

Propuesta de aplicación de metodología 5S para disminuir la duración del proceso de montaje en el taller de mecanizados de Ajovert 2019

Laura Cristina Cala Agudelo
Jorge Elias Ribero Prieto

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá, D.C.
2019

Propuesta de aplicación de metodología 5S para disminuir la duración del proceso de montaje en el taller de mecanizados de Ajovert 2019

Laura Cristina Cala Agudelo

Jorge Elias Ribero Prieto

Director

Carlos Andrés Quiroz Castellanos

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniana

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Bogotá, D.C.

2019

Dedicatoria

Este trabajo de grado es dedicado a mi madre a quien amo inmensamente, gracias por ser mi ejemplo y mi bastión. A mi esposa e hijas por soportar todo este proceso, sin ustedes esto no sería posible, son el motor que impulsó todo este esfuerzo.

(Jorge Elías Ribero Prieto)

El siguiente trabajo está dedicado primero que todo a dios por acompañarme y guiarme en cada paso que doy, a mis padres quienes son el motivo de mi lucha y las ganas de salir adelante.

A mis hermanos y en especial a Gabi quien ha sido un ángel es este mudo para mí.

(Laura Cristina Cala Agudelo)

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración por parte de los trabajadores del taller de mecanizados de Ajoever, quienes siempre estuvieron prestos a brindar su ayuda incondicional, al Ingeniero Luis Henry Parra quien permitió el desarrollo de esta investigación y quien siempre estuvo brindando su ayuda en este proceso.

Al profesor Carlos Quiroz quien ha sido nuestro guía, y ejemplo de responsabilidad.

Resumen

La empresa AJOVER S.A es una manufacturera dedicada a la comercialización y fabricación de productos petroquímicos, considerada una multinacional con plantas de distribución alrededor del mundo. Para el desarrollo de su proceso productivo la empresa requiere de moldes y herramientas que son producidos por diversos proveedores, entre los que se encuentra su propio taller de metalmecánica denominado “taller Dumar”, ubicado en la ciudad de Bogotá. Actualmente el taller ha presentado demoras en los tiempos de entrega de los moldes debido a una alta variación entre el tiempo planeado y el tiempo ejecutado en proceso de fabricación, lo que los pone en desventaja frente a su competencia. El siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar e implementar un programa 5S que contribuya a mejorar continuamente los procesos del taller Dumar. La 5S es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios básicos que son clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina de la técnica. Antes de comenzar la implementación se realizó un diagnóstico de la situación actual, para lo cual se analizaron las bitácoras proporcionadas por trabajadores y se evidencio que los factores que generaban mayor tiempo ocio era la búsqueda de herramienta, mala ubicación de las herramientas, falta de información de los planos. Una vez identificados los factores críticos se continuó con la propuesta de implementación teniendo como objetivos disminuir o eliminar estos tiempos, además de mejorar el aspecto en cuanto a orden y limpieza de diferentes áreas de trabajo.

Palabras claves: competencia, estandarizar, 5s, investigación, petroquímicos.

Asbtract

The company AJOVER S.A is a manufacturing company dedicated to the transformation and manufacture of petrochemical products, a multinational plant with plant distribution around the world. For the development of its production process, the company requires molds and tools that are produced by various suppliers, among which is its own metalworking workshop called "Dumar workshop", located in the city of Bogotá. Currently, the workshop has presented delays in the delivery times of the molds due to a high variation between the planned time and the time executed in the manufacturing process, which puts them at a disadvantage compared to their competition. The following research work aims to implement and implement a 5S program that contributes to the best continuous mode of the Dumar workshop processes. 5S is a Japanese management technique based on five basic principles that are classified, sorted, cleaned, standardized and discipline of the technique. Before beginning the implementation, a diagnosis of the current situation was made, for which the logbooks provided by workers were analyzed and it is evidenced that the factors that generated more leisure time were the search for tools, bad location of the tools, lack of information of the plans. Once the critical factors have been identified, they will be developed with the proposal of implementation, with the objective of reducing or eliminating these leisure times, as well as improving the aspect of order and cleanliness of different work areas.

Keywords: competition, standardize, 5s, research, petrochemicals.

Tabla de contenidos

Introducción	14
1. Identificación del problema.....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.1.1. Situación actual de la industria metalmecánica en América Latina.	15
1.1.2. Situación actual de la industria metalmecánica en Colombia.	16
1.2. Antecedentes del proceso.....	17
1.2.1. Proceso de montaje.	21
1.3. Descripción del problema	24
1.3.1. Diagnosticó del proceso de montaje.	27
1.4. Definición del problema	31
1.5. Formulación del problema	31
1.5.1. Pregunta de investigación.	31
2. Justificación.....	32
3. Objetivos.....	33
3.1. Objetivo general.....	33
3.2. Objetivos específicos	33
4. Marco referencial	34
4.1. Antecedentes de la investigación.....	34
4.1.1. El caso Wensay Aceros S.A.	34
4.1.2. El caso PCP Plásticos.	34
4.1.3. El caso HLF ROMERO S.A.S.....	35
4.1.4. El caso Amcor Rigid Plastic de Colombia.	35
5. Marco teórico.....	36
5.1. Lean manufacturing.....	36
5.1.1. Antecedentes históricos.	36

5.1.2. Estructura del sistema lean.	37
5.2. 5S.	38
5.2.1. Eliminar (Seiri).	38
5.2.2. Ordenar (Seiton).	39
5.2.3. Limpieza e inspección (Seiso).	39
5.2.4. Estandarizar (Seiketsu).	39
5.2.5. Disciplina (Shitsuke).	39
5.3. Cambio rápido de herramientas SMED	39
6. Propuesta de implementación del programa 5s.....	44
6.1. Seiri (clasificar).....	45
6.1.1. Análisis de frecuencia e inventario.	45
6.2. Seiton (ordenar)	49
6.2.1. Ordenamiento de herramientas diferentes a H.C.	50
6.2.2. Ordenamiento de herramientas de corte.	63
6.3. Seiso (limpiar).....	67
6.3.1. Políticas de limpieza.	68
6.4. Seiketsu (estandarizar).....	70
6.5. Shitsuke (disciplina).....	71
6.5.1. Formato auditoria 5S	71
6.5.2. Herramienta dashboar	73
7. Resultados esperados.....	75
7.1. Disminución de la distancia recorrida y tiempos de transporte	75
7.1.1. Disminución de la distancia recorrida.	75
7.1.2. Disminución del tiempo en transporte de herramientas para la realización de los montajes de material.	78
7.2. Disminución en los tiempos de búsqueda de herramienta.	80
7.3. Disminución de los tiempos de montaje y censado de herramientas.....	82

7.4.Disminución en el tiempo total del montaje	83
7.5.Disminución del uso del espacio en <i>m</i> ²	84
8.Análisis financiero del proyecto.....	86
8.1.Cuantificación de los costos.....	86
8.2.Cuantificación de los beneficios	89
8.2.1. Cálculo del ahorro por búsqueda de herramientas en horas.	89
8.2.2. Cálculo del ahorro por desplazamientos en horas.	90
8.2.3. Cálculo del ahorro por montaje y censado de herramientas.	91
8.3.Beneficios pronosticados	91
8.3.1. Pronóstico de la demanda de montajes.	88
8.3.2. Pronóstico del ahorro cuantificado en pesos.	91
8.4.Relación costo beneficio	93
9. Conclusiones	95
10. Recomendaciones.....	97
11. Referencias	98

Lista de tablas

Tabla 1 Valoración en tiempo perdido asociado a las causas.....	26
Tabla 2 Montajes periodo agosto 2018 a febrero 2019	27
Tabla 3 Porcentaje de demoras por proceso.	28
Tabla 4 Causas observadas.	29
Tabla 5 Metodología 5s	43
Tabla 6 Tipos de montaje frecuentes	46
Tabla 7 Información general de herramientas de corte de los montajes	46
Tabla 8 Número de herramientas solicitadas en los montajes.....	46
Tabla 9 Frecuencia de uso de H.C.....	47
Tabla 10 Herramientas de mano utilizadas.....	48
Tabla 11 Herramientas para amarre de material.....	49
Tabla 12 Elementos para censado de material y H. C.....	49
Tabla 13Inventario de dispositivos.....	53
Tabla 14.Distancecia entre zonas de almacenamiento de herramientas y maquinas	56
Tabla 15.Herramientas con mayor frecuencia de uso y sus características.....	56
Tabla 16. Elementos por contener en puesto móvil.....	59
Tabla 17 Elementos por contener en puestos fijos	59
Tabla 18Formato propuesto para direccionamiento de dispositivos.	63
Tabla 19.H.C con mayor frecuencia de uso.....	65
Tabla 20 Política de entrega de turnos.....	69
Tabla 21 Política de disposición final de trapos	69
Tabla 22 Política de tratamiento de productos no conformes	70
Tabla 23Programa para auditoria 5s.....	73
Tabla 23Reducción de distancia recorrida en metros.....	75
Tabla 24 Ponderación de la mejora por frecuencia de realización de los tipos de montaje.77	
Tabla 25 Ponderación de la mejora por frecuencia de uso de las máquinas.	78
Tabla 26 Resultados de la mejora en tiempo.....	80
Tabla 27 Resultados de la simulación de búsqueda	81
Tabla 28 Costos de la intervención.....	86
Tabla 29 Costos de mantenimiento	87

Tabla 30 Cantidad conocida de montajes por año.....	88
Tabla 31 Pronóstico de la demanda para los próximos 5 años.....	88
Tabla 32 Horas de ahorro por búsqueda de herramientas.....	89
Tabla 33 Número de montajes por máquina.....	90
Tabla 34 Ahorro de tiempo por desplazamientos mensual.....	90
Tabla 35 Ahorro en horas por montaje y censado de herramientas	91
Tabla 36 Pronostico del ahorro en el primer año.....	91
Tabla 37 Ahorro pronosticado	92
Tabla 38 Cálculo de la TIR.....	92
Tabla 39 Calculo de la VAN	93

Lista de figuras

Figura 1 Empleos perdidos por cada US\$ millón importados de China. Nota: (Mandes de Paula, 2012).....	15
Figura 2 Participación de la industria manufacturera en el valor agregado en países seleccionados de América Latina, 2003-2011. Nota. Dirección de Cuentas Nacionales; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE); Departamento Nacional de Estadística. (s.f).16	
Figura 3 Producción industrial y confianza de los industriales, 2010-2018. Fuente: Fedesarrollo. Elaborado por: (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018)	17
Figura 4 Proceso general de fabricación de moldes. Fuente: Ajover. Elaboración: Propia	20
Figura 5. Diagrama de procesos de montaje. Elaboración: Propia con aportes de Ajover (2019)	21
Figura 6. Prensa de precisión. (metalmecanica.com, 2019).	22
Figura 7 Comparador de carátula. Fuente. (pinzuar, 2019).....	22
Figura 8 Bridas de amarre. Fuente: (tn-tools, 2019).....	23
Figura. 9 Portaherramientas. Fuente: (directindustry, 2019).....	23
Figura 10. Planeación vs ejecución. Elaboración propia con aportes de Ajover.....	25
Figura 11. Principales causas. Elaboración propia con aportes de Ajover.....	26
Figura 12 Comportamiento del promedio de montajes Elaboración propia con aportes de Ajover	27
Figura 13. Pareto por proceso. Elaboración propia	28
Figura 14. Hoja de ruta para trabajos en centros de mecanizados. Elaboración propia.	29
Figura 15. Causas observadas. Autoría propia con aportes de Ajover.	30
Figura 16 Árbol de problemas del taller Dumar. Autoría propia	30
Figura 17 Casa Toyota (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013).....	37
Figura 18. Fases de la metodología 5s. Fuente:(Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)	38
Figura 19. Fase o metodología 5s. Autoría propia	44
Figura 20. Organigrama 5S. Autoría propia.	45
Figura 21. Número de herramientas por montaje. Elaboración propia con aportes de Ajover.	47
Figura 22. Lugar actual vs después del almacenamiento de herramientas varias. Autoría propia con aportes de Ajover.....	51

Figura 23. Almacén de dispositivos. Autoría propia con aportes de Ajover.....	52
Figura 24. Almacenamiento de monedas. Autoría propia con aportes de Ajover.....	54
Figura 25. Layout. Autoría propia	55
Figura 26. Carro en uso de puesto de trabajo. Elaboración propia con aportes de Ajover.....	58
Figura 27. Simulación de puesto de trabajo móvil. Elaboración propia con aportes de Ajover	58
Figura 28. Puesto actual M6. Autoría propia con aportes de Ajover.	60
Figura 29. Prototipo de banco de herramientas M6. Autoría propia.	61
Figura 30. Prototipo de organizador de herramientas. Autoría propia.	61
Figura 31. Esquema de organización de dispositivos. Autoría propia.	62
Figura 32. Organizador de herramientas. Autoría propia.	64
Figura 33. Prototipo de organizador de H.C del área de torneado. Autoría propia.....	66
Figura 34 Prototipo para almacenamiento de herramientas de corte.....	66
Figura 35. Zona de no conformes y sobrantes de material. Autoría propia.	68
Figura 36. Tarjeta 5s para puesto de trabajo móvil. Autoría propia con aportes de Ajover.	71
Figura 37 Formato de auditoría	72
Figura 38. Montajes por máquina. Autoría propia con aportes de Ajover.	78
Figura 39. Resultados de la prueba. Autoría propia.	81
Figura 40. Diagrama de áreas recuperadas. Autoría propia con aportes de Ajover.	84
Figura 41. Retazos de material para recuperar. Autoría propia.....	85
Figura 42 Comportamiento de los montajes en los últimos cuatro años.....	88

Introducción

En la actualidad se vive un mundo altamente competitivo, la globalización y eliminación de las restricciones al comercio entre los países, ha logrado que no se pueda ser ajeno a las constantes innovaciones logradas por empresas que ahora rivalizan por los mismos clientes.

Por lo anterior, es fundamental que las empresas implementen estrategias organizacionales e ingenieriles que posibiliten la permanencia de estas dentro del mercado, con el fin de buscar la mejora continua de sus procesos, calidad y, sobre todo, evitar consumos innecesarios de recursos.

La presente investigación se desarrolla en Ajoever S.A, una empresa manufacturera que tiene como principal actividad la fabricación de productos petroquímicos.

Para el desarrollo de su producción la empresa requiere de moldes y herramientas que son producidos por diversos proveedores, en los que se encuentra su propio taller; el cual ha sido nombrado como “Taller Dumar.” En este se han identificado problemas que traen como consecuencia demoras en los tiempos de entrega y sobrecostos, los cuales le restan competitividad ante los demás proveedores.

Bajo este escenario, el equipo investigador propone la implementación de la metodología 5s, que permita mejorar las condiciones actuales del proceso de producción de moldes y entrar un proceso de mejora continua, apostándole a convertirse en el proveedor más importante de moldes y herramientas de las diferentes plantas de la compañía, esto garantizaría un buen flujo de trabajo y las posibilidades de crecimiento tanto en lo económico como en lo social para la empresa y sus trabajadores.

1. Identificación del problema

1.1. Antecedentes

1.1.1. Situación actual de la industria metalmecánica en América Latina.

La industria metalmecánica ha sido definida por (Mendes de Paula, 2012, pág. 4) como aquella que abarca la industria automotriz, los sectores de la construcción y obras de infraestructura, las inversiones en actividades primarias que involucran la adquisición de máquinas y equipos y la elaboración de bienes de consumo durable. En esta se excluye la elaboración de acero y sus derivados primarios.

América Latina en especial Brasil, está atravesando por un proceso de desindustrialización, como lo indica la caída en la participación de la industria metalmecánica en el PIB de la región (Mendes de Paula, 2012, pág. 5). Esta industria representa el 16% del PIB industrial, tiene una gran incidencia en las exportaciones como por ejemplo en México el 5.7% de total exportado pertenece a productos derivados de la metalmecánica. En países como Brasil, México, Colombia y Argentina la industria metalmecánica genera 4 millones de empleos directos y casi 20 millones indirectos (Mendes de Paula, 2012, pág. 5).

Entre las principales amenazas (Mendes de Paula, 2012) asegura que el comercio bilateral con China que se puede definir como unidireccional, debido que China exporto US \$ 66.6 mil millones hacia Brasil, México, Colombia y Argentina, mientras solo importo US \$ 2.5 mil millones de estos mismos lugares.

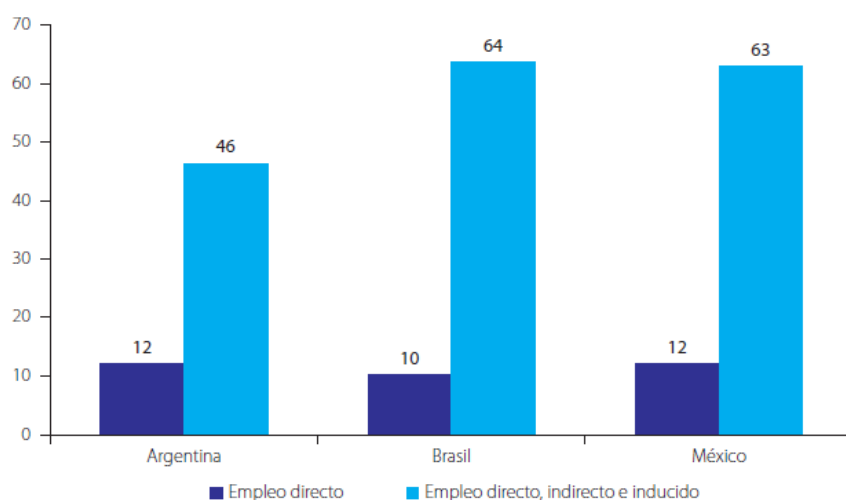


Figura 1 Empleos perdidos por cada US\$ millón importados de China. Nota: (Mandes de Paula, 2012)

La importación desahorada de productos provenientes especialmente de China tiene una seria repercusión en el empleo de la región según las cifras mostradas por (Mendes de Paula, 2012, pág. 15) por cada US millón en productos importados de China se perderían 46 puestos de trabajo en Argentina, 64 y 63 para Brasil y México respectivamente. (Ver figura 1).

En la figura 2 podemos ver el comportamiento de la industria metalmecánica en los periodos comprendidos desde el año 2003 hasta el 2011.

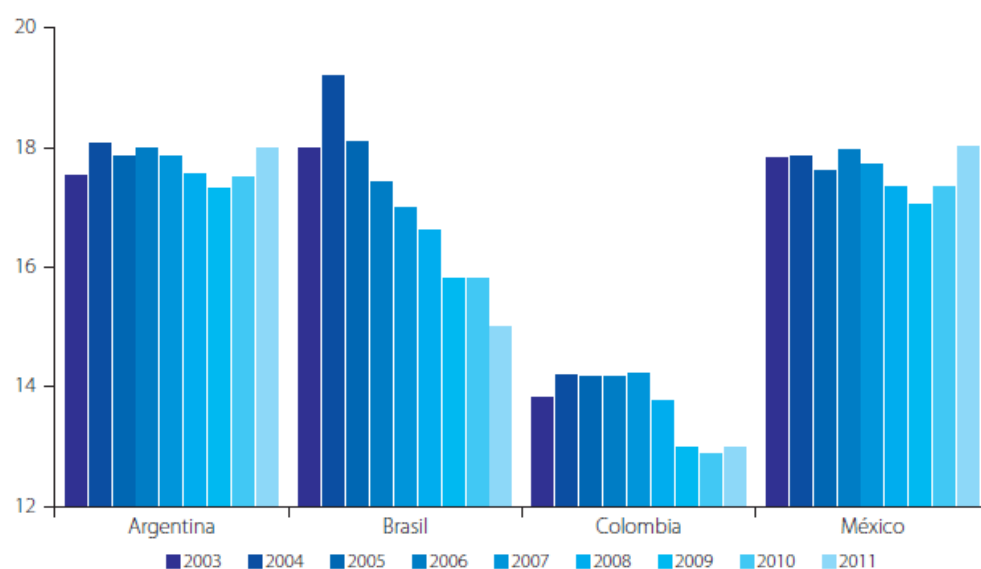


Figura 2 Participación de la industria manufacturera en el valor agregado en países seleccionados de América Latina, 2003-2011. Nota. Dirección de Cuentas Nacionales; Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE); Departamento Nacional de Estadística. (s.f.).

Sin duda alguna los casos más dramáticos son el brasileño y el colombiano la retracción del comportamiento de sus industrias ha sido prácticamente lineal, la participación de la industria manufacturera disminuyó del 19.2% en 2004 a 12.6% en el 2011 para el caso brasileño y 14.2% en 2007 a 12.6 en 2011 para el caso colombiano (Mendes de Paula, 2012, pág. 18).

