades ensambladas; es decir el tiempo que se detuvo la línea de producción por este tipo de problemas, el proceso de calidad aporta con un porcentaje de paradas del 0,1 al 2,1% del downtime diario o tiempo de pérdida planificado con la configuración de las facilidades actualmente instaladas, esto en base a los vehículos que requirieron algún tipo de reparación o reproceso. Debido a que esta es la causa de menor participación dentro del análisis de tiempos muertos, se la omitirá para éste análisis. Como se evidencia en la Tabla 10, la causa que genera mayor tiempo de paras es materiales, debido a que toda la línea de producción requiere de todo tipo de insumos para el ensamblaje de los vehículos.

El tiempo total de para contabiliza 24.318 minutos durante los ocho meses, con un promedio mensual de 3.939,75 minutos, siendo un valor elevado. Hay tomar en cuenta que al costo que genera este tiempo, hay que añadirle el correspondiente al monto por servicios (agua, luz, combustibles).

Tabla 11:
Consumo de energía. Costo promedio mensual

| Costo promedio mensual por consumo de energía (USD) | |
|---|-----------|
| Agua | 3.141,08 |
| Energía eléctrica | 45.938,35 |
| Diesel | 9.485,53 |
| Total | 58.564,96 |
| Costo diario | 2.662,04 |
| Costo / hora | 266,20 |

Fuente: Proceso de mantenimiento AYMESA S.A, 2015.

En la Tabla 11, se muestra el costo promedio mensual por consumo de energía durante los ocho meses del ejercicio.

Para calcular el porcentaje aproximado de tiempo de paras de planta sin tener en cuenta la mano, se lo utilizó los registros de producción que se indican en la tabla 10, cifras que ayudarán a determinar el porcentaje de tiempo muerto producido durante los ocho meses.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo disponible} &= 8 \text{ meses} * 22 \text{ días} * 10 \text{ horas} * 60 \text{ minutos} \\ &= 105.600 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\% \text{ de tiempo de paras} = (24.318 \text{ minutos} / 105.600 \text{ minutos}) * 100 = 23,02\%$$

Es decir el 23% del tiempo total disponible para producción es tiempo muerto.

5.1.1 Evaluación estimada al implementar un sistema Andon en Aymesa S.A.

Para la realización de una valoración estimada de los beneficios a obtenerse en la Planta Industrial de Aymesa S.A., después de la implementación del sistema Andon, se toman los valores teóricos calculados.

Tomando en cuenta que el valor implícito de downtime en la planta de Aymesa es del 10%, lo que nos indica que se encuentra en un 13% arriba de lo esperado, que es el valor a disminuir esperando llegar a eliminarlo.

Tomando en cuenta que por la baja demanda de vehículos, la línea se está moviendo a 6 unidades/hora (UPH), la cantidad de vehículos que se dejó de ensamblar en los ocho meses con un tiempo muerto de 405,13 horas fue de:

$$\text{Vehículos que se dejaron de producir} = \frac{405,13 \text{ horas}}{6 \text{ UPH}} = 67,52$$

Es decir mensualmente se dejaron de ensamblar 8,44 vehículos, por pérdidas de tiempo productivo.

5.1.2 Metas propuestas con la implementación del sistema Andon en la Planta de Aymesa S.A.

La implementación de esta nueva herramienta traerá consigo cambios significativos, y de principio resultará difícil que los operarios se acoplen con una metodología como Andon, ya que resulta complicado su ajuste a este sistema, pues es necesario cambiar los hábitos y la manera como se realizan las cosas.

Actualmente, en la planta de producción de Aymesa S.A. se cuenta con la información referente a la pérdida de tiempo por problemas en equipos y por falta de materiales en la línea de producción.

Estos tiempos se reponen al final de la jornada laboral, muchas veces con la generación de horas extras de trabajo para los operarios de todas las áreas involucradas directa o indirectamente en el proceso productivo, por esto es importante conocer cuánto se podría dejar de perder si esta reposición de tiempo se eliminara, al optimizar el tiempo disponible en la jornada normal de trabajo diario.

Desde inicios del 2015, en la planta de Aymesa S.A., se vienen ensamblando alrededor de 30 vehículos diarios, es decir un total de 660 vehículos mensuales, en un turno diario de 8 horas laborables, 22 días al mes. En los ocho meses que se toman para el análisis se ensamblaron 5.280 vehículos aproximadamente.

En la tabla 10, se refleja una pérdida total (8 meses) de 24.318 minutos, con una media mensual de 3.039,75 minutos. De acuerdo a la teoría de la herramienta con la sola implementación y teniendo personal capacitado en su etapa inicial, se puede lograr un mínimo de 25% (escenario más pesimista) del total de eliminación de desperdicios mensual, solo supliendo en parte la falta de material, y ayudando por parte de mantenimiento en el reseteo de máquinas y equipos que lo requieran.

Tabla 12:
Tiempos muertos por fallas en la línea de producción restado el 2% (mínimo) de desperdicio por implementación del Andon.

| Reducción del 25% a los tiempos muertos por fallas en la línea de producción (2015) | | | | |
|---|----------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| Mes | Materiales (minutos) | Mantenimiento (minutos) | Total (minutos) | Total (horas) |
| Enero | 706,5 | 889,5 | 1.596,0 | 26,6 |
| Febrero | 562,5 | 1.194,0 | 1.756,5 | 29,3 |
| Marzo | 1.902,0 | 1.212,0 | 3.114,0 | 51,9 |
| Abril | 2.088,0 | 430,5 | 2.518,5 | 41,9 |
| Mayo | 1.435,5 | 145,5 | 1.581,0 | 26,3 |
| Junio | 2.427,0 | 367,5 | 2.794,5 | 46,6 |
| Julio | 1.263,0 | 483,0 | 1.746,0 | 29,1 |
| Agosto | 2.257,5 | 874,5 | 3.132,0 | 52,2 |
| TOTAL | | | 18.238,5 | 303,8 |

Fuente: Proceso de producción AYMESA S.A, 2015.

De los valores obtenidos en la Tabla 12, se puede evidenciar una reducción de 101,5 horas en el periodo de tiempo evaluado, que corresponden a 16,91 vehículos más de producción.

Se dejaron de utilizar 8,3 horas de servicios que corresponden a un monto de:

$$\text{Ahorro en servicios} = 101,5 \text{ horas} * 266,20 \text{ dólares} = 27.019,30 \text{ dólares}$$

Sin tomar en cuenta mano de obra por horas extras, que globalmente da un aproximado de:

$$\text{Horas extras} = 300 \text{ operarios} * 101,5 \text{ horas} = 30.450 \text{ horas}$$

Tomando en cuenta que el valor de cada hora extra es de 3,50 dólares/hora se obtiene:

$$\text{Ahorro en horas extras} = 30.450 \text{ horas} * 3,50 \text{ dólares/horas} = 106.575 \text{ dólares}$$

- *Escenario realista o más probable*

En la tabla 10 se refleja una pérdida total (8 meses) de 24.318 minutos, con una media mensual de 3.039,75 minutos. Planteando un escenario realista o más probable, se puede obtener una reducción del 50% del total de eliminación de desperdicios mensual, disminuyendo los problemas por falta de material, y garantizando que la maquinaria y equipos no presenten problemas si se sigue un plan de mantenimiento adecuado.