1.1.2. Situación actual de la industria metalmecánica en Colombia.

Colombia inició el proceso de apertura económica a finales de los años 80, la negociación y posterior firma de los tratados de libre comercio con Estados Unidos y la Unión Europea ha logrado disminuir los costos de las materias primas y maquinarias, pero también se incrementó la llegada de productos terminados de estas regiones del mundo. “Las importaciones industriales de Colombia se multiplicaron por más de 5 veces después de 1991, mientras que la producción y valor agregado industriales únicamente lo hicieron por 2.” (López Pineda1, 2010, pág. 249).

Bajo estas circunstancias es claro que la competitividad de las empresas debe estar en los más altos estándares si se quiere competir con éxito, ya que en el contexto actual el marco de referencia de la competencia ya no solo se limita a lo nacional, sino que se extrapola a lo internacional.

En la figura 1 podemos observar la difícil situación por la que está pasando la industria en el país, tras un año 2017 donde según datos de (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018):

La producción promedio estuvo cerca del -5.3%, situación lamentable para un sector que representa el 10,4% del PIB de la Región y el 29,7% del sector en el país, genera 14,6% del empleo, a esta actividad se dedican 50.167 empresas en la Región y aporta más del 70% del valor total de las exportaciones de la Región (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016, pág. 27).

Sin lugar a duda el espectro industrial ha llegado a un momento decisivo en donde el dictamen pareciese ser: o se modifican sus prácticas productivas o lentamente se llegará a un punto de no retorno, donde el futuro industrial del país podría caer en un declive fatal. Como el que está atravesando una de las industrias metalmecánicas más importantes del país como lo es La Compañía General de Aceros (CGA) quien según datos de (Portafolio, 2018) ha entrado en proceso de reestructuración según ellos debido a la caída del sector industrial y las bajas ventas, de no entrar en esta reestructuración la empresa podría llegar a “correr el riesgo de entrar en cesación de pagos en el siguiente año.” (Portafolio, 2018).

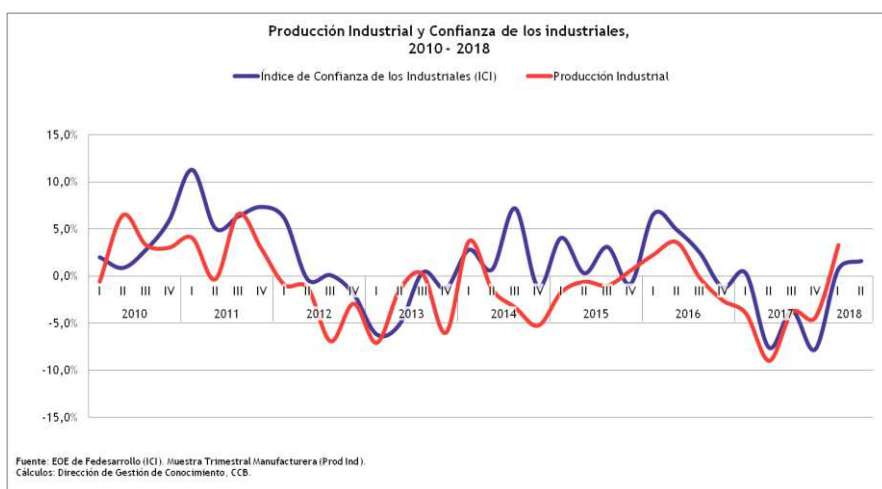


Figura 3 Producción industrial y confianza de los industriales, 2010-2018. Fuente: Fedesarrollo. Elaborado por: (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018)

1.2. Antecedentes del problema

Ajover S.A. es un grupo empresarial considerado una multinacional, con plantas manufactureras y centros de distribución alrededor del mundo. Fue fundada en Bogotá en 1961 por Alberto José

Verswyvel, del cual deriva su nombre, pero en 1980 fue adquirida por el industrial barranquillero Elis Douer, el cual fue el artífice de su expansión, que continua actualmente a través de los mercados de las Américas y Europa

Entre sus marcas más reconocidas se encuentran: Darnel, Tami, Dexton y Crescent.

La empresa es una manufacturera de derivados del plástico que se caracteriza por ofrecer un amplio portafolio de productos que constituyen una variedad de soluciones para sus clientes, apoyados en un canal de distribución armado en más de 30 años de experiencia, logran satisfacer muchas de las necesidades de estos. Entre los productos que fabrica y comercializa Ajoever se 15 encuentran soluciones de empaques de alimentos, filmes para diversos usos (en materiales como el PVC y poliolefinas), accesorios para la construcción (tejas plásticas, cubiertas, tanques, barreras y láminas arquitectónicas), macetas y resina de polietileno.

La fabricación de los productos de la compañía se realiza usando diversas formas de transformar el plástico, entre esas técnicas podemos evidenciar los procesos de: inyección, termo formado, roto moldeo y extrusión.

Históricamente la empresa había adquirido los moldes y herramientas necesarios para sus procesos de producción, a diversos proveedores de la industria metalmeccánica tanto nacionales como internacionales. Esta situación cambio hace doce tras la desaparición del único proveedor de moldes de uno de los productos insignia de la marca Darnel. Por lo cual la empresa se vio en la necesidad de contar con su propio taller de mecanizados con el fin de producir los moldes y herramientas, además de salvaguardar la información de lo que se entiende como secretos industriales.

Tras haber logrado el objetivo inicial, el taller que ha sido denominado Taller Dumar, ha venido ganando importancia en la diversas pantas de la compañía, convirtiéndose en una de las opciones a la hora de adquirir los moldes y herramientas para la producción.

Hoy en día cuenta con una planta de producción ubicada en la ciudad de Bogotá, dotada con maquinaria CNC de última tecnología, en la que se pueden encontrar, cinco centros de mecanizado y un torno fresador CNC, además un área de ajuste dotada con un torno convencional, una fresadora convencional y cuatro bancos de ajuste.

El proceso de fabricación de un molde o herramental inicia con la solicitud de fabricación realizada por alguna de las plantas de producción o por pedido del departamento de investigación y desarrollo, esta llega a un proceso denominado prefactibilidad donde se determinan los costos y

los tiempos de entrega aproximados, en este proceso interviene el gerente del área quien se encarga de consultar con las personas encargadas de liderar la fabricación en el taller y los proveedores, quienes suministran los tiempos factibles de producción del artículo solicitado y los costos del material o materias primas necesarias respectivamente.

Luego de esto se inicia la etapa de diseño del molde en el que interviene el equipo de diseñadores del área, compuesto por tres personas donde se encuentran ingenieros y diseñadores industriales, quienes, ayudados por un software de CAD suministrado por la compañía, se encargan de elaborar los modelos de las piezas en 3D y los planos de fabricación.

Una vez se tienen los modelos en 3D y los planos se inicia el proceso de programación de los mecanizados, en este interviene el equipo de programación compuesto de dos personas, quienes basados en los modelos 3D y ayudados por un software de CAM suministrado por la compañía, se encargan de generar las estrategias y programas de mecanizado, además de suministrar la hoja de ruta u hoja de proceso, donde se determinan las indicaciones necesarias para realizar el montaje o utillaje de la máquina, aquí se determina las herramientas que van a ser usadas y la forma de amarre del material.

En el proceso de programación es importante aclarar que allí no se programan las piezas que deben ser mecanizadas en el Torno CNC, debido a que la compañía no cuenta con las licencias necesarias para realizar esta labor con el software de CAM, por tal motivo los programas de torno son generados directamente en el control de la máquina mediante el uso de codificación ISO por los mismos técnicos que operan de la máquina.

De manera simultánea a la programación se realiza el alistamiento del material, en este proceso intervienen trabajadores del área de ajuste o en ocasiones los técnicos que operan las máquinas CNC, ellos se encargan de realizar el corte del material el cual generalmente la empresa compra en grandes cantidades y viene en presentaciones no aptas para el uso.

Una vez se cuenta con el material, los programas y las hojas de ruta, se inicia el proceso de montaje o utillaje en las máquinas CNC, en este proceso intervienen los técnicos en operación de CNC, los cuales trabajan en parejas en el caso de los centros de mecanizado y de manera individual en el torno CNC. Para luego proceder al mecanizado o fabricación de las diversas piezas o componentes de un molde.

Una vez mecanizadas las piezas pasan a el área de ajuste, allí se realizan las actividades como rectificado de roscas, pulimiento y ensamble.

Cuando el molde ya está ensamblado se lleva a la planta de producción donde se realizan las pruebas de funcionamiento y el control de calidad del producto, si estas pruebas son satisfactorias el molde es puesto en funcionamiento, de lo contrario se lleva de nuevo al taller para realizar las modificaciones correspondientes.

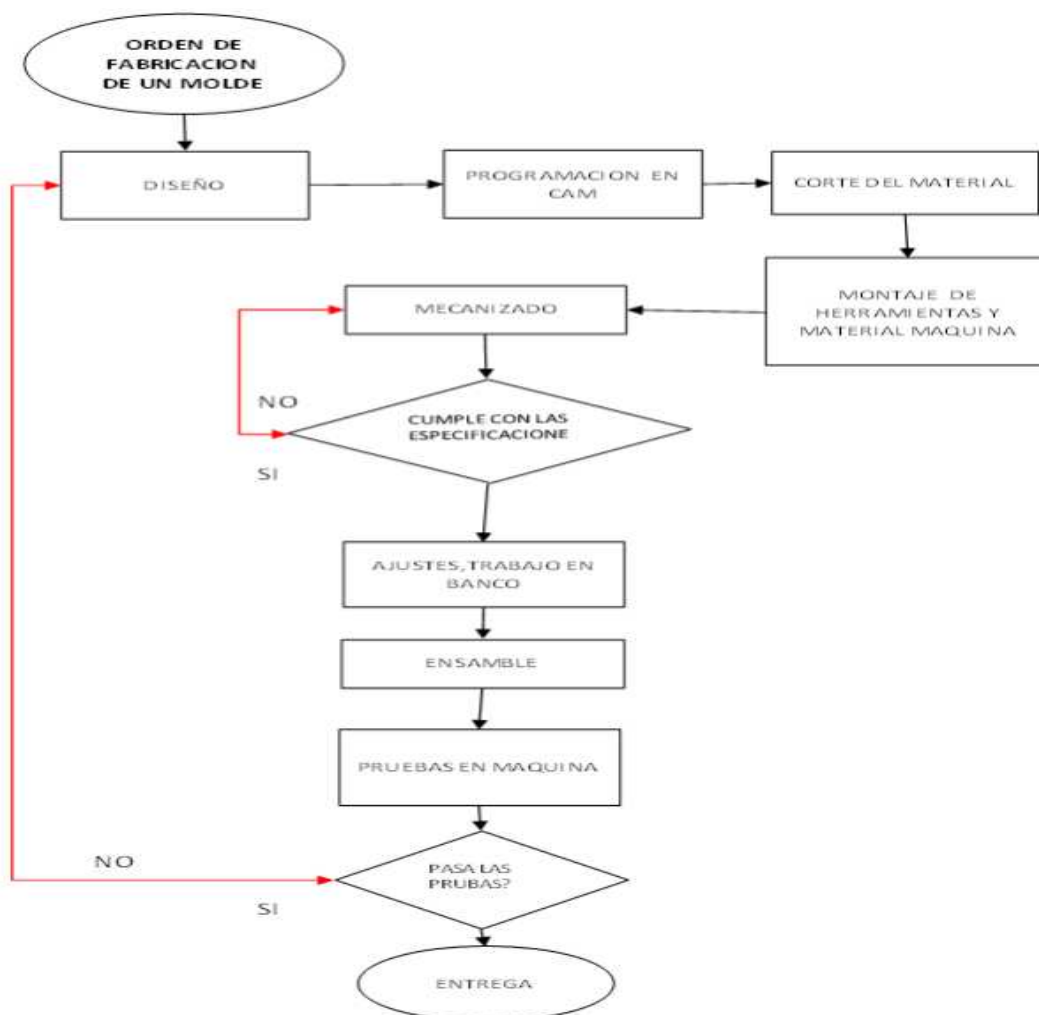


Figura 4 Proceso general de fabricación de moldes. Fuente: Ajoever. Elaboración: Propia

1.2.1. Proceso de montaje.

1.2.1.1. Descripción del proceso de montaje.

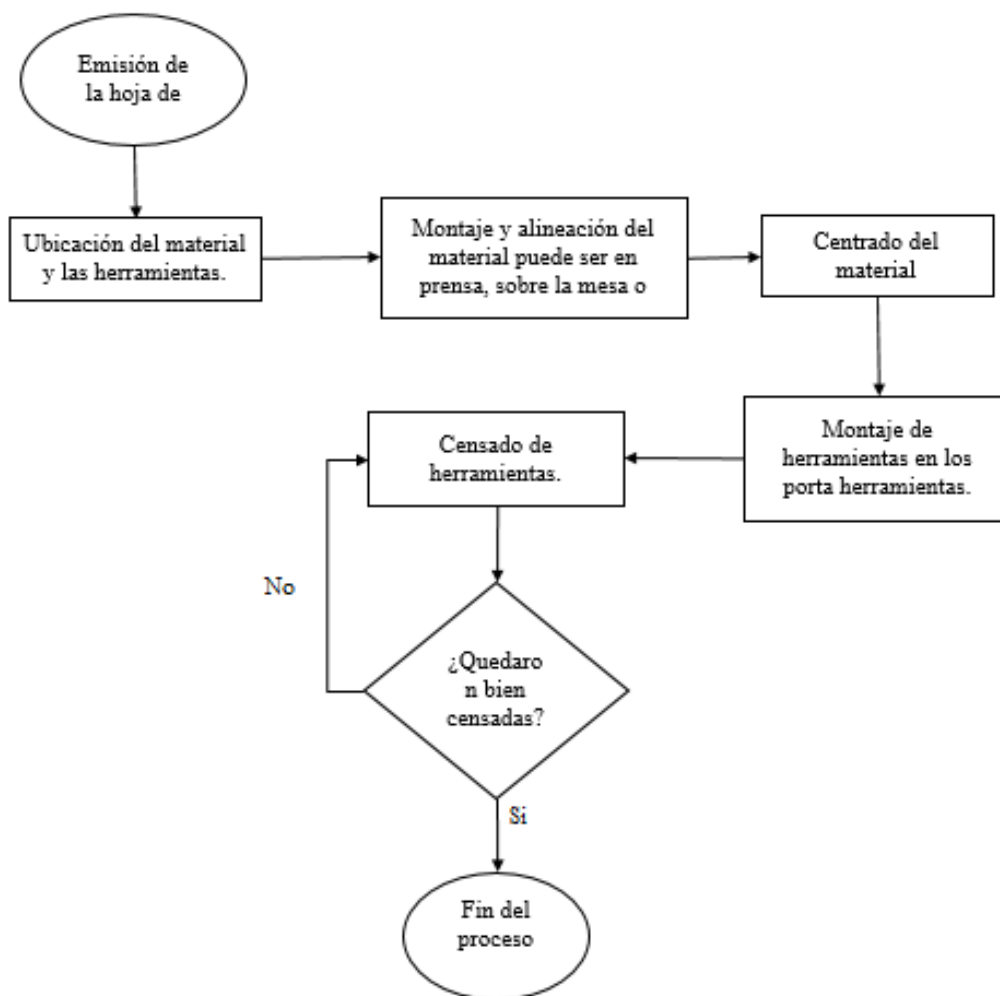


Figura 5. Diagrama de procesos de montaje. Elaboración: Propia con aportes de Ajovert (2019)

El proceso de montaje en las máquinas CNC está compuesto por cinco actividades, las cuales serán definidas a continuación.

1.2.1.2. Disposición del material y herramientas.

En este paso el trabajador, se encarga de localizar el material previamente seleccionado por el ingeniero encargado del taller, una vez ubicado, el material es llevado a la máquina donde va a ser mecanizado, además de esto los trabajadores tienen que hallar las herramientas de corte pedidas en la hoja de ruta emitida por el programador CNC, y preparar todo lo necesario para poder realizar el montaje, como alistar las herramientas de mano para realizar la operación.

1.2.1.3. Montaje y alineación del material.

Actividad que consiste en acoplar el material en la máquina, esta tarea es previamente establecida por el programador CNC, quien define de qué manera debe ser sujetado el material. Normalmente existen tres formas generales de sujeción, montaje en prensa, montaje directo a la mesa, montaje sobre dispositivo.

Montaje en prensa:

Esta actividad consiste en montar y alinear la prensa de precisión en la máquina, para luego usar este artefacto para sujetar el material. Normalmente usado para el mecanizado de piezas de dimensiones pequeñas.



Figura 6. Prensa de precisión. (metalmecanica.com, 2019).

El proceso de alineación se realiza mediante el uso de un comparador de carátula, el cual es ubicado sobre la superficie de amarre fija de la prensa, y se desplaza de un lado a otro para medir el grado de alineación, el cual debe ser de $\pm 0.01\text{mm}$ de desviación al finalizar este proceso.



Figura 7 Comparador de carátula. Fuente. (pinzuar, 2019)

Montaje sobre la mesa:

Este tipo de montaje consiste en ubicar el material directamente sobre la mesa de la máquina, y el amarre se realiza mediante el uso de bridas de amarre, la alineación a diferencia del montaje en prensa se realiza directamente al material usando el mismo procedimiento con el comparador de carátula. Normalmente usado para piezas de grandes dimensiones.



Figura 8 Bridas de amarre. Fuente: (tn-tools, 2019)

Elxiste una variación de este montaje, y es cuando se colocan unos soportes denominados paralelas, estas sirven para separar el material de la mesa, cuando hay mecanizados que traspasan de lado a lado el material.

Montaje sobre dispositivo:

En ocasiones las características de las piezas o mecanizados evita que el material pueda ser sujetado de manera convencional, para esto se requiere de dispositivos diseñados especialmente para esta tarea, aquí el dispositivo es amarrado en la mesa o en prensa, pero el material a mecanizar es sujetado al dispositivo mediante el uso de tornillos.

Centrado del material:

En esta actividad el operador indica a la maquina la posición en la que está ubicado el material, para que esta pueda posicionarse a la hora de realizar la ejecución del programa NC. Para este procedimiento también se hace uso del comparador de carátula.

1.2.1.4.Montaje de las herramientas en los portaherramientas.

Esta tarea tiene como objetivo montar las herramientas de corte en el dispositivo de anclaje a la máquina. Consiste básicamente en ubicar la boquilla adecuada para el diámetro de la herramienta a utilizar y luego ejercer el torque suficiente mediante el uso de la llave indicada por el fabricante de los diversos portaherramientas.



Figura. 9 Portaherramientas. Fuente: (directindustry, 2019)

1.2.1.5. Censado de las herramientas.

En este procedimiento el operador le indica a la máquina la ubicación de las herramientas en el offset para que la máquina las pueda ubicar en el espacio a la hora de ejecutar el programa NC. Para realizar la actividad de censado el operador hace uso de un palpador especial, acercando de manera manual la herramienta ya montada en la máquina, hasta hacer contacto con el palpador, y luego digita en la máquina, la coordenada en el eje Z que detecta.

1.3. Descripción del problema

Según la información suministrada por el gerente del área de investigación y desarrollo, los productos terminados por parte del taller han tenido retrasos en las entregas, lo que produce traumatismos en las plantas de producción, quienes para el caso representan al cliente final, esto genera que el taller tenga una pérdida en su goodwill generando desconfianza por parte de las plantas (Clientes), que podrían buscar ser proveídas de sus moldes o herramientas con proveedores externos como lo han hecho en el pasado.

Tras el análisis del sistema de producción y la revisión de los datos recopilados en los registros que diligencian los trabajadores, se ha detectado que los tiempos de ejecución de los procesos de fabricación de los moldes son mayores a lo programado por parte de la planeación.

Para una mejor comprensión de la problemática se revisó el periodo abarcado entre agosto del 2018 a febrero del 2019, en este tiempo han realizado 786 procesos de mecanizado en la empresa. De estos procesos de mecanizado el **31%** del total, ha estado por encima del porcentaje límite de desviación que contempla la empresa que es del 10% de variación entre el tiempo planeado y el ejecutado.

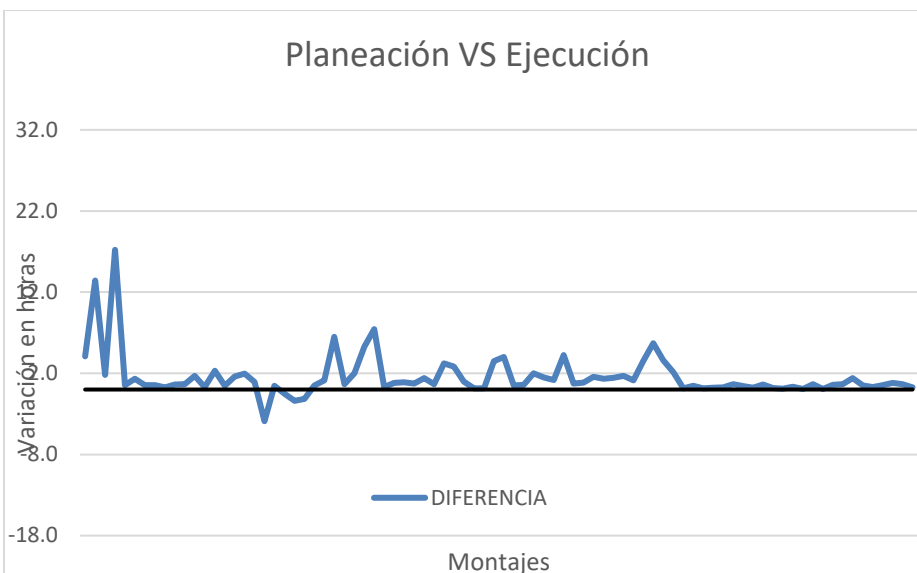


Figura 10. Planeación vs ejecución. Elaboración propia con aportes de Ajovert

Es evidente que existe variación entre la planeación y la ejecución, como se puede observar en la figura 10, hay procesos de mecanizado que se han ejecutado en tiempos superiores a lo planeado, como también existen otros que se han desarrollado en tiempos inferiores a los presupuestados, estos últimos aunque demuestran fallos en la planeación no representan un problema que afecte las entregas a las plantas, por eso las causas que generan esta desviación no serán tenidos en cuenta en este trabajo.

Luego de realizar el análisis de los tiempos de la planeación vs la ejecución se logró determinar los factores que produjeron que el proceso general de fabricación estuviera por encima del tiempo pronosticado. Se identificó que en el 41% de los procesos, el tiempo estimado para el montaje no coincidía con la predicción hecha desde la planeación, en el 30% de los casos no se registró ninguna causa en especial por lo cual se sospecha que en la planeación se subvaloró la dificultad del mecanizado por lo cual se determinó un tiempo de duración inferior al factible, en el 9% se registraron problemas relacionados al mecanizado, como por ejemplo vibraciones o entrapamientos, el 7% de las demoras fue causado por errores de programación, el 4% de los casos no fue posible determinar la causa debido a que los trabajadores no realizaron el reporte, 3% por mantenimiento, 1% por exceso de material y 1% por fallos eléctricos como se observa en la figura 11.

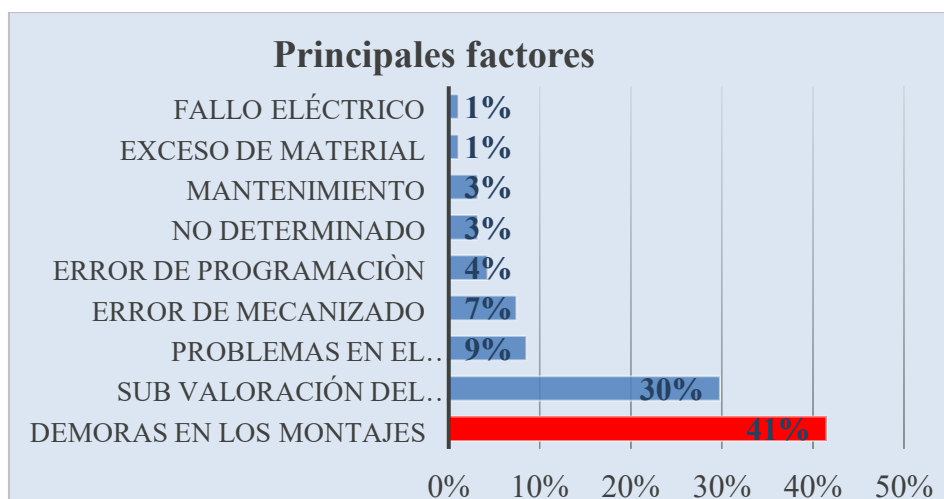


Figura 11. Principales causas. Elaboración propia con aportes de Ajoever

Con el análisis de los datos identificamos que los montajes son un factor muy importante en el proceso de producción de moldes, además de participar en el 41% de las causas que generan las demoras, el tiempo que se pierde en los montajes representa el 32% del tiempo total de los retrasos. Para lograr determinar las causas que generan las demoras en este proceso se realizó un análisis detallado del comportamiento de los montajes durante el periodo estudiado.

Tabla 1

Valoración en tiempo perdido asociado a las causas

Causa	Cantidad horas	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Demoras en los montajes	70	32%	32%
Sub valoración del proceso	48,0	22%	54%
Error de programación	36	16%	70%
Problemas en el mecanizado (vibración, dureza, Entrampamiento)	28,45	13%	83%
Error de mecanizado	14,35	7%	89%
No determinado	10,1	5%	94%
Exceso de material	7,45	3%	97%
Fallo eléctrico	4,1	2%	99%
Mantenimiento	1,5	1%	100%
Total	219,58	100%	

Nota. Elaboración propia con aportes de Ajoever

1.3.1. Diagnóstico del proceso de montaje.

El proceso de montaje representa el 41% (*Ver figura 11*) de las demoras en actividad de producción de moldes, por esta razón se realizó un análisis del comportamiento de los tiempos de montaje en el periodo comprendido en los meses de agosto del 2018 a febrero del 2019.

Tabla 2
Montajes periodo agosto 2018 a febrero 2019

Periodo 2018-2019	Número de montajes	Duración (min)	T. promedio (min)
Agosto	112	4995	44,6
Septiembre	159	6235	39,2
Octubre	59	2440	41,4
Noviembre	114	4825	42,3
Diciembre	58	2565	44,2
Enero	115	7680	66,8
Febrero	92	10425	113,3
Total	709	39165	55,2

Nota. Elaboración propia con aportes de Ajoever



Figura 12 Comportamiento del promedio de montajes Elaboración propia con aportes de Ajoever

En la figura 12 se puede observar cómo el proceso de montaje en las máquinas se ha venido incrementando a pesar de que los montajes han tenido características similares, pasando de 44 minutos en promedio en el mes de diciembre a 113 minutos en promedio en el mes de febrero mostrando un incremento del 156% entre estos dos periodos.

Se realizó la estratificación por la tarea específica de mecanizado y se determinó que la mayor cantidad de demoras en los montajes ocurren cuando se van a realizar tareas de taladrados profundos como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
Porcentaje de demoras por proceso.

Proceso	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Taladrados	43	46%	46%
Corte de material	11	12%	57%
Pre maquinado	8	9%	66%
Dar altura	6	6%	72%
Grabados	6	6%	79%
Otros	6	6%	85%
Figura	5	5%	90%
Ajustes de medidas críticas	4	4%	95%
Dispositivo	3	3%	98%
Modificación	2	2%	100%
Total	94	100%	

Nota. Elaboración propia con aportes de Ajovert

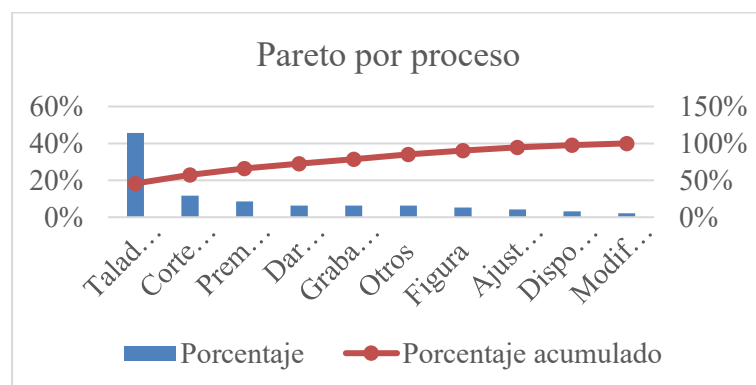


Figura 13. Pareto por proceso. Elaboración propia

Sin embargo, a pesar de que la empresa cuenta con formatos para registrar el desarrollo de las actividades por parte de los trabajadores, la información encontrada no es fácil de interpretar, lo que dificulta la determinación de las causas que generan las demoras en los montajes, que es el factor que más afecta los tiempos de ejecución.

Por esta razón el grupo investigador desarrolló un nuevo formato con el fin de estandarizar los datos y lograr identificar las causas que generan traumatismos en el desarrollo de las actividades y como estas afectan el proceso de montaje.

DUMAR - HOJA DE RUTA PARA TRABAJOS EN CENTROS DE MECANIZADO CNC																							
Selección con una X la actividad realizada y escriba la hora de inicio y final de la actividad.					ACTIVIDAD										PARADAS							Otros	
					Alist. Máquina			Pre-Mec.			Mecanizado				Almuerzo/Comida	Falta información	Reunión	Fallo eléctrico	Fumigaciones	Sin operario	Pausa activa	Sin herramienta	Fallo máquina
# Herramientas NO fijas	# Herramientas fijas	CÓDIGO OPERADOR	Tipo de montaje		Prensa	Bridaje en mesa	Dispositivo	Monedas	Borabajas	Montar y sensor herramientas	Corte	Contorno	Planeado	Ciclo start									
			FECHA	TIEMPO											Comentarios								
D	M	A	H INI.	H FIN.																			

Figura 14. Hoja de ruta para trabajos en centros de mecanizados. Elaboración propia.

Tras la implementación del nuevo formato y gracias a observaciones realizadas por el equipo investigador se logró establecer las causas más frecuentes que producen demoras en el proceso de montaje.

Tabla 4
Causas observadas.

Causa	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Búsqueda de herramientas	11	50%	50%
Falta de estandarización en los montajes para operaciones de taladrado	3	14%	64%
Falta de información en los planos	3	14%	77%
Mala ubicación de las herramientas	3	14%	91%
Problemas con la comprensión de las indicaciones (hojas de ruta)	2	9%	100%
Total	22	1	

Nota. Elaboración propia con aportes de Ajoever.

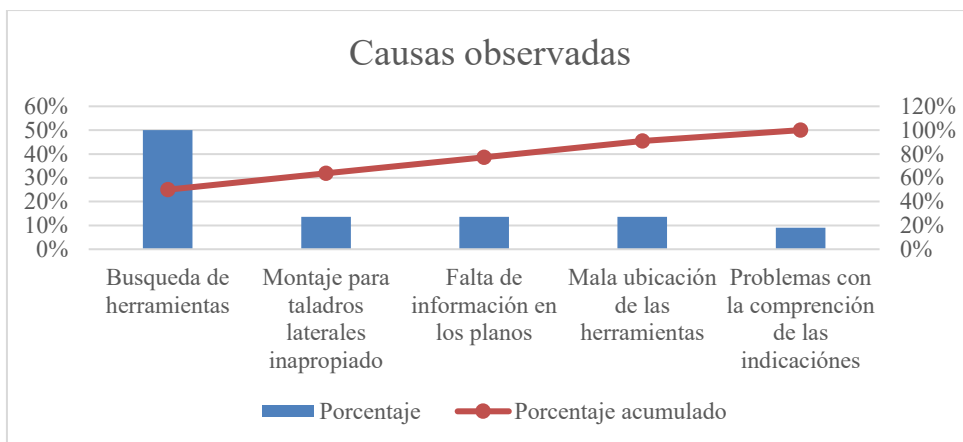


Figura 15. Causas observadas. Autoría propia con aportes de Ajoever.

El diagrama de Pareto nos ayuda a identificar que el 64% de las demoras son generadas por la búsqueda de herramientas y la falta de estandarización en el proceso de montaje para operaciones de taladrado.

Buscando una mejor interpretación de las problemáticas que se identificaron dentro del taller Dumar, se aplicó la herramienta de árbol de problemas, la cual permite organizar la información obtenida y adicionalmente conocer de manera más detallada el problema por medio del despliegue de las causas y los efectos que tendría el hecho de no atacarlas para el futuro de la compañía.

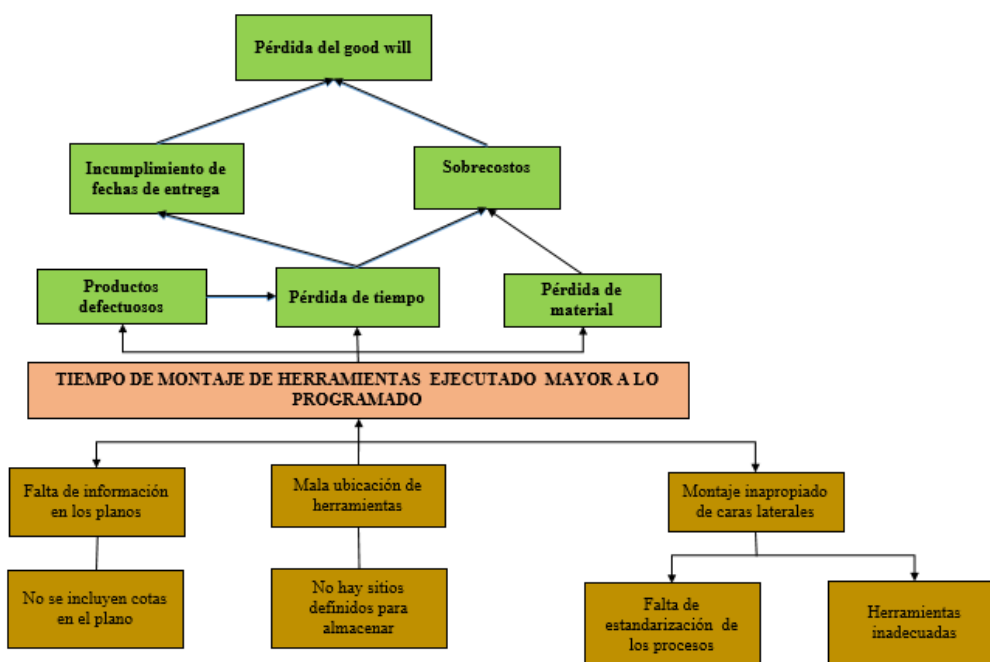


Figura 16 Árbol de problemas del taller Dumar. Autoría propia

1.4. Definición del problema

Luego de analizar los datos se ha identificado que en el 41% de procesos de fabricación de los moldes, los tiempos de montaje son mayores a los programados por la planeación, generando como consecuencia, tiempos adicionales e incumplimiento en los tiempos de entrega.

Las principales causas de este problema son las pérdidas de tiempo por la búsqueda de herramientas y la falta de estandarización en el proceso de montaje para operaciones de taladrado.

1.5. Formulación del problema

1.5.1. Pregunta de investigación.

De acuerdo con la problemática planteada ¿Cómo disminuir la duración del proceso de montaje en las máquinas CNC mediante la aplicación de la metodología 5s?

2. Justificación

En un mundo altamente dinámico, debido a los cambios que trae las nuevas tecnologías, las condiciones económicas, políticas y sociales en el entorno, se ha reconocido que los sistemas productivos juegan un papel fundamental en la competitividad de las empresas (Morales Varela, Rojas Ramírez, Hernández Gómez, & Jiménez Reyes, 2014, pág. 182).

Las empresas manufactureras se ven afectadas por los cambios que trae la globalización los cuales exigen mejoras para incrementar la calidad, la productividad y para reducir los costos de producción, los tiempos de entrega con el fin de tener posiciones ventajosas en el mercado (Pérez Ravel, y otros, 2011, pág. 1).

En el contexto actual el taller de mecanizados de Ajovert al igual que muchas de las empresas de metalmecánica del país, se ven sometidos a competir con empresas ya no solo a nivel nacional sino también internacional. De ahí la importancia de generar mejoras en los sistemas productivos que ayuden al crecimiento de estas industrias o al menos a su supervivencia.

Para el taller de mecanizados de Ajovert y sus empleados es muy importante convertirse en el proveedor más importante de moldes y herramientas de las diferentes plantas de la compañía, lo que asegura un buen flujo de trabajo, mayor estabilidad laboral y oportunidades de crecimiento profesional para sus trabajadores.

Estos objetivos no podrán realizarse si no se toman medidas destinadas al mejoramiento de la calidad, la reducción de tiempos de producción, y la mejora continua, debido a que estos factores generan menores costos de producción, que favorecen las utilidades de las empresas permitiendo que estas se vean tentadas a iniciar nuevos proyectos e inversiones.

Existen muchos ejemplos industriales en los cuales la aplicación de herramientas de ingeniería como las sugeridas en los sistemas de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) ayudan a el crecimiento de la productividad mediante la eliminación de los desperdicios (Vilana Arto, 2015).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de aplicación de la metodología 5s que permita disminuir la duración del proceso de montaje en las maquinas CNC.

3.2. Objetivos específicos

Elaborar un diagnóstico del proceso de montaje para las maquinas CNC, que permita una mejor interpretación de las problemáticas que afectan el proceso mediante la recolección y análisis de datos.

Diseñar un modelo de implementación de 5S que se ajuste a las necesidades del taller de fabricación de moldes de Ajoover.

Realizar un análisis financiero acerca del impacto de la implementación de las mejoras.

4. Marco referencial

4.1. Antecedentes de la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se han revisado algunos casos de la industria metalmecánica que han tenido problemáticas similares a la que se van a tratar en este trabajo de investigación, para lo cual vamos a citar algunas de las más referentes.

4.1.1. El caso Wensay Aceros S.A.

Esta empresa de fabricación de productos metalmecánicos presentaba problemas de productividad en su planta debido a fallos en su proceso de producción para lo cual (Bances Paz, 2017) realizó la implementación de herramientas lean manufacturing como las 5s, el mapa de cadena de valor (VSM), Kaizen entre otras. Con la finalidad de mejorar el proceso de producción del tambor algodónero, el producto más representativo para la empresa y el que más solicitado. Tras esta implementación se observa el 24% de mejora en la productividad, que permite cumplir con los pedidos solicitados a la empresa manteniendo una mejora continua.

4.1.2. El caso PCP Plásticos.

Esta empresa de fabricación de partes y complementos plásticos desarrollados mayoritariamente mediante el proceso de inyección, que cuenta con un taller de mecanizados destinado a la fabricación de los moldes requeridos por la compañía, presentaban una serie de problemáticas relacionadas con la desorganización de puestos de trabajo, mala distribución de su planta de producción, falta de indicadores de gestión y poca planificación de la producción, para lo cual (Gutiérrez Márquez, 2013) propuso “Mejorar los tiempos de fabricación de moldes utilizando herramientas de Lean Manufacturing para cumplir con la promesa de entrega al área de producción de la compañía...”(pág.7).

Como resultado de esta implementación (Gutiérrez Márquez, 2013) concluye “...se puede evidenciar que los tiempos de fabricación de moldes mejoraron, ya que el tiempo de preparación en el CNC y el torno CNC disminuyó en un 5% y 10% respectivamente después de implementar la metodología de las 5’s.” (pág. 88). Además de esto reafirma la importancia de la implementación del indicador OEE como herramienta para el control para lo cual sugiere que este debe continuar en funcionamiento en la compañía para hacer el seguimiento a los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

4.1.3. El caso HLF ROMERO S.A.S.

Esta empresa del sector metalmecánico dedicada a la fabricación y comercialización de hierro laminado y figurado presentaba una serie de dificultades relacionadas con los tiempos de entrega a su principal cliente (Homecenter), los cuales estaban generando demoras hasta de 4 días según (Beltán Rodríguez & Soto Bernal, 2017, págs. 13-15). De acuerdo a la problemática planteada por los autores (Beltán Rodríguez & Soto Bernal, 2017) propusieron el uso de herramientas lean manufacturing como las 5s y Smed entre otras, de las cuales pudieron concluir que “Con la aplicación de las herramientas SMED Y 5S en el área de recepción de materia prima se logró disminuir en un 7,2 % la distancia de recorrido de los operarios y en un 20% el tiempo de espera...” (Beltán Rodríguez & Soto Bernal, 2017, pág. 76). Además de esto concluyeron que:

“Para las actividades realizadas en el área de despacho se generó un reentrenamiento a los operarios donde de igual forma se aplicaron las herramientas SMED Y 5S para disminuir los movimientos innecesarios y los tiempos de espera en cada operación generando una disminución del 37,2 % y 23,6% respectivamente en los desperdicios presentes en el proceso de despacho.” (Beltán Rodríguez & Soto Bernal, 2017, pág. 76).