Tabla 13:

Tiempos muertos por fallas en la línea de producción restado el 50% de desperdicio por implementación del Andon.

| Reducción del 50% a los tiempos muertos por fallas en la línea de producción (2015) | | | | |
|---|----------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| Mes | Materiales (minutos) | Mantenimiento (minutos) | Total (minutos) | Total (horas) |
| Enero | 471,0 | 593,0 | 1064,0 | 17,7 |
| Febrero | 375,0 | 796,0 | 1171,0 | 19,5 |
| Marzo | 1268,0 | 808,0 | 2076,0 | 34,6 |
| Abril | 1392,0 | 287,0 | 1679,0 | 28,0 |
| Mayo | 957,0 | 97,0 | 1054,0 | 17,6 |
| Junio | 1618,0 | 245,0 | 1863,0 | 31,1 |
| Julio | 842,0 | 322,0 | 1164,0 | 19,4 |
| Agosto | 1505,0 | 583,0 | 2088,0 | 34,8 |
| TOTAL | | | 12.159,0 | 202,6 |

Fuente: Proceso de producción AYMESA S.A, 2015.

De los valores obtenidos en la Tabla 13, se puede evidenciar una reducción de 202,6 horas en el periodo de tiempo evaluado, que corresponden a 33,76 vehículos más de producción.

Se dejaron de utilizar 202,6 horas de servicios que corresponden a un monto de:

$$\text{Ahorro en servicios} = 202,6 \text{ horas} * 266,20 \text{ dólares} = 53.932,12 \text{ dólares}$$

Sin tomar en cuenta mano de obra por horas extras, que globalmente da un aproximado de:

$$\text{Horas extras} = 300 \text{ operarios} * 202,6 \text{ horas} = 60.780 \text{ horas}$$

Tomando en cuenta que el valor de cada hora extra es de 3,50 dólares/hora se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro en horas extras} &= 60.780 \text{ horas} * 3,50 \text{ dólares/horas} \\ &= 212.730 \text{ dólares} \end{aligned}$$

- Escenario Optimista

Se continua manejando los valores reflejados en la tabla 10, que indican una pérdida total (8 meses) de 24.318 minutos, con una media mensual de 3.039,75 minutos. Con el planteamiento de un escenario optimista, se puede lograr un 90% del total de eliminación de desperdicios mensual, evitando todos las paras generadas.

Tabla 14:

Tiempos muertos por fallas en la línea de producción restado el 90% (mínimo) de desperdicio por implementación del Andon.

| Reducción del 90% a los tiempos muertos por fallas en la línea de producción (2015) | | | | |
|---|----------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| Mes | Materiales (minutos) | Mantenimiento (minutos) | Total (minutos) | Total (horas) |
| Enero | 94,2 | 118,6 | 212,8 | 3,5 |
| Febrero | 75,0 | 159,2 | 234,2 | 3,9 |
| Marzo | 253,6 | 161,6 | 415,2 | 6,9 |
| Abril | 278,4 | 57,4 | 335,8 | 5,6 |
| Mayo | 191,4 | 19,4 | 210,8 | 3,5 |
| Junio | 323,6 | 49,0 | 372,6 | 6,2 |
| Julio | 168,4 | 64,4 | 232,8 | 3,9 |
| Agosto | 301,0 | 116,6 | 417,6 | 7,0 |
| TOTAL | | | 2.431,8 | 40,5 |

Fuente: Proceso de producción AYMESA S.A, 2015.

De los valores obtenidos en la Tabla 14, se puede evidenciar una reducción de 364,8 horas en el periodo de tiempo evaluado, que corresponden a 60,8 vehículos más de producción.

Se dejaron de utilizar 364,8 horas de servicios que corresponden a un monto de:

$$\text{Ahorro en servicios} = 364,8 \text{ horas} * 266,20 \text{ dólares} = 91.109,76 \text{ dólares}$$

Sin tomar en cuenta mano de obra por horas extras, que globalmente da un aproximado de:

$$\text{Horas extras} = 300 \text{ operarios} * 364,8 \text{ horas} = 109.440 \text{ horas}$$

Tomando en cuenta que el valor de cada hora extra es de 3,50 dólares/hora se obtiene:

$$\text{Ahorro en horas extras} = 109.440 \text{ horas} * 3,50 \text{ dólares/horas} = 383.040 \text{ dólares}$$

- *Comparativo de los tres escenarios*

Se puede evidenciar la gran diferencia que existe al plantearse los tres escenarios que pueden llegar a lograrse con la reducción de los desperdicios, en número de horas y montos de dinero, sin tomar en cuenta valores que se obtienen como utilidad de los productos y otros que son confidenciales de la empresa.

Tabla 15:

Valores comparativos de los tres escenarios reduciendo desperdicios e implementando el sistema Andon.

| Valores comparativos de tiempos muertos que se pueden presentar al implementar Andon | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------------|------------|------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| Sin Andon | | Escenario pesimista | | Escenario realista | | Escenario optimista | |
| % desperdicio | Vehículos que no se produjeron | % de disminución desperdicio | Ahorro USD | % de disminución desperdicio | Ahorro USD | % de disminución desperdicio | Ahorro USD |
| 23% | 67,52 | 25 | 133.594,30 | 50 | 266.662,12 | 90 | 474.149,76 |

Fuente: Proceso de producción AYMESA S.A, 2015.

Como se refleja en la Tabla 15, en los distintos escenarios se puede observar la reducción de los desperdicios y el ahorro de dinero que esto conlleva. Aun si

se proyecta que el resultado a obtenerse sea el más pesimista, significa dejar de gastar dinero en vano.

5.1.3 Aumento de la productividad con la implementación del sistema Andon en la Planta de Aymesa S.A.

Al hablar de productividad se referencia directamente a la mejora continua del proceso, ya que se busca más que producir rápido, el producir mejor. Por lo que de acuerdo a los valores obtenidos se tiene que el aumento de la productividad en la planta de Aymesa antes y después de la implementación del sistema Andón será:

Tiempo disponible (8 meses) = 105.600 minutos = 1.760 horas

Tiempo de paras (8 meses) = 24.318 minutos = 405,3 horas
= 23 % del total de tiempo

Capacidad de la planta = 6 unidades por hora (UPH)

de unidades a producirse (desperdicio cero) = 22 días * 8 horas * 6 unidades

de unidades a producirse (desperdicio cero) = 1.056 unidades

Productividad sin el sistema Andon = $\frac{\text{unidades producidas}}{\text{tiempo total}}$

Productividad sin el sistema Andon = $\frac{(1.056-67,52) \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}}$
= $\frac{988,48 \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}}$

Productividad sin el sistema Andon = 5,61 UPH

Productividad con el sistema Andon

Escenario pesimista = $\frac{(1.056-50,63) \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}} = \frac{1005,37 \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}}$

Escenario pesimista = 5,71 UPH

$$\text{Escenario realista} = \frac{(1.056-33,76) \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}} = \frac{1022,24 \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}}$$

Escenario realista = 5,8 UPH

$$\text{Escenario optimista} = \frac{(1.056-6,75) \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}} = \frac{1.049,25 \text{ unidades}}{1.760 \text{ horas}}$$

Escenario optimista = 5,96 UPH

5.2 Costo-beneficio de la implementación del sistema Andon en la línea de producción de Aymesa S.A.

5.2.1 Costo implementación Andon en línea de producción

A continuación el análisis del costo de implementación del sistema Andon en la línea de producción de Aymesa S.A., teniendo en cuenta los elementos que este constituye.