4.1.4. El caso Amcor Rigid Plastic de Colombia.

Esta empresa líder a nivel mundial en la fabricación y comercialización de diversos tipos de empaques para productos alimenticios, farmacéuticos, cuidado personal, cuidado del hogar entre otros. Se había propuesto en su visión hacia el año 2017 un crecimiento de tres veces su utilidad operacional que lo llevaría a ser la industria de empaques de mayor crecimiento en Colombia (Barajas Ortiz & Carrillo Castillo, pág. 9). Para la consecución de este objetivo los autores propusieron rediseñar el sistema de producción y operaciones del área de inyección mediante el uso de herramientas lean manufacturing (Barajas Ortiz & Carrillo Castillo, pág. 11). Tras la evaluación del sistema de producción de la compañía los autores realizaron una propuesta de mejora, para la cual concluyeron que: con la aplicación de las 5s “...se obtendrá un aumento en la productividad permitiendo la ubicación de materiales y/o herramientas de forma rápida y así mismo eliminando tiempos innecesarios” (Barajas Ortiz & Carrillo Castillo, pág. 50).

5. Marco teórico

5.1. Lean manufacturing

Se entiende por lean manufacturing (en castellano “producción ajustada”), la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación de desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada Toyota Production System), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas en parte, en los principios de Willian Edwards Deming (Rajadell & Sánchez, 2010)

5.1.1. Antecedentes históricos.

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX cuando F.W. Taylor y Henry Ford formalizan y modifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX, las líneas de producción de fusiles (EE. UU.) Y turbinas de barco (Europa). Taylor estableció las bases de la organización científica del trabajo y posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en masa (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013, pág. 14).

A finales del siglo XIX surgió el primer pensamiento Lean Manufacturing en Japón por parte de Sakichi Toyota, el fundador del Grupo Toyota, quien fue el creador de un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba una señal visual al operador. Este maquina no solo automatizo un proceso anteriormente manual, sino también tenía la capacidad de detección de error de la máquina “Jidoka” evitando la producción de errores (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013, pág. 14)

En 1929 Toyota vende los derechos de sus patentes de telares a la empresa Británica Platt Brothers y encarga a su hijo Kiichiro que invierta en la industria automotriz naciendo, de este modo, la compañía Toyota. Después de la segunda guerra mundial las ventas obligaron a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, dos jóvenes ingenieros de la empresa, Eiji Toyota (sobrino de Kiichiro) y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre del Lean Manufacturing, visitaron las empresas automovilísticas americanas, en búsqueda de nuevas alternativas que redujeran los costes de producción, pero se dieron cuenta que el sistema americano no aplicaba en Japón por que este se basaba en a la reducción de costes fabricando vehículos en grandes cantidades pero limitando el número de modelos (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013, pág. 14)

A partir de esto, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just inTime (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Estas aportaciones fueron complementadas por Shigeo Shingo que mediante estudios detallados de la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka-Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013, pág. 15).

5.1.2. Estructura del sistema lean.

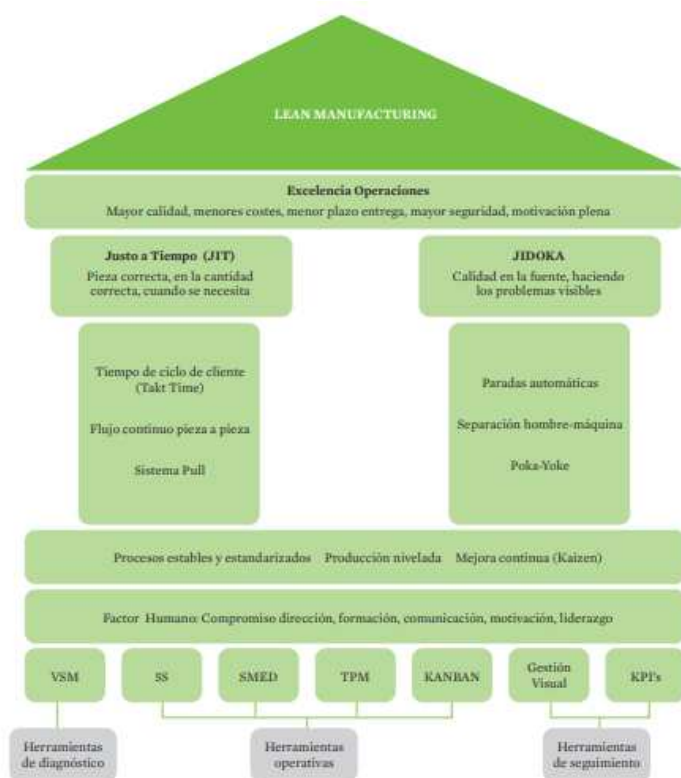


Figura 17 Casa Toyota (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

La figura 12 muestra la estructura general de la filosofía Lea, también llamada casa Toyota. Todos los elementos de esta casa se construyen través de la aplicación de múltiples técnicas que

han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

Visto lo anterior, se procederá a definir las herramientas seleccionadas y que conciernen al problema de investigación.

5.2. 5S

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

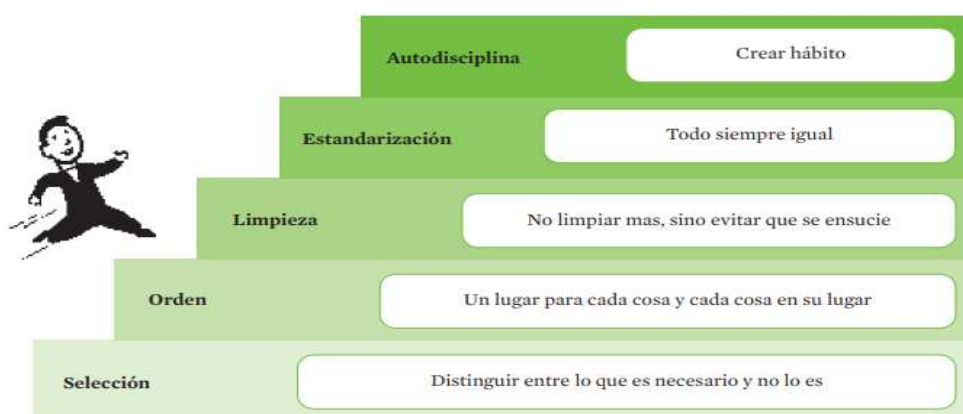


Figura 18. Fases de la metodología 5s. Fuente:(Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

5.2.1. Eliminar (Seiri).

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho (Hernandez, 2013)

5.2.2. Ordenar (Seiton).

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa Seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio” (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

5.2.3. Limpieza e inspección (Seiso).

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

5.2.4. Estandarizar (Seiketsu).

La fase de Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del Seiketsu es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

5.2.5. Disciplina (Shitsuke).

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc. (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013)

5.3. Cambio rápido de herramientas SMED

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se

logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales (Hernández Matías & Vizán Idopei, 2013).

6. Marco metodológico

6.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de la propuesta de implementación del modelo de gestión lean, utilizando herramientas como: 5S, SMED y el indicador OEE, se utilizará el método cuantitativo que ofrece la recolección de datos ajustados a la investigación.

Según (Sampieri Hernández, 2014) el método cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento (pg. 37).

Con respecto a la técnica, la investigación será descriptiva que también se conoce como investigación estadística, trata de describir los datos obtenidos en la investigación para medir el nivel de impacto, de esta forma se determinará el grado de implementación de herramientas lean, en la empresa Ajover.

6.2 Variables del problema

Para llevar a cabo el desarrollo del problema de investigación, es necesario la recolección de información en el taller Dumar, las siguientes variables serán determinantes para identificar la magnitud del problema y de este modo diseñar el modelo de implementación lean.

- Resultado del estudio de la capacidad instalada.
- Dimensiones y forma del material.
- Numero de herramientas.
- Disponibilidad del personal.
- Tipo de herramientas.
- Tiempos de montaje de herramientas.
- Tiempos de entrega de un molde.
- Indicador de eficiencia.
- Indicador de calidad.
- Indicador de disponibilidad.
- Indicador OEE.

6.3 Hipótesis de la investigación

Durante el desarrollo de nuestra investigación, se confirmará o se descartará la siguiente hipótesis:

H0= La variabilidad y duración de los montajes en las maquinas CNC pueden reducirse mediante la aplicación de herramientas lean manufacturing como las 5s y el Smed.

6.4 Tamaño poblacional y muestra

La población de donde tomaran los datos corresponde a la producción que se ha desarrollado en el taller Dumar durante los periodos 2018-2019. La muestra corresponderá a los datos de la producción correspondientes a los meses de agosto del 2018 a febrero del 2019.

6.5 Fuentes de información

Como fuentes primarias, tenemos la posibilidad de contar con la disponibilidad de la empresa en la cual se realizará el proyecto, que de manera indirecta y con la gestión de una de las partes investigadoras facilitaran la información tanto teórica como de campo, por parte de las personas responsables de los procesos involucrados.

Como fuente secundaria se tomará a través de una revisión documental relacionada con el tema de investigación, tales como revistas de resúmenes, índices bibliográficos, base de datos, etc.

6.6 Instrumentos de recolección de la información

La recolección de información se realizará a través de las encuestas a los operarios de los diferentes turnos, además se llevará a cabo la revisión de documentos, como bitácoras de turno de los operarios.

6.7 Cuadro metodológico

Tabla 5
Metodología 5s

Propuesta de aplicación de metodología 5S para disminuir la duración del proceso de montaje en el taller de mecanizados de Ajoever 2019.				
Objetivo general: Elaborar una propuesta de aplicación de herramientas lean manufacturing que permita disminuir la variabilidad y duración del proceso de montaje en las máquinas CN C.				
Fase	Objetivo específicos	No	Actividades	Descripción
1. Investigación y diagnóstico	Elaborar un diagnóstico del proceso de montaje para las máquinas CNC, que permita una mejor interpretación de las problemáticas que afectan el proceso mediante la recolección y análisis de datos.	0.1.A.1	Análisis del proceso de fabricación de moldes	Establecer mapa de proceso y diagrama de flujo de proceso
		0.1.A.2	Recopilación de información	Recolección de información correspondiente al desarrollo de la producción del taller Dumar durante el periodo agosto del 2018 hasta febrero del 2019
		0.1.A.3	Análisis de la información	Identificar el tipo de piezas que se desarrollaron, la duración de los montajes que se requirieron e identificar las características de estos.
		0.1.A.4	Identificar las principales causas	Mediante el análisis de información realizar una estratificación de causas utilizando cartas de control como el diagrama de Pareto
2. Propuesta de implementación	Diseñar un modelo de implementación de 5S que se ajuste a las necesidades del taller de fabricación de moldes de Ajoever	0.2.A.1	Definir metodología a implementar	Planteamiento de las estrategias para reducir las problemáticas encontradas
		0.2.A.2	Definir estrategias a trabajar	Determinar actividades y procedimientos para el desarrollo de la metodología seleccionada
		0.2.A.3	Establecer frecuencia de uso de las diferentes herramientas	Determinar las herramientas más usadas para ubicarlas en lugares estratégicos
		0.2.A.4	Elaboración del diagrama de planta	Establecer tiempos de recorridos mediante las distancias entre puestos de máquinas.
		0.2.A.5	Validar resultados de las mejoras propuestas	Realizar pruebas piloto de forma que se logre demostrar mediante indicadores las mejoras alcanzadas.
		0.2.A.6	Definición de mecanismos de control	Proponer de que forma se hará seguimiento y control de las mejoras propuestas
3. Evaluación	Realizar un análisis financiero acerca del impacto de la implementación de las mejoras.	0.3.A.1	Evaluar los resultados producidos por estrategias que fueron planteadas.	Cuantificar los costos y los beneficios de las mejoras propuestas.

Autoría propia con aportes de Ajoever.

Nota: Autoría propia

7. Propuesta de implementación del programa 5s

La metodología 5S se utilizará como mecanismo para disminuir tiempo desperdiciado en la búsqueda de herramientas durante los procesos de montaje. Debido a que se encontró que esta representa el 50% de las causas que afectan la duración de esta actividad.

7.1. Fase 0

Esta fase tiene como objetivo la planeación y preparación del programa 5s en el taller Dumar, está relacionada con el paso a paso que se realizara durante la ejecución de la propuesta, como se muestra en la siguiente figura

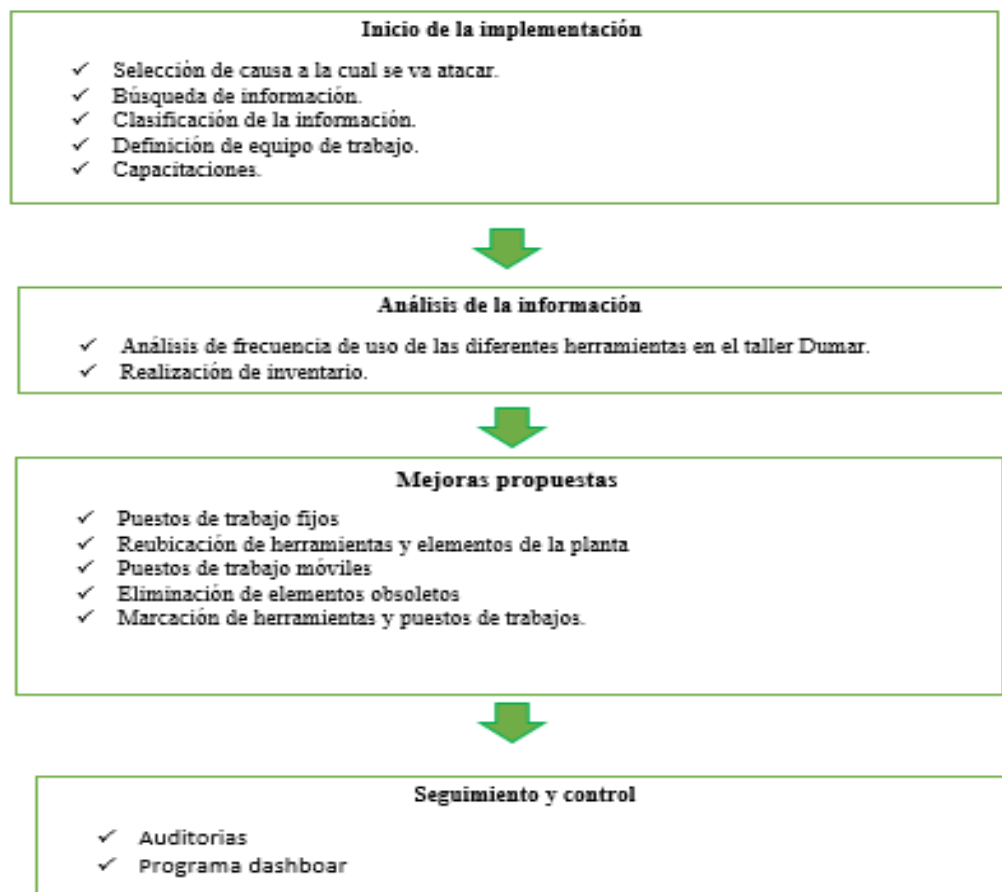


Figura 19. Fase 0 metodología 5s. Autoría propia

7.1.1. Organigrama 5s.

El siguiente organigrama fue propuesto por el grupo investigador con el fin de consolidar un equipo estratégico en el que se integren personal relacionado con el proceso.

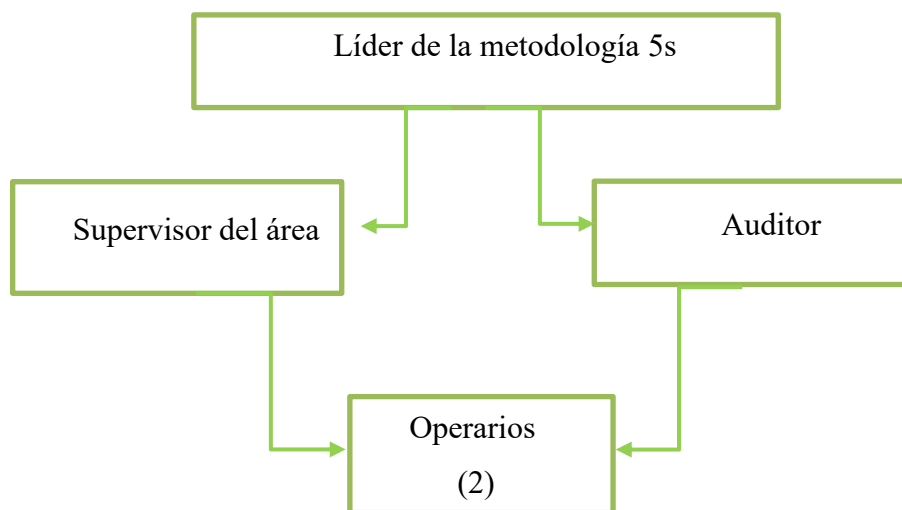


Figura 20. Organigrama 5S. Autoría propia.

7.2. Seiri (clasificar)

Esta primera fase tiene como finalidad retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para el desarrollo de las operaciones de montaje y mecanizado.

Para la implementación de esta primera S, el grupo investigador propone como primera medida realizar el inventario, mediante el uso de un formato que permita identificar la cantidad y el estado de las herramientas y otros elementos que se encuentren en el lugar de las operaciones, además de identificar el tamaño y la forma de estos, luego, mediante la metodología de las tarjetas rojas, etiquetar los elementos innecesarios o que requieren mantenimiento.

Por otra parte, elaborar un análisis de frecuencia mediante el estudio de los datos recopilados en las hojas de ruta, donde ha sido consignada la información relacionada a las herramientas utilizadas en los montajes desarrollados durante el periodo evaluado, para lograr determinar la frecuencia de uso y delimitar las cantidades que deben ser almacenadas.

7.2.1. Análisis de frecuencia e inventario.

Para el desarrollo de este análisis se ha tomado una muestra de 210 hojas de ruta, que han sido elaboradas en el periodo estudiado, se logró identificar la frecuencia de utilización por

tipo de montaje, tipo de herramientas de corte (H.C), herramientas de mano y accesorios. Además de la cantidad máxima, mínima y promedio de H.C utilizadas.

7.2.1.1. Análisis por tipo de montaje.

Tabla 6
Tipos de montaje frecuentes

Montaje en prensa		36%	
Montajes sobre la mesa (tres modalidades)	Sin ningún complemento	Montaje sobre la mesa	Montaje sobre paralelas
		(14%)	
	(26%)		(17%)
Montaje en dispositivo		7%	

Nota. Autoría propia con aportes de Ajoover.

Como podemos observar en la tabla 6 el tipo de montaje del material más frecuente fue bajo la modalidad “sobre la mesa”, con una frecuencia del 57%, divididas en sus tres variaciones: con monedas 14%, paralelas el 17%, y sin ningún suplemento en 26%. Seguido del “montaje en prensa” con una frecuencia de 36%, y montaje sobre dispositivo en un 7%.

7.2.1.2. Frecuencia de uso de H.C.

Tabla 7
Información general de herramientas de corte de los montajes

# Montajes	Min Htas * Montaje	Max Htas * Montaje	# Prom. Htas
210	1	21	7

Nota. Autoría propia con aportes de Ajoover.

Como podemos observar en la tabla 7 el promedio de herramientas usadas en los montajes es de siete H.C, la cantidad máxima de H.C solicitada fue de veintiuna unidades y la cantidad mínima utilizada de H.C fue de una unidad.

Tabla 8
Número de herramientas solicitadas en los montajes

Entre 1 – 7 Htas	63,81%
Entre 8 - 14 Htas	29,52%
Entre 15-21 Htas	6,67%

Nota. Autoría propia con aportes de Ajoover.

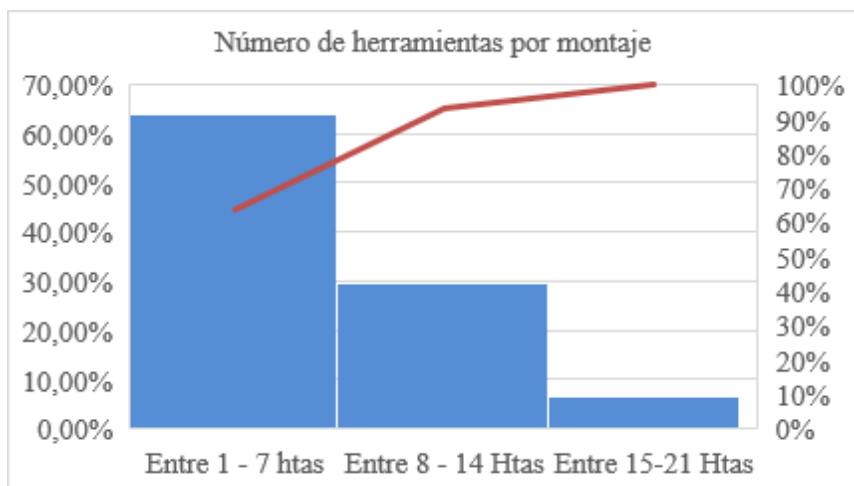


Figura 21. Número de herramientas por montaje. Elaboración propia con aportes de Ajoover.