5.2.1.1 Descripción del sistema con equipo Mitsubishi

Mitsubishi Electric ha desarrollado una familia de controladores de alta velocidad y eficiencia que son ampliamente utilizados en las plantas ensambladoras a nivel mundial, los cuales tienen redes de comunicación en diferentes niveles para garantizar la integridad del sistema y confiabilidad en los datos suministrados.

- **Primera etapa**

En la primera etapa se instalarán los siguientes equipos:

- Controladores lógico programables, serie Q, para la administración de las señales.
- Luces de tres colores (verde, amarillo y rojo) en cada estación de trabajo.

- Cuerda para la activación de las alarmas a lo largo de toda la línea de producción.

Alarmas sonoras con tonos específicos para cada tipo de problema.

Cada estación de trabajo consta de una cuerda de color rojo, conectada a un switch o fin de carrera dentro de un tablero de control, con la finalidad de emitir una señal que llegue al PLC de control, y éste encienda la luz correspondiente colocada encima de la estación, además de una señal acústica. Una vez que el supervisor se acerque a la estación y verifique cual es la emergencia, éste oprimirá uno de los tres pulsadores instalados en el tablero de control, activando la luz respectiva en la lámpara.

- Segunda etapa

Para la segunda etapa de interconexión los Controladores Lógico Programables (PLC) en una red MELSECNET/H de alta velocidad para poder intercambiar datos. Se asignará a un PLC como Maestro, el cual intercambiará información con los otros PLC`s y controlará la visualización de datos en los tableros y computadores conectados a la red. En el caso de la marquesina y el computador remoto, la red a ser utilizada es Ethernet, que garantiza gran velocidad de transmisión.

Características técnicas

- *Controladores lógicos, serie Q*

Debido a los cada vez más exigentes requerimientos en las plantas de producción, a las nuevas posibilidades de comunicación y a la necesidad de la integración de nuevas tecnologías, se alcanza con rapidez el límite de rendimiento de los sistemas PLC tradicionales. La respuesta de Mitsubishi Electric ante estos desafíos cada vez mayores en el sistema Q de MELSEC, un control de alto rendimiento con innovadora tecnología de multiprocesador. Con el sistema Q de MELSEC es posible controlar varias aplicaciones con un solo PLC. Al mismo tiempo, la plataforma de automatización ofrece también numerosas posibilidades de comunicación.

- *Red Ethernet*

Ethernet representa el nivel superior en la jerarquía de redes usada en la transmisión de información al interior de la planta y entre diferentes procesos de la misma. Se usa para establecer una conexión con sistemas SCADA y otros sistemas de control de la producción y calidad.

- Máximo 100 Mbps de velocidad en la transmisión de datos.
- Fácil comunicación con PLC`s.

- *Red MELSCNET/H*

La red MELSCNET/H es un nivel inferior a Ethernet y permite la comunicación entre PLC`s en una línea de producción dentro de la planta. Dicha red ofrece gran desenvolvimiento, tolerancia a fallas, comunicación determinística y sincronización entre diferentes procesos.

- Máximo 25 Mbps de velocidad en la transmisión de datos.
- Gran capacidad de conexión, de hasta 16.384 puntos.
- Lazo cerrado de fibra óptica para garantizar la transmisión y evitar interrupciones en la comunicación.
- Sin restricciones de transmisión por estación.

Tabla 16:

Costo del equipo para el sistema Andon en la primera etapa.

| Ítem | Descripción | Cantidad | Precio Unitario (USD) | Precio Total (USD) |
|-----------------|---|----------|-----------------------|--------------------|
| MIT-ANDN-EST1 | INSTALACIÓN SISTEMA ANDON EN ESTACIÓN DE TRABAJO - 1 Tower light 3 color (verde, amarillo y rojo) 56 mm. - 1 limit switch. 10 metros de cuerda de tres colores. - 1 tablero con protección IP 65. - Cables, canaletas, amarras y accesorios. - Instalación y calibración. | 108 | 568,25 | 61.371,00 |
| PLC-EST 1 | - 1 Controlador Lógico Programable (PLC) Mitsubishi Serie Q, modelo Q00JCPU para o estaciones de trabajo. - 1 módulo para 32 entradas digitales de 24 VCD modelo QX41. - 2 módulos para 16 salidas tipo Relay, 240 VAC modelo QY10. - 1 main base unit para CPU, fuente de poder y 5 I/O slots. - 3 conectores para módulos I/O - Instalación, programación y calibración. | 4 | 2.842,50 | 11.370,00 |
| PLC-EST2-Master | - 1 Controlador Lógico Programable (PLC) Mitsusbishi serie Q, modelo Q00JCPU para 12 estaciones de trabajo. - 1 módulo para 64 entradas digitales, de 24 VCD modelo QX41. - 3 módulos para 16 salidas tipo Relay, 240 VAC modelo QY10. - 1 main base unit, para CPU, fuente de poder y 8 I/O slots. - 3 conectores para módulo I/O. - Instalación, programación y calibración. | 2 | 3.883,50 | 7.767,00 |
| Tableros | - LCD de 32 pulgadas | 12 | 1.323,93 | 15.887,16 |
| Alarma | - Instalación alarma sonora | 2 | 2.800,00 | 5.600,00 |
| TOTAL | | | | 101.995,16 |

Fuente: AMI Mechanical S.A.

5.2.2 Período de recuperación

Como se calculó anteriormente, el costo mensual aproximado solo de pago por servicios es de USD\$ 58.564,96, teniendo un costo por hora de USD\$ 266,20; en los ocho meses de trabajo por desperdicios en la línea de producción se pagaron:

$$\begin{aligned} \text{Costo de servicios con desperdicios (8meses)} &= 405,3 \text{ horas} * 266,20 \text{ dólares} \\ &= 107.890,86 \text{ dólares.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de servicios con desperdicios (mensual)} &= 107.890,86 \text{ dólares} / 8 \text{ meses} \\ &= 13.486,35 \text{ dólares} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo mano de obra por desperdicios (8meses)} &= 405,3 \text{ horas} * 300 \text{ personas} * \\ &3,50 \text{ dólares} \\ &= 425.565 \text{ dólares.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo mano de obra por desperdicios (mensual)} &= 425.565 \text{ dólares} / 8 \text{ meses} \\ &= 53.195,62 \text{ dólares} \end{aligned}$$

Sumando los valores correspondientes a servicios y mano de obra por horas extras generadas en un mes de trabajo, se pierde:

$$\begin{aligned} \text{Valor total por pérdidas (mensual)} &= (13.486,35 + 53.195,62) \text{ dólares} \\ &= 66.681,98 \text{ dólares} \end{aligned}$$

Si la inversión inicial para implementar Andon en la línea de producción es de USD\$101.995, y tomando en cuenta que con la implementación del sistema Andon se plantea una disminución por fallas del 25% total de la producción, representando el peor escenario con un mínimo de reducción de desperdicios, entonces USD\$ 16.699,28 mensuales dejarían de gastarse por concepto de costos por fallas.