En la información de la figura 21 vemos como en el 64% de los montajes se usan entre 1 y 7 herramientas, en el 29.52% de 8 a 14 H.C y en el 6.67% de los casos de 15-21 H.C. Partiendo del hecho en que para poder montar estas herramientas se requieren “portaherramientas” y boquillas esto nos da una idea de que cantidades de estos elementos tendría que contar la empresa.

7.2.1.3. Frecuencia por tipo de herramienta de corte.

En esta revisión se identificó que se utilizaron 156 diferentes tipos de H.C, de las cuales solamente 16 referencias de H.C lograron tener un porcentaje de uso superior al 10%, lo que demuestra la gran variación que existe en los procesos. Sin embargo, aquellas herramientas que poseen una participación en los procesos por encima del 30% podrían ser seleccionadas para estas normalmente montadas en los magacines de las maquinas.

Tabla 9

Frecuencia de uso de H.C

Herramienta	% USO	Boquillas	Portaherramientas	Llaves
A	73,3%	ER40 Ø 15-16	BT40-ER40	BT40-ER40
B	39,0%	ER40 Ø 24-25	BT40-ER40	BT40-ER40
C	37,6%	ER40 Ø 15-16	BT40-ER40	BT40-ER40
D	25,7%	ER32 Ø 7-8	BT40-ER32	BT40-ER32
E	25,7%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16
F	25,2%	ER32 Ø 11-12	BT40-ER32	BT40-ER32
G	23,3%	ER32 Ø 8-9	BT40-ER32	BT40-ER32
H	21,0%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16
I	19,5%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16
J	17,6%	ER32 Ø 17	BT40-ER32	BT40-ER32
K	15,7%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16

L	14,3%	ER32 Ø 8-9	BT40-ER32	BT40-ER32
M	14,3%	ER40 Ø 19-20	BT40-ER40	BT40-ER40
N	12,4%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16
O	11,9%	ER16 Ø 6-7	BT30-ER16	BT30-ER16
P	11,4%	ER16 Ø 2-3	BT30-ER16	BT30-ER16

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Esto nos indica que la variación en el uso de herramientas es bastante grande, y la organización de las herramientas debe realizarse bajo la premisa de la flexibilidad, los niveles de inventario deben ser asignados dependiendo de la frecuencia de uso, asignando más unidades a aquellas herramientas que por su frecuencia de uso así lo requieran.

Gracias a esta información también logramos identificar cuáles son los portaherramientas más utilizados, el tipo de boquilla y la llave que usan para la sujeción.

7.2.1.4. Otras herramientas que intervienen en el proceso de montaje y su frecuencia de uso.

Luego de conocer cuáles son los tipos de montaje más frecuentes y detectar características como la cantidad y tipo de H.C, podemos definir que otras herramientas deben intervenir en el proceso de montaje y con qué frecuencia son utilizadas.

Tabla 10
Herramientas de mano utilizadas

Herramienta Mano	% Uso	Inventario	UND
Martillo Goma	90%	2	UND
Llaves porta tipo ER40	73%	4	UND
Llaves porta tipo ER32	26%	3	UND
Llaves porta tipo ER16	38%	2	UND
Llaves porta tipo ER 16 uña	16%	2	UND
Llaves Bristol pulgadas	15%	2	UND
Llaves Bristol mm	80%	2	UND
Llave para Bridas	100%	4	UND

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

En general en el 100% de los montajes, son utilizados uno o varios de los elementos que encontramos en la tabla 10, no necesariamente se usan el 100% de estas herramientas en el mismo montaje, pero si combinaciones entre las mismas. Con excepción de la llave para apretar las tuercas de las bridas de amarre, ya que estos si se usan en el 100% de los montajes sin excepción.

7.2.1.5. Herramientas para amarres del material.

La frecuencia de uso de estas herramientas está delimitada por el tipo de montaje de material realizado.

Tabla 11

Herramientas para amarre de material

Herramientas para amarre de material	% Uso	Inventario	UND
Bridas (Todo tipo de amarre)	100%	10	Juegos
Prensa	36%	5	UND
Paralelas (Montaje en prensa o sobre mesa)	38%	30	UND
Monedas (Montaje sobre mesa)	14%	350	UND
Dispositivos especiales	7%	250	UND
Mesa divisora (Dispositivo especial genérico)	1%	1	UND

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

7.2.1.6. Herramientas para censado de material y H.C.

En el 100% de los montajes que se realizan en una maquina CNC se debe realizar la actividad de censado de H.C y material, para indicar a la maquina donde están ubicados estos elementos en el espacio los instrumentos usados para esta actividad son los siguientes:

Tabla 12

Elementos para censado de material y H. C

Herramientas de censado	% Uso	Inventario	UND
Comparador Carátula	100%	2	UND
Seteador	100%	1	UND

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

7.3. Seiton (ordenar)

Una vez obtenida la información del inventario y el análisis de frecuencia se debe iniciar con la segunda fase o en su efecto la segunda S (ordenar), de acuerdo con las dimensiones y frecuencia de uso de los diferentes elementos se asignará un lugar específico de ubicación, que estará marcado por el nombre en el espacio establecido.

El principio fundamental de esta S está enfocado a “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. El lugar asignado a los elementos que integran el proceso de montaje deberá estar delimitado por los siguientes factores:

- Frecuencia de uso.
- Características físicas del objeto.
- Cantidad de existencias del objeto.

- Distancia por recorrer para hallar el objeto.

Gracias a el análisis de frecuencia realizado anteriormente logramos definir los elementos que integran el proceso de montaje y la frecuencia con la que son usados. Además, se clasificaron por la tarea específica que cumplen.

7.3.1. Ordenamiento de herramientas diferentes a H.C.

7.3.1.1. Situación actual.

Según lo identificado en el análisis frecuencia, las herramientas usadas en los montajes con finalidad distinta al corte, obtienen las frecuencias de uso más alto, como por ejemplo las herramientas de mano que alcanzan porcentajes de uso hasta del 100%, algo similar sucede con las herramientas para el amarre del material y los elementos para el censado.

Actualmente en el taller de mecanizados Dumar estas herramientas están ubicadas en cuatro lugares distintos, para el análisis los llamaremos de la siguiente manera:

- Almacén de herramientas varias.
- Almacén de dispositivos.
- Almacén de monedas.
- Almacén de herramientas de mano.

Almacén de herramientas varias:

En este lugar se depositan boquillas, paralelas, llaves brístol, dispositivos, juegos de bridas, herramientas de corte, llaves para fijar insertos a las H.C, material en proceso y productos terminados.

Antes



Después



En este el lugar se encuentran herramientas de toda clase, además algunas que ya no se utilizan.

Después de los ordenamientos de los diferentes elementos que se encontraban sobre este dispositivo los cuales fueron colocados en el lugar asignado de acuerdo a sus características y uso.

Antes



En este lugar se encuentran elementos obsoletos.

Después



Después de los ordenamientos de los diferentes elementos que se encontraban sobre este dispositivo los cuales fueron colocados en el lugar asignado de acuerdo a sus características y uso.

Antes



Apropiación de lugar vacío para ubicación de dispositivos sin uso.

Después



Área despejada luego de eliminar los elementos obsoletos.

Figura 22. Lugar actual vs después del almacenamiento de herramientas varias. Autoría propia con aportes de Ajoever.

Almacén de dispositivos:

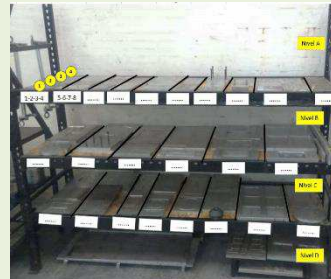
En este lugar se almacenan la mayoría de los dispositivos que se han utilizado durante años en la fabricación de piezas que por sus características físicas necesitaron maneras alternativas de sujeción, además, se almacenan dispositivos genéricos como lo son las prensas, copas y la mesa divisora.

Antes



En este lugar se encuentran dispositivos de diferentes características físicas de las cuales se utilizan el 20%.

Después



Adaptación de rack para ubicar los diferentes dispositivos tomando como referencia tamaño y forma.

Antes



En este lugar se encuentran elementos de diferentes usos, elementos sin uso y en algunos casos obsoletos.

Después



Adecuación de área luego de organizar los diferentes elementos de acuerdo a los parámetros establecidos.

Figura 23. Almacén de dispositivos. Autoría propia con aportes de Ajoover.

En este momento se encuentran almacenados 250 dispositivos, de los cuales el 50 se encuentran identificados con un producto en especial, y solo 3 son utilizados continuamente en la fabricación de productos que se fabrican con alguna regularidad.

Tabla 13
Inventario de dispositivos

Elemento	Cantidad	Buenos	Deteriorados
Dispositivos marcados	50	50	0
Dispositivos sin marcar	200	75	125
Total	250	125	125

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Los operadores afirman que los dispositivos que no están identificados son reutilizados para la fabricación de diversas piezas que los requieran, para lo cual les realizan modificaciones hasta que llega el momento en que ya no sirven para nada. En este momento el 50% de los dispositivos ya se encuentran en ese estado como se puede ver en la tabla 11.

Otro de los problemas es que el sitio de almacenamiento se encuentra contaminado con otro tipo de elementos diferentes, como lo son productos terminados, piezas no conformes, sobrantes de material y hasta elementos de protección personal.

Almacén de monedas:

En este lugar se almacenan sobrantes del mecanizado de un producto que se fabrica con regularidad en lotes que alcanzan las 200 unidades, estos sobrantes tienen forma de moneda y el material es rectificad, lo que le genera facultades de paralelismo, razón por la cual los trabajadores las usan como soportes en el desarrollo de mecanizados que traspasan la altura total del material a mecanizar.

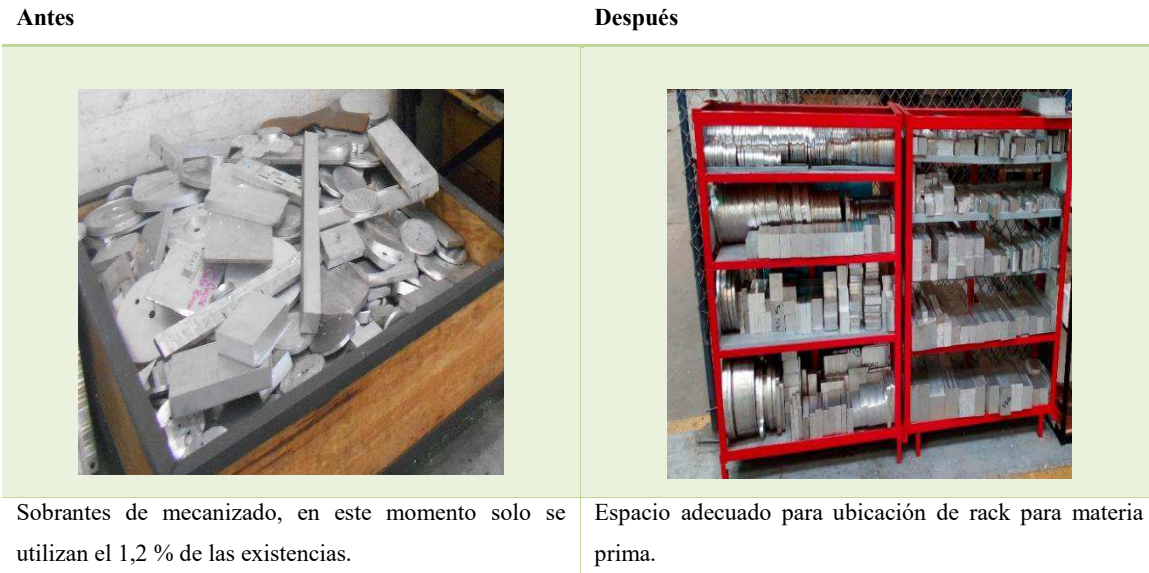


Figura 24. Almacenamiento de monedas. Autoría propia con aportes de Ajoover.

En este momento se encuentran un total de 350 unidades, los montajes en el que intervienen estos elementos alcanzan el 14% del total de montajes que se realizan, y por cada uno de ellos se utiliza un número que oscila entre 4 y 6 unidades. Además, del uso que se les da como soporte, en los trabajos de torneado se suelen usar ocasionalmente para la fabricación de algunos dispositivos de uso único.

Almacén de herramientas de mano:

En este lugar los trabajadores realizaron un trabajo para elaborar una tabla en la cual colgaron las herramientas con el objetivo de proporcionarles un lugar, el problema es que lo ubicaron sin aplicar ninguna técnica, razón por la cual lo ubicaron en un lugar apartado del sitio de uso, al tener una frecuencia de uso que alcanza hasta el 100% de los montajes, genera que los trabajadores no las regresen al sitio otorgado y como consecuencia se desaparecen y esto conlleva a tener que invertir tiempo en la búsqueda de estas.

7.3.1.2. Análisis por distancia actual.

Este tipo ubicación no solo genera mal aspecto, sino que también es un foco de desorden que dificulta a los operadores encontrar las herramientas que necesitan para desarrollar su actividad. Además, por su localización produce desplazamientos innecesarios sobre todo cuando se realizan trabajos en las máquinas más alejadas de este punto como podemos observar en la figura 25.

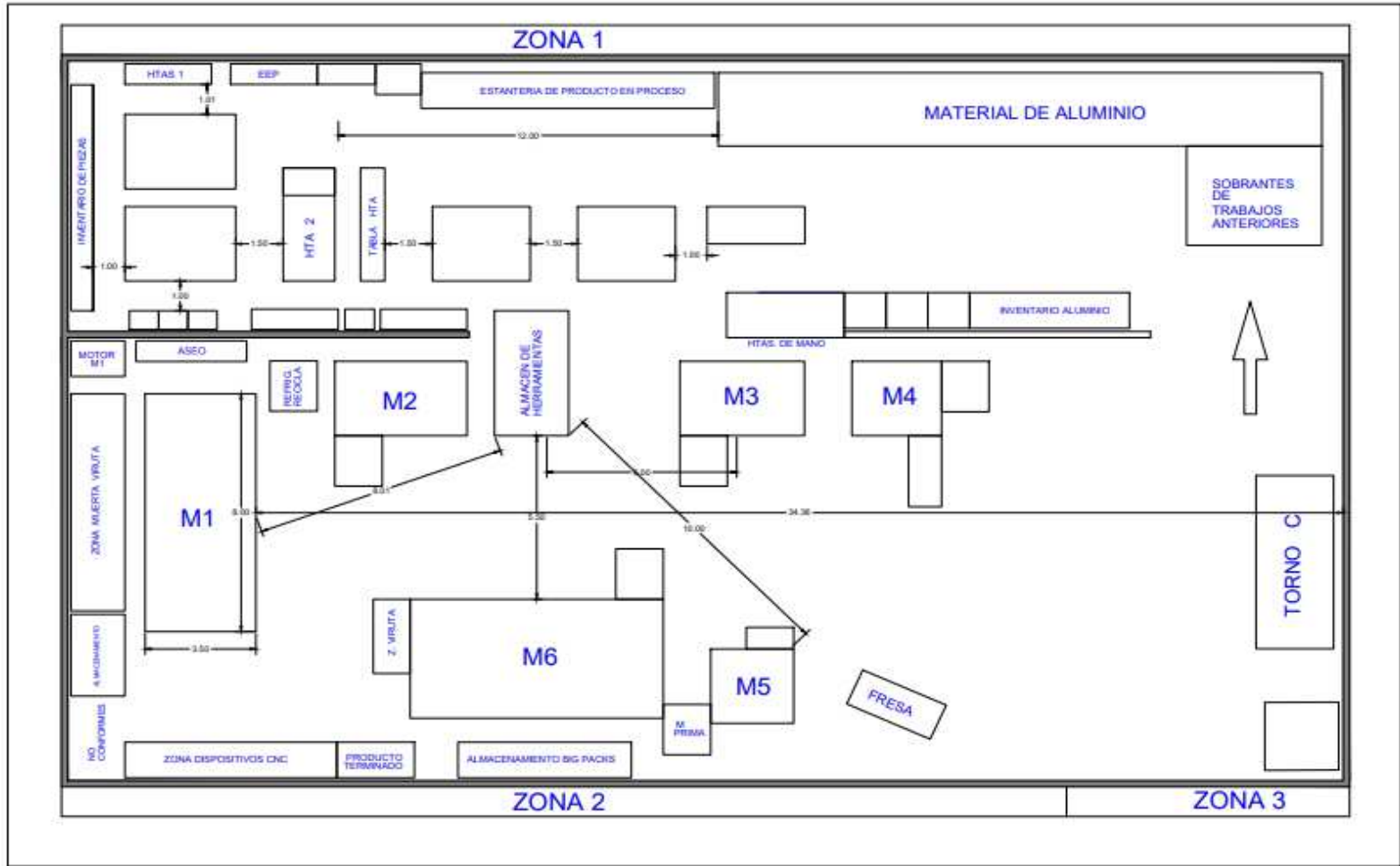


Figura 25. Layout. Autoría propia. Elaborado en AutoCAD.

En la figura 25 podemos evidenciar que cuando se desarrollan actividades en la M5 (máquina 5) el operador debe caminar un total de 20 metros cada vez que se desplaza a la zona de almacenamiento de ida y vuelta, si una persona camina un metro por segundo, al trabajador le toma 20 segundos realizar este movimiento. Este análisis puede realizarse con las demás máquinas y con las zonas donde se almacenan otras herramientas como dispositivos o las denominadas monedas que se usan en los montajes del material sobre la mesa.

Tabla 14.

Distancia entre zonas de almacenamiento de herramientas y maquinas

Zona	Distancia en metros					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Almacén de monedas	16	32	42	50	50	26
Almacén de dispositivos	8	24	34	42	42	18
Almacén de herramientas varias	16	5	12	19	20	11
Almacén de herramientas de mano	16	5	12	19	20	11
Total (metros)	56	66	100	130	132	66

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

7.3.1.3. Situación esperada.

Con base en el análisis realizado en la sección anterior el grupo investigador establece que, para lograr los mejores resultados en la intervención, los lugares que deben ser asignados deberán seguir las siguientes indicaciones.

Ubicación para herramientas de mayor frecuencia de uso:

Para establecer la ubicación de las herramientas distintas a las H.C, se tendrá en cuenta la información registrada en la tabla 15.

Tabla 15.

Herramientas con mayor frecuencia de uso y sus características

Herramienta	% Uso	Inventario	UND	Peso	Tamaño
Llave para Bridas	100%	4	UND	Bajo	Bajo
Bridas	100%	10	Juegos	Alto	Alto
Comparador Carátula	100%	2	UND	Bajo	Bajo
Seteador	100%	1	UND	Bajo	Bajo
Boquillas	100%	1	UND	Bajo	Bajo
Martillo Goma	90%	2	UND	Bajo	Bajo

Llaves Bristol mm	80%	2	UND	Bajo	Bajo
Laves porta tipo ER40	73%	4	UND	Bajo	Bajo
Paralelas	38%	30	UND	Alto	Alto
Laves porta tipo ER16	38%	2	UND	Bajo	Bajo
Prensa	36%	5	UND	Alto	Bajo
Laves porta tipo ER32	26%	3	UND	Bajo	Bajo
Laves porta tipo ER 16 uña	16%	2	UND	Bajo	Bajo
Llaves Bristol pulgadas	15%	2	UND	Bajo	Bajo
Monedas	14%	350	UND	Bajo	Bajo
Dispositivos especiales	7%	250	UND	Alto	Alto
Mesa divisora	1%	1	UND	Alto	Alto

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

El objetivo de esta ubicación es el de lograr que estas herramientas se encuentren ubicadas lo más cerca posible del lugar donde han de ser usadas.

Puestos de trabajo móviles:

Para lograr este objetivo se propone ubicar aquellas que tengan un peso y tamaño bajo, en dos puestos de herramientas móviles diseñados especialmente para cumplir la función de transportar estos elementos.

Cada uno de los dos “carros de herramientas” estarán a cargo de los dos operadores que trabajan en cada turno, la idea es que estos los lleven consigo en todos los casos donde tendrán que realizar montajes.

Para la construcción de estos elementos se podrá hacer uso de unos carros que fueron fabricados con la finalidad de transportar porta herramientas desde la zona de trabajo hasta la zona de metrología donde se encontraba un equipo de medición que se deterioró hace unos años y ya no existe. Al perder su funcionalidad estos carros se han convertido en bancos improvisados de trabajo como lo podemos ver en la figura 26.

Antes



Equipo de transporte de equipos de alto volumen deteriorado.