El análisis anterior indica un periodo de recuperación de la inversión inicial para el sistema Andon de 6,1 meses es decir un poco más de seis meses de producción.

Aparentemente este periodo de tiempo de seis meses recuperando la inversión se ve algo extenso, pero hay que tomar en cuenta que hay la posibilidad de incrementar este valor, ya que se está tomando como alternativa el peor escenario de mejora (25%), y con una producción promedio baja.

La afirmación de que existe la posibilidad de incrementar el valor del ahorro anual, está basado en que estos valores fueron tomados, en un escenario pesimista, teniendo en cuenta resultados de la introducción de una nueva metodología (sistema Andon) en donde se presentan fallas de inicio y aprendizaje, pero con el uso de la práctica del sistema se podría llegar a reducir los tiempos muertos causados por fallas hasta un 10%.

Tomando de base el escenario realista, y con una inversión inicial para implementar Andon de USD\$101.995; se plantea una disminución por fallas del 25% total de la producción, entonces USD\$ 33.332,76 mensuales dejarían de gastarse por concepto de costos por fallas.

El análisis anterior indica un periodo de recuperación de la inversión inicial para el sistema Andon de 3,05 meses es decir un poco más de un trimestre de producción, además se debe tomar en cuenta que al finalizar este periodo de tiempo, mensualmente se ahorrará USD\$ 33.332,76, es decir USD\$ 399.993,12 anuales por lo se puede decir que si se justifica implementar el sistema de comunicación visual Andon en la línea de producción de Aymesa S.A.

5.2.3 Beneficios de la implementación del sistema Andon en la línea de producción.

Los beneficios tangibles e intangibles que se obtienen al implementar el sistema Andon en la línea de producción son muchos. Poniéndolo en términos teóricos, las metas establecidas para Andon son incrementar el rendimiento del proceso y reducir la pérdida de tiempo.

Incrementar el rendimiento del proceso implica un mejoramiento en todo el proceso productivo, principalmente evitando situaciones de accidentabilidad de los trabajadores, asistiendo al operario cuando él lo requiera, entregando vehículos con cero defectos, y elevando la productividad de la planta industrial.

La reducción de desperdicios, se convierte en uno de los aspectos más importantes a lograrse con la implementación del sistema; tomando en cuenta factores muy importantes como que si no se empodera al operario, asistiendo en su gestión; si no se evitan accidentes que retrase la producción; si no se verifica constantemente la calidad del producto, es muy difícil alcanzar esta meta en Andon.

Otro beneficio muy importante en el seguimiento y supervisión de las fallas presentadas, es la presentación de la información de manera automatizada que ofrece el sistema, permitiendo así obtener datos estadísticos de los tiempos muertos, vehículo con defectos, paras de emergencia, etc., a través de un PLC. Además estas estadísticas se muestran en los tableros, lo que permite un gerenciamiento visual desde cualquier parte de la planta, disminuyendo el tiempo y esfuerzo de los supervisores de estar monitoreando constantemente la línea de producción.

El método de alerta a todos los involucrados inmersos en el proceso productivo ante la presencia de un problema, o algún potencial de problema, advirtiendo de una desviación que puede indicar la probable aparición de un problema mayor. En tal caso no suele ser imprescindible la parada de los equipos, pero sí requiere una reacción inmediata para evitar que el problema pase a mayores. Dando la oportunidad de explicar causas reales del problema aun estando activo el proceso, evitando parar la línea de producción.

El personal encuentra motivación al adquirir nuevos conocimientos gracias a la capacitación autónoma, lo que permite realizar un mejor trabajo en equipo, cuidando las herramientas asignadas a ellos, y generando empoderamiento de todas las actividades inherentes al proceso productivo, consiguiendo mejores resultados de operación, la confiabilidad del equipo y la calidad requerida del producto.

El orden y la limpieza mejoran notablemente a lo largo de toda la línea de producción, además de que las facilidades reciben un efectivo mantenimiento.

Los beneficios económicos, como se evidencio anteriormente, se reducen los costos de las horas extra, necesarias para recuperar las paras de línea de producción, así como también el consumo de los servicios. La reducción del porcentaje de vehículos con defectos, implica que no será necesario realizar

reprocesos, evitando el costo de servicios y mano de obra que esto representa y aumentando así la capacidad productiva de la planta.

Cuando Aymesa S.A. decida implementar el sistema Andon en la línea de producción cada uno de estos aspectos se podrán cumplir, no teniendo una efectividad inicial de un 100%, puesto que hay que tomar en cuenta el tiempo de acoplamiento de la gente a esta nueva herramienta, pero reducir los desperdicios mediante la mejora continua.

5.2.4 Desventajas del sistema Andon en la línea de producción.

Es un sistema que debe estar integrado en el puesto de trabajo, por lo que depende en su totalidad de cada trabajador el utilizar este sistema y que sea afectivo para toda la línea de producción, ya que solo funciona si se integra todo el personal encargado de la producción.

Depende de la presencia de los líderes, que son los encargados de asistir un puesto de trabajo cuando se notifica que existe alguna falla o se requiere ayuda, por lo cual, la productividad dependerá también del tiempo de reacción de los mismos.

No alcanza su propósito planeado si no se lo usa constante y sistemáticamente, de manera que todos los involucrados de la producción se integren para una resolución más rápida de problemas.

5.3 Conclusiones de la implementación del sistema Andon en Aymesa S.A

Los desperdicios impregnan un importante porcentaje de las utilidades de la empresa, impidiendo los niveles de competitividad de la misma. Por lo que las empresas tienen la obligación de detectar los diversos tipos de despilfarros tanto en las situaciones buenas como en las malas por las que pueda llegar a atravesar. En las buenas, porque eliminando despilfarros sus utilidades se incrementan, fortaleciendo además a la empresa para poder sobrellevar posibles caídas en la demanda o restricciones del entorno.

La aplicación del Andon en una línea de producción se la realiza de una manera sencilla, sin embargo, algunos aspectos están diseñados de forma específica para satisfacer ciertos requisitos de proceso de una planta en particular (soldadura,

pintura, ensamblaje), ayudando a mejorar de manera continua las distintas operaciones.

El operario tiene la capacidad de parar un determinado equipo e incluso llegar a la parada completa de la línea de producción, con tan solo jalar un cable o apretar un botón, esto en el caso de que el sistema alerte por un problema grave que se ha generado y puede llegar a propagarse inmediatamente y afectar a otras instancias del proceso.

Es mandatorio definir con claridad el procedimiento a seguir para pedir ayuda, de tal manera que se genera una cadena que hace intervenir sucesivamente a distintas personas inmersas en el problema, con plazos definidos para reducir al mínimo el tiempo de reacción. Si la resolución de los problemas requiere acciones a mediano y largo plazo, éstas deben quedar bien definidas y el estado de resolución debe ser visible.