Después



Fabricación de puesto de trabajo móvil a partir de material obsoleto.

Figura 26. Carro en uso de puesto de trabajo. Elaboración propia con aportes de Ajoover

Gracias a la colaboración del gerente de investigación y desarrollo se logró realizar la simulación real de cómo debería ser el diseño de uno de los puestos de trabajo móvil como lo podemos evidenciar en la figura 27.



Figura 27. Simulación de puesto de trabajo móvil. Elaboración propia con aportes de Ajoover

En estos puestos de trabajo móviles se ubicarán las siguientes herramientas:

Tabla 16.
Elementos por contener en puesto móvil

Herramientas ubicadas en puesto de trabajo móvil	Cantidad por contener
Comparador Carátula	1
Seteador	1
Boquillas	50
Martillo Goma	1
Llaves Bristol mm	1
Laves porta tipo ER40	1
Laves porta tipo ER16	1
Laves porta tipo ER32	1
Laves porta tipo ER 16 uña	1
Llaves Bristol pulgadas	1
Monedas	6

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

Puestos de trabajo fijos:

Para la ubicación de las bridas, llaves para bridas, paralelas y prensas, el grupo investigador ha propuesto que estos sean localizados en los puestos de trabajo fijos pertenecientes a cada una de las máquinas, con el objetivo de que cuando el operador llegue a la máquina junto con su carro de herramientas, no tenga que realizar ningún desplazamiento adicional.

Tabla 17
Elementos por contener en puestos fijos

Herramientas ubicadas en puesto de trabajo fijos	Cantidad por contener
Prensa	1
Paralelas	6
Llave para Bridas	1

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

Para lograr este objetivo se tendrán que realizar algunas modificaciones a dos de los puestos de trabajo existentes actualmente, y se deberán diseñar y fabricar tres puestos de trabajo adicionales, además, obtener unos casilleros para que los trabajadores puedan ubicar sus elementos de protección personal, puesto que al no contar con un lugar adecuado para esta función han improvisado cajones, que ocupan actualmente espacios en los bancos de trabajo de las máquinas entorpeciendo las actividades.

La necesidad de la fabricación de los bancos de trabajo adicionales es generada por que en la M1 no se cuenta en este momento con ningún puesto de trabajo fijo, la M5 tampoco contaría con un puesto de trabajo, debido a que en este momento se está utilizando uno de los carros que va a hacer utilizado como puesto móvil, y en la M6 se está utilizando la escalera de acceso a la maquina como puesto de trabajo como se observa en la figura 28.

Antes



Las escaleras de acceso a la maquina utilizadas para el puesto de materia prima.

Después



Integración de nuevo banco de trabajo y escalera, en el que tendrá como uso la colocación de los diferentes elementos que intervienen en la funcionalidad de este puesto de trabajo.

Figura 28. Puesto actual M6. Autoría propia con aportes de Ajoever.

Para el puesto de trabajo de la M6 el grupo investigador ha propuesto el diseño de un banco de trabajo donde se integre la escalera de acceso a la máquina, pero que también cuente con las propiedades necesarias para el almacenamiento de las herramientas a las que se le dará este puesto como ubicación. (Bridas con su respectiva llave, prensa, paralelas, porta herramientas). Además, este puesto de trabajo debe contar un espacio destinado al almacenamiento temporal del material en proceso, que les permita a los trabajadores realizar las tareas anexas a la producción como metrologías, limpieza y rebabado de los productos.



Figura 29. Prototipo de banco de herramientas M6. Autoría propia.

Para el acondicionamiento de los demás puestos de trabajo bastaría con establecer los sitios que deberán ocupar las herramientas que serán dispuestas en estos lugares. Para lograr definir los lugares exactos a ser ocupado por las herramientas el grupo investigador ha propuesto unos organizadores fabricados en madera, en los cuales mediante el uso de las máquinas CNC se le ha mecanizado los alojamientos a la medida de cada herramienta.



Figura 30. Prototipo de organizador de herramientas. Autoría propia.

En la figura 30 encontramos un prototipo que se elaboró en el taller Dumar bajo la supervisión del grupo investigador, y está siendo usado en uno de los bancos de trabajo del área de ajuste.

Puesto de trabajo fijo para dispositivo:

Para el almacenamiento de los dispositivos especiales y genéricos (mesa divisora, copas) el grupo investigador propone que estos deben seguir almacenados en el lugar que tienen actualmente, pero se debe realizar la depuración de todos los dispositivos que fueron

identificados como defectuosos (125 und). A estos elementos se sugiere darles disposición final como chatarra.

Realizar esta depuración facilitará la organización de aquellos dispositivos que deben ser guardados, gracias a que se habilitan espacios necesarios para que sean ocupados de manera ordenada por los elementos que si deben ser almacenados.

Esta ubicación debe realizarse teniendo en cuenta la forma de los dispositivos que se almacenen, dejando franjas de limitación, para lo cual se podría utilizar separadores fabricados en madera como se muestra en la figura 31.



Figura 31. Esquema de organización de dispositivos. Autoría propia.

Además, cada dispositivo deberá ser marcado con un número, el rack deberá ser marcado por niveles, tantos como entrepaños tenga, las zonas delimitadas por los separadores de madera deberán tener una etiqueta ubicada al frente donde se podrá observar la numeración de los dispositivos que se encuentran almacenados en cada espacio como se observa en la figura 31.

El objetivo de esta distribución es crear un direccionamiento para que los operadores puedan ubicar de manera eficiente algún dispositivo en especial.

Las indicaciones de uso de algún dispositivo específico deberán venir consignadas en la hoja de ruta que emiten los programadores, quienes deberán hacer la solicitud del dispositivo a utilizar dándole al operador las coordenadas de ubicación.

Para ello los programadores deberán contar de manera digital con el inventario de todos los dispositivos guardados y sus características. El grupo investigador sugiere que el formato donde se consigne esta información cuente con las especificaciones que podemos observar en la tabla 18.

Tabla 18

Formato propuesto para direccionamiento de dispositivos.

Zona	Número dispositivo	Descripción para el uso	Forma	Diámetro	Ancho	Largo	Alto	Material
A	1	Fabricación de producto X	Rectangular	N/A	250	500	25,4	Aluminio
B	23	Fabricación de producto Y	Redondo	350	N/A	N/A	35	Acero

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Una vez terminada la operación el operador deberá guardar el dispositivo en el mismo lugar donde fue hallado inicialmente, además, deberá comunicar el estado en el que termino después del uso al programador, para que este tenga la información actualizada del estado de los dispositivos.

De igual manera si se fabrican nuevos dispositivos, y se decide que deben ser guardados, la persona encargada de la intervención de 5s asignará el lugar de almacenamiento y actualizará la información en el sistema.

7.3.2. Ordenamiento de herramientas de corte.

7.3.2.1. Situación actual.

Actualmente las herramientas de corte se están almacenando en un organizador ubicado en lo que hemos denominado almacén de herramientas varias, para esto los trabajadores han destinado algunos tipos de cajas donde guardan diferentes tipos de herramientas como tipo A, B, C... como se ve en la figura 32.

Antes



Organizador de herramientas de corte, en estos cajones se guardan cualquier tipo de elementos utilizados para el proceso de corte, lo que dificulta al momento de buscar uno es especial.

Después



Prototipo sugerido del nuevo modelo de clasificación de las herramientas de corte.

Figura 32. Organizador de herramientas. Autoría propia.

Este tipo de almacenamiento trae varias consecuencias como: pérdida de tiempo al buscar alguna herramienta específica, esto es debido a que cada vez que el operador intenta hallar una herramienta, debe sacar todo de la caja para poder localizar el objeto en búsqueda y empezar a seleccionar una por una hasta encontrar la herramienta, luego deberá poner todo de nuevo en la caja. Además de pérdidas de tiempo, también se generan daños en los filos de las herramientas como consecuencia del constante golpeteo entre las mismas, como están hechas de materiales con mucha dureza, también tienden a ser muy frágiles, por esta razón no son aptas para sufrir golpes.

Esta última situación es muy grave, ya que los programadores realizan sus tareas de programación con base en el supuesto de que las herramientas están en buen estado. Como resultado de este supuesto se realizan las hojas de ruta y cuando el operador va a hacer el montaje y busca la herramienta se encuentra con que está dañada, en ocasiones estos

continúan la búsqueda de estas herramientas sin encontrar resultados diferentes a la pérdida de tiempo.

7.3.2.2. *Situación esperada.*

Ubicación de H.C con mayor índice de utilización:

El grupo de investigación haciendo uso de los resultados del análisis de frecuencia propone que aquellas herramientas que obtuvieron un porcentaje de uso superior al 30% deberán ser ubicadas de manera constante en todas las máquinas. Con el objetivo de reducir el número de herramientas a ser montadas y censadas en los procesos de montaje que se realicen después de la implementación.

Tabla 19.

H.C con mayor frecuencia de uso.

Herramienta	% USO	Boquillas	Portaherramientas	Llaves
A	73,3%	ER40 Ø 16	BT40-ER40	BT40-ER40
B	39,0%	ER40 Ø 25	BT40-ER40	BT40-ER40
C	37,6%	ER40 Ø 16	BT40-ER40	BT40-ER40

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

Una vez establecidas estas herramientas como fijas en las máquinas se deberá almacenar al menos un repuesto de estas en el área de mecanizados, para cubrir cualquier daño en alguna de estas herramientas, sobre todo cuando se trabaja en turnos de noche, para lograr obtener una capacidad de reacción ante las eventualidades.

Para el almacenamiento de estos repuestos el grupo de investigación propone que se emule los organizadores en madera propuestos para la organización de las herramientas tratadas en la sección anterior, para ello se realizó un prototipo en el que se están almacenando las herramientas del área de torneado.

Antes



Después



Organizador de herramientas, ubicado en la zona de torneado

Adaptación de cajón para ubicación de herramientas seleccionadas de acuerdo con el estudio realizado.

Figura 33. Prototipo de organizador de H.C del área de torneado. Autoría propia.

Para el almacenamiento de las demás herramientas de corte, la propuesta consiste en sacarlas del área de mecanizado y llevarlas al área de programación, donde se puede hacer uso del mismo organizador que existe actualmente, pero al que se le deben realizar algunas modificaciones, para lograr individualizar las herramientas allí contenidas, para ello se realizó un prototipo, que ayudará a mejorar la visualización eficiente de las herramientas, además, se ofrecen mejores condiciones de conservación, evitando que se puedan golpear unas con otras, conservando los filos en buen estado, como se puede ver en la figura 34.



Figura 34 Prototipo para almacenamiento de herramientas de corte.

El sistema propuesto consiste en que las herramientas solicitadas en las hojas de ruta, sean entregadas junto con las hojas de ruta por parte de los programadores, quienes estarán encargados de realizar esta tarea con la finalidad de evitar que los operadores tengan que realizar la ubicación de las herramientas, además, de mejorar el control del estado inicial en el que se entregan las H.C, y de igual medida en que forma son retornadas después de realizar las operaciones de mecanizado en las que hayan incurrido dichas herramientas.

Para asegurar el control de retorno los programadores, deberán acercarse al área de mecanizado, realizar la verificación del comportamiento de los programas y recibir las herramientas de corte, que previamente habían sido entregadas a los operadores, verificar su estado y devolverlas a su lugar.

En caso de que estas hayan sufrido deterioro, serán los mismos programadores, quienes informen al ingeniero del taller, para que realice la respectiva solicitud de remplazo de las unidades deterioradas.

7.4.Seiso (limpiar)

En esta tercera fase se establecen los parámetros de limpieza que deberían tener las áreas intervenidas, para esto es importante identificar focos claves donde se genera la mayor cantidad de suciedad y desechos, de forma que sean controlados o mejor aún eliminados.

En el caso del taller Ajoever se identificó que las áreas donde se presenta mayor cantidad de suciedad y desechos fueron: zona muerte de viruta, almacenamiento de big packs, zona de materia prima, zona de no conformes y almacenamiento de herramientas.

Antes



Zona de no conformes con objetos innecesarios presentados en el área.

Después



Nueva zona para no conformes, se estableció dejar únicamente 4 no conformes antes de volverlo chatarra.

Antes



Sobrantes de materia de torno.

Después



Eliminación de objetos obsoletos, se ordenó los diferentes objetos según su función y se adecuo el área para la disposición final de viruta.

Figura 35. Zona de no conformes y sobrantes de material. Autoría propia.

En las figura 35 se observan zona de no conformes en donde debido a los manejos inadecuado de disposición final de residuos, se genera una percepción continua de suciedad y mal aspecto, otro factor importante que se identificó, generador de esta situación mediante algunos encuentro con los trabajadores es el tipo de comportamiento que tienen en cuanto a orden y limpieza con las áreas de trabajo donde cada uno de ellos elabora, mencionan que no le genera ninguna tipo incomodidad trabajar en sus puestos de trabajo aunque se encontraran sucias, porque se trataba de un taller donde era imposible mantenerlo limpio, filosofía errónea.

Partiendo de esa idea, es clara la necesidad de capacitar al personal en general con respecto a estas, transmitiendo la necesidad de reforzar en esta etapa el compromiso tanto de la gerencia como por parte de los operarios, además de darles a conocer los beneficios que se obtienen cuando se implanta de una manera efectiva esta S.

7.4.1. Políticas de limpieza.

Dentro del plan de mejora se ha establecido una serie de políticas de orden y limpieza de obligatorio cumplimiento para los trabajadores, donde además de sus funciones actuales deberán cuidar que esos espacios queden completamente limpios luego de su utilización, en el transcurso de tiempo esta nueva función quedará forjada como un hábito y será una mejora para todos.

Tabla 20
Política de entrega de turnos

Política inicial entrega de turnos ítem aseo puestos		
#	Política	Responsable
1	Mantener los puestos de trabajo aseados durante el turno y la entrega de este.	Operadores CNC
2	Realizar la entrega de puestos de trabajo durante la entrega de turno usando las listas de chequeo generadas en el programa 5s para verificar la veracidad del estado de dichos puestos	Líder turno que recibe y el que entrega
3	Revisar el cumplimiento del punto primero	Auditor y Líder del turno que recibe
4	Dar aviso al líder de cada área correspondiente o responsable de las novedades que puedan presentarse	Auditor
5	Realizar el correspondiente llamado de atención a la persona que incumplió con el protocolo	Jefe del área
6	Tomar las acciones correspondientes para el tratamiento de personas reincidentes	Jefe del área
7	Realizar modificaciones a los puestos de trabajo por mejora continua	Equipo 5s
8	Realizar la socialización de posibles cambios	Equipo 5s

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Tabla 21
Política de disposición final de trapos

Política de manejo y disposición final de trapos		
#	Política	Responsable
1	Los trapos de uso habitual por áreas serán: WIPERS WYPALL para el torno CNC y los centros de mecanizado; trapos de tela normal para el área de ajuste	Líderes de área
2	Hacer el uso adecuado de los trapos, llevándolos hasta el límite de su vida útil.	Todo el personal
3	Para los operadores de los centros de Mecanizado No dejar trapos en los puestos de trabajo fijos de las maquinas, estos deben ser portados por cada operador en su carro de herramientas, para poder hacer uso de ellos en todas las maquinas.	Líder de turno
4	Para los operadores del torno CNC, el trapo debe estar en el puesto de trabajo del torno, con una cantidad en funcionamiento de una unidad y en caso de ser necesario máximo dos unidades, estas deben permanecer ordenadas y ubicadas en el sitio designado.	Auditor
5	Para el personal de ajuste deben mantener los trapos únicamente en los bancos de trabajo durante la realización de este, al finalizar la labor realizada o al finalizar los turnos, los bancos de trabajo y las piezas de los proyectos en curso deben quedar libres de trapos y suciedades.	Líder de área

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Tabla 22
Política de tratamiento de productos no conformes

Política de tratamiento de producto no conforme		
#	Política	Responsable
1	Tan pronto se detecte un no conforme avisar a los respectivos líderes del área y/o diseñador encargado del proyecto	Operadores de CNC
2	Realizar la revisión de la no conformidad y determinar si se puede ser funcional desde la reparación o modificación del diseño	Diseño- jefe del área
3	De considerarse que la pieza no conforme es irreparable, definir si esta debe ser guardada o no	Jefe del área
4	Si se define que la pieza debe ser guardada, entonces ubicar en el sitio determinado para no conformes, realizar la marcación de la pieza que contenga fecha y daño o explicación de la no conformidad.	Líderes de área
5	Si se define que la pieza No debe ser guardada entonces: definir si se puede rescatar algo de material.	Diseño- jefe del área- Líderes de área
6	Si se define que no hay material recuperable entonces destruir la posible figura de la pieza en caso de divulgación de secretos empresariales y dar disposición final como chatarra	Líderes de área
7	Si el sitio que se dispuso para ubicar las piezas no conformes colapsa entonces disponer a aplicar los puntos 5 y 6 a la pieza más antigua	Líderes de área
8	De no contar con la disposición inmediata de los recursos como maquinaria o personal o cualquier otro que impida el mecanizado para disposición final de los no conformes, sea como chatarra o como material a recuperar, incluir esto en las tareas o programaciones de las máquinas para lograr asegurar que estas tareas se realicen.	Líderes de área

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Cada una de las políticas deberá ser aprobada por el gerente del área, su redacción se realizó en conjunto con personal de la empresa para facilitar la comprensión y aprobación, con la finalidad de concientizar al trabajador que existe una mejor forma de hacer las tareas dentro de un ambiente de trabajo limpio ordenado y por ende seguro.

7.5.Seiketsu (estandarizar)

El objetivo de esta fase busca estandarizar los pasos anteriores de forma que se garantice la continuidad de los parámetros establecidos y los trabajadores sigan los mismos lineamientos para que se pueda lograr mantener las áreas de trabajo organizadas, ordenadas y limpias.

De igual manera obtener un estándar 5S dentro del taller Dumar, que facilite al auditor, evaluar el estado en el que se encuentra las diferentes áreas de trabajo, ubicación de herramientas, revisión de formatos de limpieza, material obsoleto, etc.

En esta intervención se elaboró un formato estándar para el carro móvil que se diseñó en la fase 2, el objetivo es mantener todas las herramientas de trabajo en el lugar asignado y de manera continua, además de facilitar las auditorías porque permite un chequeo visual del orden en cómo deben estar ubicados los diferentes elementos.

Punto de trabajo: PT 7									
Producto: Almacenaje de herramientas generales									
Responsable del 5s:									
LÍDERES DE TURNO MAQUINAS CNC									
									
ID	DESCRIPCIÓN	ITEM	IMAGEN						
1	1	1) Llave Torx T15 pequeña							
2	2	2) Llave Torx T6 pequeña							
3	3	3) Llave Torx T7 pequeña							
4	4	4) Llave Torx T6 pequeña							
5	5	5) Llave Torx T8 F52483							
6	6	6) Llave Torx T8							
7	7	7) Llave Torx T9 DT9 IP							
8	8	8) Llave Torx T14 1485 8°80							
9	9	9) Destornillador							
10	10	10) Destornillador							
11	11	11) Llave boricol para prensa							
12	12	12) Llave ER16 de uña							
13	13	13) Llave ER16 tuerca fija							
14	14	14) Llave ER40							
15	15	15) Llave ER32							
16	16	16) Llave de uña T9-80							
17	17	17) Llave de uña S2-S5							
18	18	18) Llave de uña S6							
19	19	19) Llave de uña S7							
20	20	20) Flexómetro							
21	21	21) Martillo de goma							
22	22	22) Compasador de caracuta							
23	23	23) Destornillador pala							
24	24	24) Destornillador estrella							
25	25	25) Juego de bricol mes							
26	26	26) Juego de bricol pulgadas							
27	27	27) Calibrador digital							
28	28	28) Medidor de reloj							
29	29	29) Piedra India							

Figura 36. Tarjeta 5s para puesto de trabajo móvil. Autoría propia con aportes de Ajoever.

En la figura 36 se muestran las especificaciones del manejo adecuado para la utilización del carro móvil, las herramientas seleccionadas para la asignación de cada uno de estos puestos fueron el producto del análisis de frecuencia elaborado en la fase 1.

7.6. Shitsuke (disciplina)

Este parámetro de la 5s, traducido como respeto o disciplina, es el encargado de proporcionar seguimiento y control a cada uno de los pasos propuestos en las anteriores S's (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar), de forma que se garantice la aplicación continua de esta metodología y lograr cumplir con el objetivo.

7.6.1. Formato auditoría 5S.

Unas de las herramientas utilizadas para esta fase fue un formato estándar 5s diseñado con el fin de evaluar cada una de las áreas en las que intervienen esta técnica, para su elaboración se tuvieron en cuenta los diferentes aspectos que sería evaluados durante la auditoría, de igual manera el grupo investigador estableció como política de aprobación un porcentaje mayor o igual al 85%. En la siguiente figura se muestra el formato propuesto.

FORMATO DE AUDITORIA 5S				
Fecha:		18/10/2019		
Nombre de la empresa		Ajoever SAS		
Área auditada		Maquina 6		
AUDITOR		Jorge Elias Ribero		
NOTA: Se ABRUEBA auditoría con un porcentaje mayo o igual al 85%			Estado de la auditoria	Total
			Aprobada	88%
5S	Descripción	si	Observaciones	
Clasificar	¿Hay cosas inútiles que pueden dificultar la manipulación del carro móvil?	X		
	¿Hay materias primas, semi elaborados o residuos ?	X		
	¿Hay algún tipo de herramienta, tomillería, pieza de repuesto, útiles o similar ?	X		
	¿Están todos los objetos de uso frecuente ordenados, en su ubicación y correctamente identificados ?	X		
	¿Se encuentra identificado por zona?			
	¿están los elementos en buen estado?			
	Subtotal		3	Estado
Ordenar	Descripción	si	Observaciones	
	¿Demarcación de los artículos y lugares ?	X		
	¿ están las herramientas en el lugar correspondiente?	X		
	¿ esta libre de objetos no necesarios para el proceso?	X		
	¿la señalización esta en mal estado?	X		
	¿Están indicadas las cantidades máximas y mínimas admisibles y el formato de almacenamiento?	X		
	Subtotal		5	Estado
Limpiar	Descripción	si	Observaciones	
	¿Se realizan periódicamente tareas de limpieza ?	X		
	¿están las herramientas y el puesto de trabajo limpio?	X		
	¿pisos libre de basura , aceite y grasa?	X		
	¿ los residuos se clasifican según su composición?	X		
	¿ existe un lugar específico para la disposición final de residuos?	X		
	subtotal		5	Estado
Estandarización	Descripción	si	Observaciones	
	¿Existen procedimientos escritos estándar y se utilizan activamente?	X		
	¿ están las primeras S mantenidas?	X		
	¿ se sigue procedimientos estándar a la hora de ejecutar las actividades?	X		
	¿ Es de fácil acceso documentación estándar del proceso?	X		
	¿existen políticas de orden y aseo ?	X		
	subtotal		5	Estado
Disciplina	Descripción	si	Observaciones	
	¿Se realiza el control diario de limpieza?	X		
	¿Las herramientas y las piezas se almacenan correctamente?	X		
	¿Todas las actividades definidas en las 5S se llevan a cabo y se realizan los seguimientos definidos?	X		
	¿Existen procedimientos de mejora, son revisados con regularidad?	X		
Subtotal		4	Estado	Aprobada

Figura 37 Formato de auditoría

Como se puede observar en la figura número 38 se realizó una prueba piloto para facilitar una mejor comprensión del uso del formato, para el ensayo se audito el área M6 o puesto de trabajo móvil y como resultado arrojó un porcentaje desempeño del 88% lo que quiere decir que se aprueba la auditoria, aunque presento un incumplimiento en la S (clasificar) debido a que se evidenciaron herramientas en mal estado y las zonas no están identificadas, del mismo modo funcionara para todos los puestos de trabajo intervenidos.

7.6.2. Plan de auditoria.

Con el fin de iniciar un proceso de mejoramiento continuo basados en la metodología 5S en el área de taller Dumar, se realizó un programa de auditoria durante los próximos 5 años. Es importante resaltar que el éxito de esta metodología es la constancia y disciplina en el cumplimiento de las actividades.

Tabla 23
Programa para auditoria 5s

PLAN AUDITORIA				
Año	Frecuencia	Horas	Total horas (Año)	Participante
1er semestre (2020)	2 veces al día	4 (Semana)	96	Auditor
2do semestre (2020)	1 ves al día	2 (Semana)	48	Auditor
2021	1 ves al día	2 (Semana)	96	Auditor
2022	1 vez a la semana	1 (Semana)	48	Auditor
2023	1 vez al mes	2 (Mes)	24	Auditor
2024	2 vez al mes	3 (Mes)	24	Auditor

Nota: Autoría propia

7.6.3. Herramienta dashboar.

El dashboar es una herramienta de representación gráfica que permite visualizar los principales indicadores que intervienen para el cumplimiento de un objetivo. Esta herramienta aparte de ser económica y funcional también es muy flexible ya que permite ser adaptada a cualquier modelo.

Por tal razón, durante el desarrollo de este trabajo de investigación se vio como un instrumento estratégico para el seguimiento y control de la implementación de la metodología 5S, este tablero tiene como principal objetivo exponer el comportamiento que ha tenido esta técnica en el taller Dumar durante las diferentes auditorías realizadas. A continuación, se muestra el dashboar sugerido.



Figura 38. Tablero dashboard. Elaboración propia.

Como se puede observar en el tablero dashboard está diseñado para expresar el porcentaje de cumplimiento de las 5S que intervienen en la metodología, además de otros datos e indicadores como número de auditorías aprobadas y rechazadas, porcentaje promedio de cumplimiento y puntaje por revisión realizada, es una forma práctica y dinámica de ver resultados en las diferentes intervenciones que ayudara a visualizar y favorecer la toma de decisiones orientada a mejorar los posibles errores que podamos estar cometiendo.

8. Resultados esperados

Los resultados esperados tras la implementación de la metodología 5S están directamente relacionados con el objetivo de la disminución del tiempo del proceso de montaje, para lo que se espera una reducción en los tiempos de transporte de los elementos que hacen parte del proceso, los tiempos de búsqueda de herramientas, los tiempos de montaje y censado de H.C.

Además, se espera generar una optimización en otros factores como: espacio utilizado en m^2 , distancia recorrida, reducción de costos de producción y disminución en los tiempos de entrega.

8.1. Disminución de la distancia recorrida y tiempos de transporte

8.1.1. Disminución de la distancia recorrida.

Con la implementación de los puestos de trabajo móviles y la distribución de las herramientas en los puestos fijos de trabajo se logrará una disminución en la cantidad de metros recorrida por los trabajadores a la hora de dirigirse a tomar las herramientas que necesitan para la realización del montaje del material como se muestra en la tabla 23, en la que se registra las distancias que deben recorrer los operadores por tipo de montaje teniendo en cuenta la máquina donde se realizaría el proceso y la reducción lograda con la implementación.

Tabla 24

Reducción de distancia recorrida en metros

Ma	Tipo de montaje	A. de monedas		A. de dispositivos		A. de Htas Varias		A. de Htas de mano		Total d.	Total d.	% Mejora
		Antes	Reduc.	Antes	Reduc.	Antes	Reduc.	Antes	Reduc.			
	Montaje en prensa	0	0	8	8	16	16	16	16	4	4	100 %
	M. sobre la mesa sin soportes	0	0	0	0	16	16	16	16	3	3	100 %
M1	M. sobre monedas	16	16	0	0	16	16	16	16	4	4	100 %
	M. sobre paralelas	0	0	0	0	16	16	16	16	3	3	100 %
	M. en dispositivo	0	0	8	0	16	16	16	16	4	3	80 %
M2	M. en prensa	0	0	24	24	5	5	5	5	3	3	100 %
										4	4	%

	M. sobre la mesa	0	0	0	0	5	5	5	5	1	1	100
	M. sobre monedas	32	32	0	0	5	5	5	5	4	4	100
	M. sobre paralelas	0	0	0	0	5	5	5	5	1	1	100
	M. en dispositivo	0	0	24	0	5	5	5	5	3	1	29
	M. en prensa	0	0	34	34	12	12	12	12	5	5	100
	M. sobre la mesa	0	0	0	0	12	12	12	12	8	8	100
M3	M. sobre monedas	42	42	0	0	12	12	12	12	2	2	100
	M. sobre paralelas	0	0	0	0	12	12	12	12	4	4	100
	M. en dispositivo	0	0	34	0	12	12	12	12	6	6	100
	M. en prensa	0	0	42	42	20	20	20	20	6	6	100
	M. sobre la mesa	0	0	0	0	20	20	20	20	2	2	100
M5	M. sobre monedas	50	50	0	0	20	20	20	20	4	4	100
	M. sobre paralelas	0	0	0	0	20	20	20	20	0	0	100
	M. en dispositivo	0	0	42	0	20	20	20	20	8	4	49
	M. en prensa	0	0	18	18	11	11	11	11	2	2	100
	M. sobre la mesa	0	0	0	0	11	11	11	11	0	0	100
M6	M. sobre monedas	26	26	0	0	11	11	11	11	2	2	100
	M. sobre paralelas	0	0	0	0	11	11	11	11	8	8	100
	M. en dispositivo	0	0	18	0	11	11	11	11	2	2	100
	M. en prensa	0	0	18	18	11	11	11	11	4	2	55
	M. sobre la mesa	0	0	0	0	11	11	11	11	0	2	100

Nota: Autoría propia.

Para no sobrevalorar ni subestimar la mejora se realizó la ponderación por frecuencia de realización de los diferentes tipos de montaje de material, los resultados se registran en la tabla 24.

Tabla 25
Ponderación de la mejora por frecuencia de realización de los tipos de montaje.

Mq	Tipo de montaje	Frecuencia de realización	% Mejora	% Ponderado
M1	Montaje en prensa	36%	100%	36%
	M. sobre la mesa sin soportes	26%	100%	26%
	M. sobre monedas	14%	100%	14%
	M. sobre paralelas	17%	100%	17%
	M. en dispositivo	7%	80%	6%
	Total	100%		98,57%
M2	M. en prensa	36%	100%	36%
	M. sobre la mesa	26%	100%	26%
	M. sobre monedas	14%	100%	14%
	M. sobre paralelas	17%	100%	17%
	M. en dispositivo	7%	29%	2%
	Total	100%		94,96%
M3	M. en prensa	36%	100%	36%
	M. sobre la mesa	26%	100%	26%
	M. sobre monedas	14%	100%	14%
	M. sobre paralelas	17%	100%	17%
	M. en dispositivo	7%	41%	3%
	Total	100%		95,81%
M5	M. en prensa	36%	100%	36%
	M. sobre la mesa	26%	100%	26%
	M. sobre monedas	14%	100%	14%
	M. sobre paralelas	17%	100%	17%
	M. en dispositivo	7%	49%	3%
	Total	100%		96,34%
M6	M. en prensa	36%	100%	36%
	M. sobre la mesa	26%	100%	26%
	M. sobre monedas	14%	100%	14%
	M. sobre paralelas	17%	100%	17%
	M. en dispositivo	7%	55%	4%
	Total	100%		96,79%

Nota: Autoría propia.

Conociendo el porcentaje de disminución de los recorridos por máquina y con el objetivo de conocer el valor absoluto de la mejora en los desplazamientos para la realización de los montajes de material, es necesario conocer el porcentaje de uso de las diferentes máquinas

del taller, el grupo de investigación determinó con base en los datos históricos este comportamiento como se observa en la figura 38.

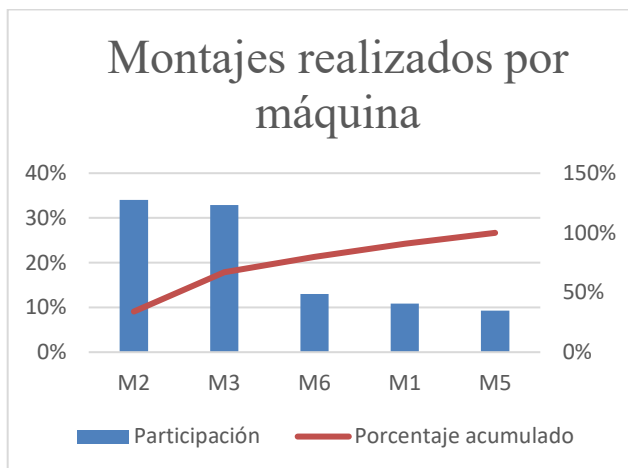


Figura 39. Montajes por máquina. Autoría propia con aportes de Ajoever.

Tabla 26

Ponderación de la mejora por frecuencia de uso de las máquinas.

Máquina	Frecuencia de uso	% Mejora	% Ponderado
M1	11,00%	98,57%	10,84%
M2	34,00%	94,96%	32,29%
M3	33,00%	95,81%	31,62%
M5	9,00%	96,34%	8,67%
M6	13,00%	96,79%	12,58%
Total	100,00%		96,00%

Nota: Autoría propia.

Los resultados arrojan una disminución en promedio ponderado del 96% en la distancia que deben recorrer los trabajadores desde las máquinas a los lugares actuales de almacenamiento.

8.1.2. Disminución del tiempo en transporte de herramientas para la realización de los montajes de material.

El tiempo de transporte de herramientas está directamente relacionado a los desplazamientos. Con los resultados descritos la sección anterior y para facilitar la comprensión de esta mejora, el grupo de investigación ha propuesto la simulación de un montaje de material sobre monedas (Frecuencia 14%), en la M3. Donde en la distribución previa a la intervención debería recorrer una distancia definida por:

$$DT = DAH + DAHM + DAM \quad (1)$$

$$DT = 12 + 12 + 42$$

$$DT = 66$$

Donde:

- DT= Distancia total en metros.
- DAH= Distancia al almacén de herramientas.
- DAHM= Distancia al almacén de herramientas de mano.
- DAM= Distancia al almacén de monedas.

Nota: Para la realización de este cálculo se supone que el trabajador recorre la distancia de la M3 al lugar de almacenamiento X y regresa a M3 para desplazarse de nuevo a las otras zonas.

Suponiendo que un trabajador camine en promedio un metro por segundo, la disminución en tiempo del desplazamiento para el caso estudiado sería de 1.1 minutos.

Según los datos registrados en las bitácoras la duración promedio del montaje del material sobre monedas es de 25 minutos, la disminución en los tiempos de desplazamiento representaría una reducción del 4.4% sobre este tiempo.

En la tabla 26 observamos los datos correspondientes a la disminución de tiempo de transporte para todas las máquinas en los diferentes tipos de montaje.

Tabla 27
Resultados de la mejora en tiempo.

Mq	Tipo de montaje	Frecuencia de realización	Duración promedio (min)	reducción (min)	% Mejora	% Ponderado
M1	Montaje en prensa	36%	18	0,67	4%	1,32%
	M. sobre la mesa sin soportes	26%	20	0,53	3%	0,70%
	M. sobre monedas	14%	25	0,80	3%	0,46%
	M. sobre paralelas	17%	25	0,53	2%	0,36%
	M. en dispositivo	7%	30	0,53	2%	0,13%
	Total	100%				2,96%
M2	M. en prensa	36%	18	0,57	3%	1,12%
	M. sobre la mesa	26%	20	0,17	1%	0,22%
	M. sobre monedas	14%	25	0,70	3%	0,40%
	M. sobre paralelas	17%	25	0,17	1%	0,11%
	M. en dispositivo	7%	30	0,17	1%	0,04%
	Total	100%				1,89%
M3	M. en prensa	36%	18	0,97	5%	1,92%
	M. sobre la mesa	26%	20	0,40	2%	0,52%
	M. sobre monedas	14%	25	1,10	4%	0,63%
	M. sobre paralelas	17%	25	0,40	2%	0,27%
	M. en dispositivo	7%	30	0,40	1%	0,10%
	Total	100%				3,43%
M5	M. en prensa	36%	18	1,37	8%	2,71%
	M. sobre la mesa	26%	20	0,67	3%	0,87%
	M. sobre monedas	14%	25	1,50	6%	0,86%
	M. sobre paralelas	17%	25	0,67	3%	0,44%
	M. en dispositivo	7%	30	0,67	2%	0,16%
	Total	100%				5,04%
M6	M. en prensa	36%	18	0,67	4%	1,32%
	M. sobre la mesa	26%	20	0,37	2%	0,48%
	M. sobre monedas	14%	25	0,80	3%	0,46%
	M. sobre paralelas	17%	25	0,37	1%	0,24%
	M. en dispositivo	7%	30	0,37	1%	0,09%
	Total	100%				2,59%

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever

Con lo anterior podemos establecer que la reducción promedio ponderada de las máquinas por tipo de montaje es de 3.18% sobre los tiempos de duración del montaje del material.

8.2. Disminución en los tiempos de búsqueda de herramienta

Uno de los objetivos más importantes de la implementación de la metodología 5S es la disminución de los tiempos que tardan los trabajadores en la búsqueda de las herramientas.

Según los registros realizados por los operadores esta actividad tiene una duración que va desde los 20 min hasta 60 min, el objetivo es disminuir a cero los casos en que se producen estas demoras, además, se espera reducir la duración de toda la actividad de alistamiento de herramientas, ya que en los registros solamente están reportados aquellos casos graves, en que los trabajadores tuvieron dificultades extremas para encontrar lo que necesitaban.

Para la medición de esta actividad fue necesario realizar la simulación en campo de la búsqueda de una herramienta X que se mezcló junto 50 unidades de herramientas de la misma familia, pero con diferentes medidas. Se le pidió a uno de los operadores que ubicara la herramienta propuesta, lograr identificarla le tomo 2.6 minutos.

Luego de realizar esta prueba se ubicó la misma herramienta en el lugar asignado por el equipo de investigación y se le pidió a el mismo operador que ubicara esta vez otra herramienta de diferente medida, lograr identificar la herramienta al trabajador le tomó 0.083 minutos.

El mismo ejercicio se realizó para otros 5 operadores los resultados se poden observar en la tabla 27.

Tabla 28
Resultados de la simulación de búsqueda

Operador	T. búsqueda I	T. búsqueda II	% de Mejora
1	2,583	0,083	97%
2	1,617	0,067	96%
3	3,000	0,083	97%
4	2,933	0,067	98%
5	3,250	0,083	97%
6	3,150	0,083	97%

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Los resultados arrojan mejoras hasta del 97%, pasando de un tiempo promedio de 2.756 minutos para ubicar una herramienta en las condiciones previas a la intervención, a un promedio de 0.078 minutos en las condiciones esperadas luego de la intervención. Además, en la figura 39 se puede observar como la variación entre búsquedas también se disminuye.

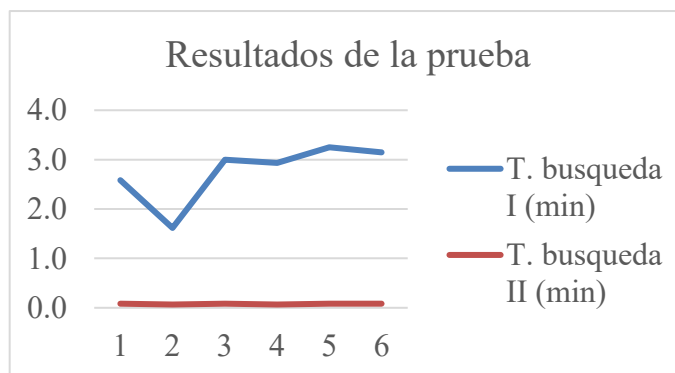


Figura 40. Resultados de la prueba. Autoría propia.

Si suponemos un montaje donde se soliciten 7 H.C (frecuencia 1 a 7 H.C 63.81%) el trabajador debería tardar un tiempo definido por:

$$\begin{aligned}
 TTU &= TPU * N \\
 TTU &= 2.756 * 7 \\
 TTU &= 19.28
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Donde:

- TTU= Tiempo total de ubicación en minutos.
- TPU= Tiempo promedio de ubicación.
- N= Número de herramientas solicitado

En las condiciones logradas con la implementación de la metodología el tiempo de búsqueda de herramientas sería reducido a 0.54 minutos, lo que representa una mejora del 3568%.

8.3. Disminución de los tiempos de montaje y censado de herramientas

La disposición de herramientas fijas o normalmente montadas en las máquinas apunta a disminuir el número de herramientas que deban ser montadas en los magazines de las máquinas en cada proceso de montaje. La propuesta establece que las herramientas tipo A, B y C se encuentren en el estado de normalmente montadas, estas tienen una participación del 73.3%, 39.0% y 37.6% de los montajes respectivamente. Gracias a las observaciones realizadas por el grupo investigador se ha identificado que el proceso de montaje y censado de herramientas tiene una duración promedio de 8 minutos, esto sería equivalente al ahorro de tiempo por herramienta, en los montajes en los que se usen cada una de las H.C propuestas para estar normalmente en los magazines de las máquinas.

Bajo las condiciones previas a la intervención la duración del proceso de montaje y censado de herramientas estaría definido por:

$$\begin{aligned}
 TTMC &= TPMC * N \\
 TTMC &= 8 * 7 \\
 TTMC &= 56
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Donde:

- TTMC= Tiempo total de montaje y censado de herramientas en segundos.
- TPU= Tiempo promedio de montaje y censado de herramientas.