Un sistema Andon ayuda de forma eficaz y duradera a realizar las tareas con éxito y orientación específica hacia los objetivos, advirtiendo si el flujo del proceso está en peligro. Si se toma en serio, el sistema ayudará a mantener la línea de producción moviéndose a ritmo normal, caso contrario, perderá su significado y será poco menos que inútil; para lograr que los objetivos del sistema productivo se cumplan, son necesarios varios aspectos como la comunicación entre los distintas áreas, el apoyo mutuo y la agilidad en las respuestas a los llamados por ayuda, siendo vital para el proceso el compromiso por parte de todos los involucrados.

A lo largo de la línea de producción se destaca la presencia de equipos indispensables para el proceso productivo de la planta, y por ello se convierten en equipos críticos, exigiendo un trato especial durante el diseño del sistema Andon. Por lo que es necesario realizar pruebas tangibles de la ubicación de los elementos como los tableros, que serán percibidos por los trabajadores, y así confirmar que no existen obstáculos visuales para ninguno de ellos.

Un sistema de comunicación visual como Andon es de gran importancia para la supervisión y gerenciamiento de una línea de producción, ahorrando tiempo y esfuerzo en el monitoreo del proceso, ya que con su ayuda, se puede conocer el estado de la misma en tiempo real, como cuántas carrocerías se han producido, cuántas presentaron defectos, las paradas de la línea y sus motivos, etc., teniendo más tiempo para resolver las anomalías, facilitando y agilizando la toma de decisiones y solucionando los problemas en el menor tiempo posible. Elimina la

corrección tardía basándose en reportes, los operarios pueden divulgar inmediatamente las fallas, pudiendo tomar medidas correctivas en la fuente con evidencias aun frescas.

El sistema Andon plantea nuevas formas de pensamiento, comunicación y trabajo que involucran a todo el personal, promoviendo el conocimiento, la información e innovación, teniendo como objetivo, hacer que las personas cambien sus ideas y comportamientos, rompan paradigmas, llevando a una alteración positiva de la cultura general de la empresa. Por lo que es indispensable que todos los empleados participen a todo nivel, ya que el sistema es implantado de abajo hacia arriba.

Una herramienta como el sistema Andon, permite identificar el tipo de pérdida que afecta la efectividad de línea de producción, permitiendo atacar las causas y resolver los problemas aumentando la productividad. Por lo que su implantación trae grandes beneficios no solamente tangibles, como: mejora generalizada en la eficiencia de los equipos, productos de alta calidad, un mejor ambiente de trabajo, reducción de accidentes, crecimiento de la capacidad profesional, etc. Además se fomenta el sentido de pertenencia y de trabajo en equipo, se generando mayor motivación y mejorando la seguridad laboral.

Al interactuar personal de producción, procesos de apoyo y maquinaria y equipo en buen estado, permiten una menor probabilidad de sufrir una falla o desperfecto; pudiendo detectar y resolver cualquier anomalía en sus etapas iniciales, evitando que se derive en un problema mayor.

Aunque la implementación del sistema Andon en la planta de Aymesa S.A. conlleve a un costo elevado, los beneficios que este sistema arroja permite una recuperación de la inversión de 32,8 meses, aproximadamente dos años y medio. Estos beneficios son principalmente la reducción de tiempos muertos, elevar los estándares de calidad y asegurar la salud y bienestar del operador.

5.4 Recomendaciones de la implementación del sistema Andon en Aymesa S.A

Se vuelve imprescindible que previo a la implementación del sistema Andon, todos los procesos estén estandarizados, por lo que se recomienda llevar un seguimiento frecuente sobre la correcta ejecución los procedimientos cumpliendo los estándares de calidad requerido por cada una de las marcas que se ensamblan en la línea de producción.

Concienciando a todo el personal involucrado en el proceso productivo, en que los despilfarros no aportan un valor agregado al producto o servicio por el cual paga el cliente, por lo que la reducción o eliminación de los mismos, lleva a mejorar los costos y ser más competitivos, convirtiéndose todo el personal de la empresa en parte fundamental de este proceso, para lo cual la alta dirección debe involucrar la inversión en este tipo de sistemas, lo que requiere un convencimiento racional y económico. Se debe eliminar los antagonismos entre jefes y trabajadores para laborar en común acuerdo, ofreciendo mayor capacitación en todos los niveles de la organización y estimulando la incorporación de nuevas tecnologías, propiciando un ambiente que promueva la generación de ideas y la eliminación continua de desperdicios, las cuales deben ser sostenibles en el tiempo fundamentado la mejora continua de todos los procesos.

Con la implementación del sistema Andon en la planta de AYMESA S.A., será indispensable evaluar a todos los involucrados del proceso productivo que interactúen con el sistema Andon, para conocer cuál es el conocimiento de los trabajadores referente a la nueva herramienta implementada, y poder nivelar los conocimientos mediante capacitación, para que la facilidad instalada sea más efectiva y cumpla con su objetivo de mejorar la productividad.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Al analizar el mercado automotriz en Ecuador, y el papel que Aymes S.A., cumple con respecto a la competencia, se puede concluir que su contribución al aparato económico nacional mediante el impulso a otras industrias del sector productivo teniendo como socios estratégicos a empresas del sector metalmecánico y textil, brindado la oportunidad de la producción local de componentes, partes, piezas e insumos en general, genera a su vez un encadenamiento productivo en la fabricación de otros productos relacionados a los automotores, maquinarias y herramientas, destacando desde sus inicios, ya que fue la primera ensambladora del país, iniciando en el año 1973 esta actividad.

El desarrollo de la presente investigación permitió la aplicación directa de conceptos y metodologías adquiridas en los diferentes módulos de la Maestría de Calidad y Productividad. Mediante el desarrollo del sistema propuesto obteniéndose resultados que ayuden a mantener la producción de la ensambladora automotriz en sus plantas de soldadura, pintura y ensamblaje, a tiempo y con buena calidad. Este proyecto está netamente relacionado con temas de calidad y productividad, desde contenidos de sistemas de producción hasta investigación de operaciones, sirviendo de referente para la solución de problemas causados por los siete desperdicios, no solo en las ensambladoras automotrices, sino a nivel de todas las empresas manufactureras, permitirá trabajar por un fin en común que es el de desarrollar a nuestro país, y sin duda este proyecto es un paso más para comprender y asimilar la importancia de ser productivos, adquiriendo mayor experiencia en el manejo de los procesos y su mejora continua.

El ensamblaje de autos se caracteriza por encadenar secuencias de procesos que convergen hacia una línea continua en la que se ensamblan los productos finales. Su primera parte agrupa operaciones de soldadura, pintura y ensamblaje de un sinnúmero de piezas, las que han sido enviadas desde la fuente y otras elaboradas como contenido local. La propia naturaleza del producto hace que éste se vaya ensamblando en sucesivas etapas que convergen hacia un producto principal que es el vehículo, muchas de las veces produciéndose desvíos por faltantes de las cantidades de material a utilizar, y/o exceder los tiempos previstos

de entrega, llegándose hasta a multiplicar los originalmente planeados, pudiendo desencadenar graves problemas, llegando incluso a una para de planta, por lo que se hace necesaria la implementación de un sistema que permita controlar y cuantificar adecuadamente y en forma completa el proceso productivo, y sobre todo seguirlo paso a paso, evitando los desvíos referidos, mediante un sistema de alerta y respuesta inmediata al apareamiento de complicaciones que puedan presentarse en cada circunstancia particular, ya sean estas en actividades productivas, logísticas y distribución física de materiales en línea, de mantenimiento de planta, generando así mayor flexibilidad en la reparación y eliminación de problemas presentados en procesos normales y críticos.

Aunque la propuesta del sistema Andon como dispositivo físico en sí es relativamente simple, detrás de esta herramienta existen importantes actitudes que realmente añaden valor al proceso como: inspecciones en la fuente al 100%, implementación de la cultura de detener y resolver cuando hay un problema en la línea de producción por más simple que pueda ser ya que muy probablemente la calidad se verá afectada negativamente y la prevención de las reincidencias, lo que en conjunto llevan a la eliminación de desperdicios.

Al analizar el sistema propuesto y tomando en cuenta que el proceso productivo trabaja con medidas de tiempo en minutos (incluso segundos), se vuelve sensible la presencia de problemas en la línea de producción, por lo que tratar de minimizar el impacto negativo del costo, plazo o calidad si se produce determinado problema, se vuelve primordial, para que en algún punto de la línea de producción se pueda dar una rápida intervención si el mismo es alertado y comunicado a la brevedad posible. Por lo que la clave para que las soluciones sean efectivas dentro de un equipo de trabajo es tener una forma de comunicación simple y asertiva, a fin de facilitar el proceso de descubrimiento de problemas y tener los medios para impulsar la solución adecuada al problema que fuera descubierto.

6.2 Recomendaciones

La situación actual del sector automotriz en el país es muy delicada, llegando incluso al cierre de una de las ensambladoras automotrices locales, por lo que buscar beneficios como el aumento de la productividad mediante la eliminación de

desperdicios, para Aymesa S.A. se convierte en primordial, ya que al ser competitiva, podrá mantenerse en el mercado, por lo que recomienda el uso de herramientas para la mejora continua, tomando en cuenta una adecuada capacitación para llegar a una correcta implementación

La investigación bibliográfica de la teoría y los conceptos básicos sobre los que sustenta el sistema Andon, ayudan a comprender que el éxito del sistema Andon en una empresa se basa en que todo su personal debe estar debidamente capacitado y tener claras sus funciones y responsabilidades, ya que el proceso de resolución de problemas inicia inmediatamente una vez informado acerca de los mismos, con esto evita que el empleado pierda tiempo de producción buscando ayuda para la solución de su problema.

Una manera de mitigar la presencia de es la implementación de un sistema Andon que sirve para alertar de problemas en un proceso de producción. Da al operario o a la máquina automatizada la capacidad de detener la producción al encontrarse un defecto y de continuarla cuando se soluciona. Motivos comunes para el uso de la señal Andon pueden ser la falta de material, defecto creado o encontrado, mal funcionamiento de la maquinaria/herramienta o la aparición de un problema de seguridad, por lo que su la información se vuelve más directa y oportuna lo que ayuda a un mejor gerenciamiento de la planta.

El desarrollo e implementación del sistema Andon en la planta de Aymesa S.A., implican la decisión, compromiso y participación de todos sus directivos y empleados; disciplina, planes, estrategias efectivamente diseñadas, y de un conjunto de acciones que tengan por objetivo la detección, análisis, medición, control y eliminación de desperdicios.

Con el sistema planteado, se abre la posibilidad de tener tres escenarios posibles, siendo éstos el pesimista, realista y optimista; y aunque al inicio de la utilización de ésta herramienta se tenga los resultados del peor escenario, se vuelve imprescindible la formación a todos los involucrados, ya que con la implementación del sistema propuesto se espera obtener los resultados del escenario realista y porque no el del optimista, siendo la capacitación una manera muy importante de llegar a disminución y posterior eliminación de los desperdicios.

7 ANEXOS

7.1 Glosario de términos

Andon. Es un sistema utilizado para alertar de problemas en un proceso de producción. Detalla los tipos de error, comunica los fallos y registra datos sobre el funcionamiento del puesto o de la línea de producción. De presentarse un problema grave, da al operario o a la máquina automatizada la capacidad de detener la línea de producción y de continuarla cuando se soluciona. Motivos comunes para el uso de la señal Andon pueden: ser falta de material, defecto creado o encontrado, mal funcionamiento de las herramientas o la aparición de un problema de seguridad.

APS (Assembly Procces Sheets): Hojas o instrucciones de ensamble del modelo de vehículo a ensamblarse. En este documento se detallan todas las operaciones estandarizadas que se deben seguir para realizar un proceso de ensamblaje; conjuntamente con las herramientas, consumibles, partes, esquemas y referencias críticas que competen a ellas.

ATT (Actual Takt Time): Es la velocidad de línea/equipo a la que realmente se mueve para producir un componente o vehículo. Es siempre más rápido que el takt time, pero debe ser muy parecido. Lo que representa un margen de tiempo a favor para problemas de producción y paras. Este margen se base en la confiabilidad del proceso para operar.

BUY OFF: Estación de verificación de calidad en donde se realiza la compra de defectos en las unidades

Celda de Soldadura: Es una estación de soldadura en donde se tiene un ATT para la parte a ser procesada y enviada hacia la siguiente celda. Los Racks de CKD y subconjuntos terminados no son estaciones, solo puntos de conexión hacia la previa/próxima estación.

C.K.D. (Completely Knocked Down): Completamente desarmado. Es el conjunto de partes y piezas entregadas por lote que provienen de una planta de consolidación del material perteneciente al dueño de la marca del vehículo.

Control de piso: son todas las acciones y procedimientos necesarios para la administración de la solución de problemas relacionados con materiales,

herramientas, equipos, mano de obra y tiempo para cumplir con un volumen de producción establecido, optimizando los recursos disponibles.

Dollies: Coches metálicos que sirven para transportar las carrocerías.

ELPO: (Electro Deposición): Es el proceso en los cuales la película de pintura es depositada en toda la superficie del sustrato metálico, por el paso de una corriente eléctrica.

E. S. (Engineering Standards): Estándares de Ingeniería enviados por la fuente y que se basan en Normas Internacionales.

ET (Equipo de trabajo): Es un grupo de MET's que desarrollan una actividad similar dentro de una sección de producción.

Escalonamiento de alarmas: Es un plan de reacción para los defectos encontrados en EV, el cual depende del tipo de defecto (seguridad, legal, apariencia, funcional) y una comunicación en cascada (Líder de ET., Inspector de calidad, Supervisor de calidad, Supervisor de producción, Superintendente de Producción).

Estaciones de Trabajo: El número de estaciones de trabajo dependen del medio o entorno –una línea móvil, celda estática o celda robotizada- y no es igual al número de procesos. Aunque varios procesos pueden ser completados en una sola estación, o también un solo proceso puede tomar más de una estación para ser completado. En un sistema de manufactura esbelta el número de estaciones debe ser minimizado.

EV (Estaciones de Verificación): Puntos de control de calidad del producto, el cual garantiza que los defectos sean retenidos y no salgan fuera de la misma.

Finesse: Es la estación en donde se realiza reparaciones menores de los defectos de pintura encontrados en las unidades.

Flash Off: Tiempo necesario que se le suministra a las partes pintadas antes que ingresen al horno para su curado, además es la evaporación de solventes rápidos.

Gestión de la Calidad: Es el conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización por las cuales se administra de forma ordenada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes.

Hoja de Ruta del Vehículo: registro que recopila información de discrepancias, no conformidades o acontecimiento involucrado en el proceso productivo de un vehículo en particular. Se documentan también los problemas y las reparaciones (en caso de haberlas) a las que la unidad ha sido sometida.

ISS (Inspection Standard Sheet): Hoja de Inspección estándar. Estándares de inspección de calidad que indican los puntos a controlar en el modelo de vehículo ensamblado.

Jig: Son dispositivos de fijación y anclaje donde se colocan los componentes metálicos de un conjunto o subconjunto de la carrocería a los cuales se sujeta mediante torres y pinzas de accionamiento neumático o manual y facilitan la aplicación de soldadura de punto.

Keeper o válvula de producción: es un técnico ensamblador que inspecciona la unidad producida parcial o totalmente; ejecuta reparaciones en la línea de producción y retroalimenta o corrige los problemas suscitados, eliminando la causa raíz, de acuerdo a las políticas de la compañía y a directrices de sus jefaturas.

KMC: Kia Motors Corporation.

LET (Líder de equipo de trabajo): Técnico ensamblador que lidera un grupo de miembros de equipo de trabajo (MET's); que resuelve problemas, capacita y organiza las actividades de acuerdo a las políticas de la compañía y a directrices de sus jefaturas.

LG (Líder de grupo): Tecnólogo o ingeniero que lidera un grupo de equipos de trabajo; que resuelve problemas, capacita y organiza las actividades, genera reportes y administra una sección de acuerdo a las políticas de la compañía y a directrices de sus jefaturas.

Main Buck: Jig central, o de acople total de subconjuntos soldados individualmente.

MET (Miembro de equipo de trabajo): Técnico ensamblador que ejecuta operaciones en la línea de producción, de acuerdo a las políticas de la compañía y a directrices de sus jefaturas.

Parche: Son acciones inmediatas para contener el defecto y no salga de la EV, este no necesita un análisis de causa raíz del problema.

Permeato: Solución generada por el paso de la pintura, a través de las membranas de ultrafiltración.

Plan de mantenimiento: Es una forma sistemática de control y la reparación de una máquina, equipo y/o instalación; tomando en cuenta su importancia y las recomendaciones del fabricante. Es un instrumento cambiante en función de los requerimientos de la Organización.

Plan de reacción: Son acciones inmediatas que se toman para la solución de problemas en hojas de retroalimentación y apertura 5 pasos.

Primer: Es el primer recubrimiento de un sistema de pintura, este recubrimiento está diseñado para promover adhesión a las nuevas capas de pintura, además provea protección anticorrosiva al sustrato, relleno, nivelado y buena apariencia.

Proceso: Conjunto de actividades secuenciales que realizan una transformación de una serie de inputs (material, mano de obra, capital, información, etc.) en los outputs deseados (bienes y/o servicios) añadiendo valor”.

Productividad: Es la relación resultado (producto) e insumo dentro de un periodo con la debida consideración de la calidad.

Punto Crítico: Son las operaciones que representan un nivel de criticidad y afectan a las características físicas y funcionales del producto.

Punto de corte: Intervalo, parámetro, el cual abarca el lote, número de secuencia, el cual permite evaluar la existencia del defecto.

Racks: Dispositivos para el transporte y almacenamiento de material CKD o en Proceso productivo y subensambles.

Reproceso: Reparación mayor que requiere que la parte reingrese a la línea de producción y se repita el proceso para la reparación del problema

Retroalimentación a ET: Acción de comunicar los defectos encontrados en las EV a ET de producción.

REC (Revisión y evaluación del cliente): conjunto de actividades mediante las cuales se inspecciona el vehículo, previo a ser entregado a patio de acumulación de unidades terminadas; en donde se verifica el cumplimiento de los estándares de calidad definidos.

Secuencia: Son los cuatro últimos dígitos del número de carrocería (número Vin)

Shade: Fondo o pintura que se aplica en las carrocerías, antes de proporcionar el color definitivo en las unidades.

Soldadura por resistencia: La soldadura por resistencia produce la unión de dos o más metales por fusión mediante el calor generado por la resistencia al paso de la corriente eléctrica, mediante el uso coordinado de la presión apropiada en un período de tiempo determinado.

Superintendente de planta: Ingeniero responsable de la línea de producción

TT (Takt time): Es la velocidad a la que la línea necesita moverse para producir un vehículo o componente. No se toma en cuenta paras, reuniones de equipos de trabajo, etc.

OR (Operation rate): Tasa de Operación. Es la medida de que tan cercano está el ATT del TT, lo que permite soportar fluctuación en el proceso, conservando la capacidad de cumplir con los tiempos requeridos. Esto incluye problemas de paras, falta de material, problemas de calidad, tiempo de actividad de la máquina y cambios programados de herramienta o troquel.

TC (Tiempo de Ciclo): Es la cantidad total de tiempo requerido para que un trabajador complete un ciclo de su proceso completo de trabajo, esto incluye todas las acciones que agregan (trabajo) o no valor (caminar, etc.).

TC_M (Tiempo de Ciclo de Máquina): Este es el tiempo requerido por una máquina para completar un ciclo de su proceso, esto incluye todas las acciones que agregan (suelda, sellado, etc.) o no valor (manipulación de la máquina, etc.).

TE (Tiempo de Elemento): Este es solo el tiempo de operaciones que agregan valor, y que requiere un MET para completar un ciclo de sus procesos, esto incluye actividades como trabajo, etc., y excluye actividades que no agregan valor como caminar, etc.

TE M/C (Tiempo de Elemento de Máquina): Este es solo el tiempo de operaciones que agregan valor, y que requiere una máquina para completar un ciclo de su proceso, esto incluye actividades como soldadura, sellado, etc., y excluye actividades que no agregan valor como manipulación de la máquina, etc.

Tiempo total disponible de trabajo: es el tiempo neto de trabajo durante la jornada normal, y no incluye 1) paras programadas (incluido reuniones de equipos de trabajo) 2) sobretiempos

Trabajo estandarizado: es el documentar el mejor método para realizar un trabajo, de una manera segura y eficiente que cumpla con los estándares de calidad.

5 Pasos: Formato de análisis, para encontrar la causa raíz que originan defectos en la solución de problemas encontrados en planta.

8 BIBLIOGRAFÍA

GM-GMS Operating Guideline. (16 de 04 de 2003).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Obtenido de Censo Nacional Económico: http://www.inec.gob.ec/cenec/index.php?option=com_content&view=article&id=231&Itemid=125&lang=es

Fervor por Guayaquil. (04 de julio de 2011). Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de http://fervorporguayaquil.com/noticias/estadisticas/impuestos-acorralan-al-mercado-automotriz-ecuatoriano_1964.html

SCRUMPROUK. (15 de 10 de 2012). Obtenido de <http://scrumprouk.tumblr.com/post/33636000976/pulling-the-andon-cord>

FAVENPA. (marzo de 2013). Obtenido de http://www.favenpa.org/estadisticasy-estudios/boletines-informativos/2013/doc_view/836-boletin-informativo-04-2013-tips-economicos-marzo-2013?tmpl=component&format=raw

lesatec Virtual. (24 de Mayo de 2013). Recuperado el 17 de 06 de 2015, de <https://sites.google.com/site/cursodeleanmanufacturing/primer-clase>

ARASHI INNOVATION. (2014). Obtenido de <http://www.arashi-innovation.com/us/andon-the-toyota-way/>

El Comercio. (2014). Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-tendra-ue-acuerdo-comercial.html>

El Universo. (20 de julio de 2014). Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/07/27/nota/3281996/giro-politica-comercial>

Servicio de Rentas Internas. (2015). Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.sri.gob.ec/de/isd>

AEADE. (2013). Cifras Análisis del sector. *Anuario AEADE*, 24-64.

Agencia pública de noticias del Ecuador y Suramerica. (03 de 08 de 2013). *ANDES.* Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/economia/2015-focalizara-subsidio-gasolina-ecuador.html-0>

Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. (26 de Agosto de 2014). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica.* Recuperado el 03 de Septiembre de 2014, de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-planifica-ampliar-incentivos-no-tributarios-cambio-matriz-productiva.html>

AYMESA S.A. (2013). *Aymesa.* Obtenido de <http://www.aymesa.ec/index.php/empresa>

- Aymesa S.A. (2014). *Aymesa*. Obtenido de sga.aymesa.com.ec/sga/index.htm
- Borja, C. P. (2012). *Las empresas de clase mundial*.
- Cámara de Industrias y Producción. (2014). *Informe de actividades marzo 2013 - marzo 2014*. Quito.
- Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. (2013). *CINAE*. Obtenido de <http://www.cinae.org.ec/index.php/cinaeadmin/emp-afl/9-aymesa>
- Censo Nacional Económico*. (s.f.). Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: http://www.inec.gob.ec/cenec/index.php?option=com_content&view=article&id=231&Itemid=125&lang=es
- CINAE. (s.f.). <http://www.cinae.org.ec>. Obtenido de http://www.cinae.org.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=302&lang=es
- Comité de Comercio Exterior. (2012). *Resolución 65*.
- Comunidad Andina. (26 de 11 de 1999). *comunidadandina.org*. Obtenido de <http://www.comunidadandina.org/Documentos.aspx#>
- Comunidad Andina. (02 de 2006). *comunidadandina.org*. Recuperado el 25 de 05 de 2015, de <http://www.comunidadandina.org/unasur/Convergencia3-%20Normas%20de%20origen.pdf>
- CORPORACION MARESA*. (s.f.). Obtenido de <http://www.corpmaresa.com.ec/cobertura.aspx>
- Cueva, D. (05 de noviembre de 2014). *Economía y Finanzas Internacionales*. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.puce.edu.ec/economia/efi/index.php/economia-internacional/14-competitividad/198-acuerdo-comercial-ecuador-union-europea>
- DAU Continuous Learning Center*. (s.f.). Obtenido de The Lean Production System: https://learn.test.dau.mil/CourseWare/800143_1/leanprodsys/tools/l3t05sub01_780.html
- DELOITTE. (2013). *Deloitte.com*. Obtenido de http://www.deloitte.com/view/es_EC/ec/perspectivas/estudios-y-publicaciones/articulos-de-interes/46491882c856a310VgnVCM2000003356f70aRCRD.htm
- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2013). *ANÁLISIS DEL SECTOR AUTOMOTRIZ*. Quito.
- Domingo, R. (2003). Identifying and Eliminating The Seven Wastes or Muda.

- Económico, C. N. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de http://www.inec.gob.ec/cenec/index.php?option=com_content&view=article&id=231&Itemid=125&lang=es
- Ekos, U. d. (Enero de 2014). PERSPECTIVAS ECONÓMICAS PARA EL AÑO 2014. *Ekos*, 28 - 33.
- EL TELÉGRAFO. (23 de mayo de 2012). *www.eltelegrafo.com.ec*. Obtenido de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/ecuador-tiene-la-primer-ensambladora-de-motos.html>
- General Motors Corporation. (Agosto de 2000). Andon System.
- GRABAN, M. (19 de 06 de 2013). *Lean blog*. Obtenido de <http://www.leanblog.org/2013/06/nice-toyota-production-system-intro-video-from-the-uk/>
- IDE BUSINESS SCHOOL. (08 de 2004). *IDE*. Obtenido de <http://investiga.ide.edu.ec/index.php/revista-agosto-2004/836-el-consumo-en-ecuador-indicadores-exclusivos>
- INEC. (s.f.). Obtenido de <http://www.inec.gob.ec/inec/revistas/info7.pdf>
- Lefcovich, M. (2009). Kaizen detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos.
- Maldonado Villalva, G. (2008). *Herramientas y Técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- MILLER, J. (12 de 03 de 2008). *GEMBA PANTA REI*. Obtenido de http://www.gembapantarei.com/2008/03/fixed_position_stop_system.html
- Ministerio del Ambiente. (2012). *ESTUDIO DE POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES Y VULNERABILIDAD RELACIONADA CON LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y TRATAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS EN EL SECTOR PRODUCTIVO DEL ECUADOR*. Quito.
- NACIONES UNIDAS. (2009). *Cámara de Comercio de Quito*. Recuperado el 23 de mayo de 2011, de http://www.lacamaradequito.com/uploads/tx_documents/circular008sri.pdf
- NISSAN CHILE. (s.f.). Obtenido de Los doctores no conocen límites: <http://www.nissanchile.cl/sp/web/quality/index.html#article6>
- OICA. (2014). *oica.net*. Obtenido de <http://oica.net/category/safety/>
- Padilla, L. (2010). Lean Manufacturing, Manufactura Esbelta / Ágil. *Revista Primero*, 64-69.

Patio de Autos.com. (11 de julio de 2011). *Patio de Autos.com*. Obtenido de http://www.patiodeautos.com/noticias/estadisticas/impuestos-acorralan-al-mercado-automotriz-ecuatoriano_1964.html

Revista Ekos. (2014). Ekos negocios. *Ekos*, 98-100.

SHOOK, J. (27 de 10 de 2009). *Lean Enterprice Institute*. Obtenido de <http://www.lean.org/shook/displayobject.cfm?o=1321>

SIS International Research. (12 de 12 de 2012). <http://thoughtleadership.sismarketresearch.com/>. Obtenido de <http://thoughtleadership.sismarketresearch.com/latin-america-business-journal/2012/12/26/tendencias-en-la-industria-automotriz-2013.html>