- N= Número de herramientas solicitado.

Si suponemos que se tiene una solicitud de montaje de 7 herramientas donde se encuentren las herramientas sugeridas para estar normalmente montadas, el tiempo de duración de este proceso pasaría de durar 56 minutos a 32 minutos, lo que representa un ahorro de tiempo del 175%.

8.4. Disminución en el tiempo total del montaje

En este apartado se busca establecer la disminución total en tiempo que se producirá con la implementación de la metodología 5S. Suponiendo que se debe realizar un montaje sobre monedas, donde se pide al operador el montaje de 7 H.C en las que se incluye las herramientas A, B y C, este montaje deberá realizarse en la M3, el tiempo de duración de este montaje estará dado por:

$$TTM = TTMC + TTU + TT + TPMM \quad (4)$$

Donde:

- TTM= Tiempo total de montaje en minutos.
- TTMC= Tiempo total de montaje y censado de herramientas.
- TTU= Tiempo total de ubicación.
- TT= Tiempo total de transporte.
- TPMM= Tiempo promedio de montaje del material.

Basados en los ejemplos realizados previamente, y establecidos bajo las condiciones previas a la implementación obtenemos que:

$$TTM = 56 + 19.4 + 1.1 + 23.9$$

$$TTM = 100.4 \quad (5)$$

Basados en los efectos teóricos de la implementación obtendríamos que los tiempos montaje estarán dado por:

$$TTM = 32 + 0.54 + 0 + 23.9$$

$$TTM = 56.44 \quad (6)$$

Con lo establecido podemos afirmar que realizar la implementación de la metodología de 5S en el taller Dumar llevaría a una reducción de los tiempos de montaje equivalente al 56.21% de la duración actual de este tipo específico de montajes de montajes.

8.5. Disminución del uso del espacio en m^2

Con la eliminación y reducción de todos los elementos encontrados en las diferentes áreas de la zona de mecanizados del taller, se logrará la recuperación de $34.5 m^2$, la zona intervenida tiene un área total de $299 M^2$, la recuperación representa un 11.53% del área total.

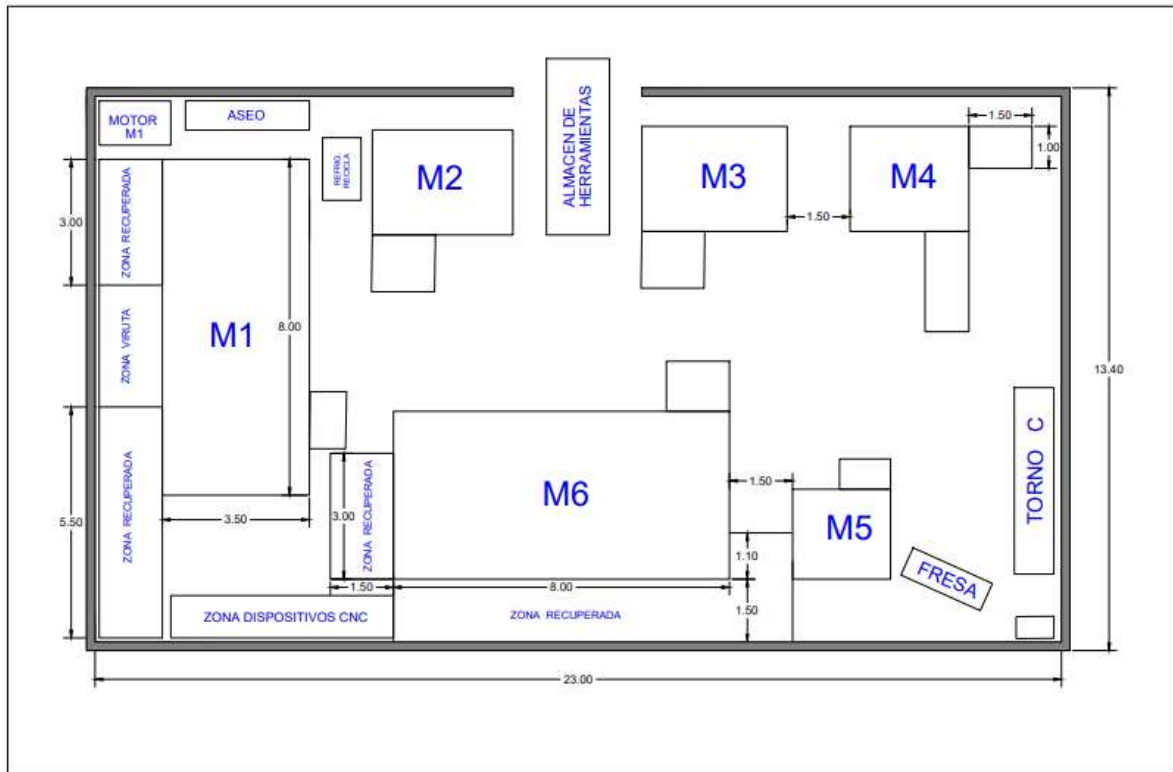


Figura 41. Diagrama de áreas recuperadas. Autoría propia con aportes de Ajoever.
Nota: Elaborado en AutoCAD.

Estos resultados son el producto de la aplicación de las S's de ordenar y clasificar, el resultado de este proceso se representa en un total de 270 kg de aluminio para dar disposición final en la forma de chatarra, estos 270 kg son el resultado de la evacuación de los trabajos que habían sido retenidos como no conformes, sumados al exceso de inventario de monedas que alcanzaban la suma de 350 unidades, de las cuales se separaron 35 unidades para ser usadas como soportes.

Durante la clasificación se rescataron 150 kg de aluminio que se encontraba en el área en forma de material sobrante, pero que, debido a su estado en cuanto a la forma física, no se tenía en cuenta para ser usado como materia prima, para lo cual se definió una tarea de

mecanizado con el objetivo de convertir este material en bloques rectangulares que pueden ser aprovechados para la fabricación de otras piezas en el futuro. Este material fue devuelto al almacén de materias primas (un área diferente al taller), bajo la modalidad de ajuste de inventario.



Figura 42. Retazos de material para recuperar. Autoría propia.

La sostenibilidad de estos resultados se garantizará con la puesta en marcha de las políticas de manejo de producto no conforme, y la política de entrega de turno, en las que se establecen las pautas y los procedimientos a realizar con el objetivo de garantizar el flujo de este material y evitar que se acumule en las diferentes zonas del taller.

9. Análisis financiero del proyecto

9.1. Cuantificación de los costos

El grupo investigador ha determinado los costos en que incurrirá la empresa para la implementación total del proyecto 5s en el área de mecanizado.

Tabla 29

Costos de la intervención

	UND	CANT	Descripción	Comentarios	Valor unitario	Iva 19%	Valor total
Materia Prima	UND	30	Rodamientos 626-2z/ Ref.: 626 2z	Fabricación de puestos de trabajo	\$ 7.900	\$ 1.501	\$ 282.030
	Metros	10	Angulo 1" * 1/8 Long 6m, HR o Acero 1020	Fabricación de los carros móviles de trabajo	\$ 20.000	\$ 3.800	\$ 238.000
	Galón	1	Pintura de aceite azul rey	Protección de los nuevos puestos	\$ 35.730	\$ 6.789	\$ 42.519
	UND	4	Lamina 20 cm x 117cm calibre 16	Fabricación de puesto de trabajo M5	\$ 27.000	\$ 5.130	\$ 128.520
	UND	2	Lamina 81 cm x 87cm calibre 16	Fabricación de puesto de trabajo M5	\$ 45.000	\$ 8.550	\$ 107.100
	M2	7	Tripán Liviano 25mm espesor	Fabricación de puesto de trabajo M5	\$ 29.900	\$ 5.681	\$ 249.067
	UND	1	Lamina 28 cm x 117cm calibre 16	Fabricación de puesto de trabajo M5	\$ 30.000	\$ 5.700	\$ 35.700
Mano de obra	Horas	180	Grupo de investigación	Desarrollo de la propuesta	\$ 4.167	\$ 0	\$ 892.499
	Horas	240	Ornamentador	Fabricación de los puestos de trabajo	\$ 6.667	\$ 0	\$ 1.600.000
	Horas	96	Operador CNC	Mecanizado de madera	\$ 6.667	\$ 0	\$ 640.000
	Horas	96	Auxiliar de planta	Inventarios, limpieza	\$ 5.000	\$ 0	\$ 480.000
H. Máquina y equipos	Horas	24	Mecanizado CNC	Mecanizado de madera	\$ 30.000	\$ 5.700	\$ 856.800
Valor total intervención							\$ 5.552.234

Nota: El grupo investigador no cuenta con el valor real de los salarios del personal, por lo tanto, ha estimado con base en datos del mercado un valor teórico de \$6.667/hora

Para garantizar la conservación de la metodología la empresa deberá invertir tiempo de sus trabajadores en las labores del mantenimiento de los puestos de trabajo, debido a que el ambiente de trabajo puede denominarse como sucio, a causa de a la alta generación de elementos provenientes del arranque de viruta, los cuales generan altos niveles de polvo y partículas, es muy importante que se realicen mantenimientos con una frecuencia de al menos una vez a la semana.

Además, el auditor del taller deberá invertir tiempo en la realización de las auditorias, las cuales deberán tener una frecuencia mayor en el primer año como se expuso en el capítulo de la implementación.

En la tabla 30 se observan los costos relacionados con las auditorias y el mantenimiento de las zonas intervenidas en el programa 5s para los próximos cinco años, para un mejor análisis se espera que el valor de la mano de obra se incrementará un 5% en cada año.

Tabla 30
Costos de mantenimiento

Año	Ítem	Horas	Valor hora	Costo anual	Total
2020	Mantenimiento	96	\$ 6.667	\$ 640.032,000	\$ 2.140.032,000
	Auditoria	144	\$ 10.417	\$ 1.500.000,000	
2021	Mantenimiento	96	\$ 7.000	\$ 672.033,600	\$ 1.722.033,600
	Auditoria	96	\$ 10.938	\$ 1.050.000,000	
2022	Mantenimiento	96	\$ 7.350	\$ 705.635,280	\$ 1.256.885,280
	Auditoria	48	\$ 11.484	\$ 551.250,000	
2023	Mantenimiento	96	\$ 7.718	\$ 740.917,044	\$ 1.030.323,294
	Auditoria	24	\$ 12.059	\$ 289.406,250	
2024	Mantenimiento	96	\$ 8.104	\$ 777.962,896	\$ 1.081.839,459
	Auditoria	24	\$ 12.662	\$ 303.876,563	

Nota: Autoría propia.

El objetivo de este capítulo es el de determinar en cuanto tiempo la empresa recuperará el monto de esta intervención. Para esto el grupo investigador basado en los resultados descritos en el capítulo anterior, ha determinado el valor en pesos correspondiente al ahorro en tiempo y en espacio producidos por la implementación de la metodología 5s en el taller Dumar.

Para esto se calculará el monto teórico correspondiente al ahorro en tiempo de mano de obra del primer año, basados en el pronóstico de montajes para los próximos 5 años.

9.1.1. Pronóstico de la demanda de montajes.

En la tabla 30 se encuentra el número de montajes realizados en el taller de los últimos cuatro años.

Tabla 31
Cantidad conocida de montajes por año.

Año	# de montajes
2015	1359
2016	1636
2017	1843
2018	1902

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

En la figura se observa el comportamiento y la tendencia que han tenido el número de montajes en estos periodos.

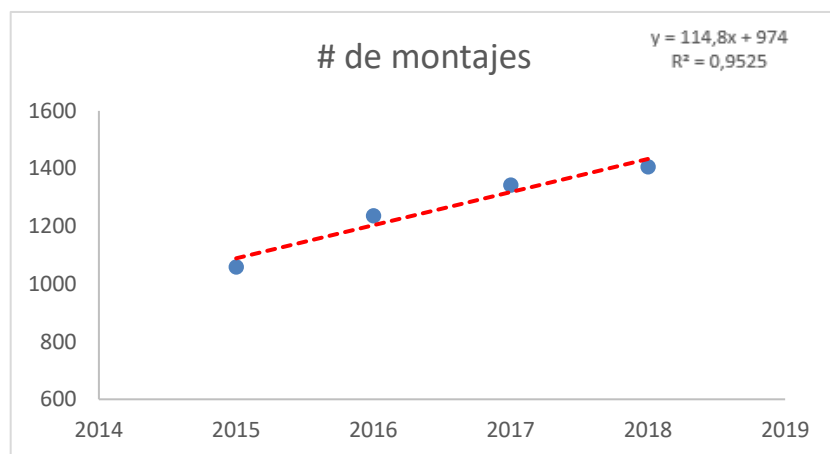


Figura 43 Comportamiento de los montajes en los últimos cuatro años.

Para el pronóstico de los años siguientes se utilizará el método de regresión lineal.

Tabla 32
Pronóstico de la demanda para los próximos 5 años.

Año	# de montajes
2019	1548
2020	1663
2021	1778
2022	1892
2023	2007
2024	2122

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

Para calcular el valor en pesos de la mejora se realizará la evaluación por cada uno de los factores analizados en el capítulo anterior, ahorro en tiempos de desplazamiento, tiempos de búsqueda de herramientas y tiempos de montaje y censado de herramientas.

9.2. Cuantificación de los beneficios

9.2.1. Cálculo del ahorro por búsqueda de herramientas en horas.

Tabla 33

Horas de ahorro por búsqueda de herramientas.

# Htas	% Frecuencia	Número montajes	Tiempo de búsqueda Antes	T. de búsqueda Después	Tiempo tomado sin 5s	Tiempo tomado con 5s	Ahorro en horas
1	5,24%	87	0,046	0,001	5,60	0,156	3,89
2	14,76%	245	0,09	0,003	31,60	0,879	21,9
3	10,48%	174	0,14	0,004	33,62	0,935	23,3
4	10,00%	166	0,18	0,005	42,81	1,191	29,7
5	7,62%	127	0,23	0,006	40,65	1,131	28,4
6	9,05%	150	0,28	0,008	58,15	1,618	40,2
7	6,67%	111	0,32	0,009	49,84	1,386	34,7
8	6,67%	111	0,37	0,010	56,96	1,584	39,7
9	6,67%	111	0,41	0,012	64,08	1,783	44,6
10	6,19%	103	0,46	0,013	66,14	1,840	46,0
11	2,86%	48	0,51	0,014	33,85	0,942	23,6
12	2,86%	48	0,55	0,015	36,93	1,027	25,7
13	2,86%	48	0,60	0,017	40,01	1,113	27,9
14	1,43%	24	0,64	0,018	21,22	0,590	15,0
15	0,95%	16	0,69	0,019	15,16	0,422	10,7
16	2,38%	40	0,73	0,020	40,42	1,124	28,6
17	0%	0	0,78	0,022	0,00	0,000	0,0
18	1,90%	32	0,83	0,023	36,38	1,012	25,7
19	0%	0	0,87	0,024	0,00	0,000	0,0
20	0,95%	16	0,92	0,026	20,21	0,562	14,3
21	0,48%	8	0,96	0,027	10,61	0,295	7,5
						Total,	491,21
						horas	1

Nota: Autoría propia.

Los resultados luego de evaluar el comportamiento de los montajes en el primer año de implementación, teniendo en cuenta el número de herramientas y la frecuencia en la que son utilizadas en esas cantidades indican que se ahorrarían un total de 491.211 horas por el factor de búsqueda de herramientas.

9.2.2. Cálculo del ahorro por desplazamientos en horas.

Para estimar el ahorro de tiempo por desplazamientos, el grupo investigador usó la frecuencia de montajes por máquina para determinar la cantidad que se realizaría por máquina.

Tabla 34
Número de montajes por máquina

Máquina	%Participación	Montajes/ máquina
M2	34%	566
M3	33%	547
M6	13%	216
M1	11%	180
M5	9%	154
Total, de montajes		1663

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoever.

Luego de establecer la participación que tendrían las máquinas para el total de montajes promedio del año, se realizó la ponderación por frecuencia del tipo de montaje para poder establecer el ahorro teórico de los desplazamientos.

Tabla 35
Ahorro de tiempo por desplazamientos mensual

Mq	Tipo de montaje	Frecuencia de realización	# Montajes	Duración promedio Horas	% Mejora	Ahorro en horas
M1	Montaje en prensa	36%	64	0,30	3,70%	0,71
	M. sobre la mesa sin soportes	26%	47	0,33	2,67%	0,42
	M. sobre monedas	14%	26	0,42	3,20%	0,35
	M. sobre paralelas	17%	30	0,42	2,13%	0,27
	M. en dispositivo	7%	13	0,50	1,78%	0,12
M2	M. en prensa	36%	202	0,30	3,15%	1,91
	M. sobre la mesa	26%	148	0,33	0,83%	0,41
	M. sobre monedas	14%	81	0,42	2,80%	0,95
	M. sobre paralelas	17%	94	0,42	0,67%	0,26
	M. en dispositivo	7%	40	0,50	0,56%	0,11
M3	M. en prensa	36%	195	0,30	5,37%	3,14
	M. sobre la mesa	26%	143	0,33	2,00%	0,95
	M. sobre monedas	14%	78	0,42	4,40%	1,43
	M. sobre paralelas	17%	91	0,42	1,60%	0,61
	M. en dispositivo	7%	39	0,50	1,33%	0,26
M5	M. en prensa	36%	55	0,30	7,59%	1,25
	M. sobre la mesa	26%	40	0,33	3,33%	0,44
	M. sobre monedas	14%	22	0,42	6,00%	0,55
	M. sobre paralelas	17%	26	0,42	2,67%	0,29
	M. en dispositivo	7%	11	0,50	2,22%	0,12
M6	M. en prensa	36%	77	0,30	3,70%	0,86

M. sobre la mesa	26%	57	0,33	1,83%	0,35
M. sobre monedas	14%	31	0,42	3,20%	0,41
M. sobre paralelas	17%	36	0,42	1,47%	0,22
M. en dispositivo	7%	15	0,50	1,22%	0,09
		1661		Total	16,47

Nota: Autoría propia con aportes de Ajoover.

Los datos indican que en la realización de los montajes pronosticados para el primer año el ahorro en tiempo por desplazamientos alcanzaría una 16.47 horas.

9.2.3. Cálculo del ahorro por montaje y censado de herramientas.

Para determinar el ahorro en horas de montaje y censado de herramientas se determinó el número de veces que serían utilizadas las herramientas que el grupo investigador sugirió para estar normalmente montadas en los magacines, y cuanto tiempo se ahorrarían los operarios en montar y censar estas herramientas.

Tabla 36

Ahorro en horas por montaje y censado de herramientas

Herramienta	Frecuencia	# Montajes	# Montajes en uso	Ahorro en horas
Hta tipo A	73,3%	1663	1219	162,53
Hta tipo B	39,0%	1663	650	86,67
Hta tipo C	37,6%	1663	626	83,47
			Total, horas	332,67

Nota: Autoría propia.

9.3. Beneficios pronosticados

9.3.1. Pronóstico del ahorro cuantificado en pesos.

Según lo pronosticado el primer año se realizarán aproximadamente 1663 montajes, gracias a la implementación de la metodología 5s se tendría una reducción en los costos de producción de \$6.402.657 pesos, como resultado del ahorro en tiempos en los factores que componen los montajes.

Tabla 37

Pronostico del ahorro en el primer año

Factor	Cantidad Horas	Valor unitario	Ahorro total
Ahorro por búsqueda de herramientas (General)	491,211	\$ 6.667	\$ 3.274.904
Ahorro por desplazamientos	16,47	\$ 6.667	\$ 109.824

Ahorro por montaje y censado	332,67	\$	6.667	\$	2.217.889
Ahorro adicional en búsquedas (- retrasos)	120,00	\$	6.667	\$	800.040
Ahorro total	491,211	\$	6.667	\$	6.402.657

Nota. El valor unitario corresponde al valor teórico de la hora de un operador establecida por el grupo de investigación.

En la tabla 36 se consolidan los ahorros en tiempo relacionados al proceso en condiciones normales de montaje, pero, además se tuvieron en cuenta los tiempos de retraso que generaron en un comienzo el desarrollo de esta investigación, los cuales que arrojaban una cantidad de 70 horas de relacionadas a los problemas con los montajes (*Ver tabla 1*) para esto se pronosticó la cantidad de horas de retraso que podrían existir en un periodo de un año (120).

El mismo proceso se realizó para la evaluación económica de los periodos pronosticados correspondientes a los años 2021, 2022, 2023 y 2024, los resultados se muestran en la tabla 36.

Tabla 38
Ahorro pronosticado

Año	Montajes pronosticados	Ahorro	Costos de mantenimiento	Flujo total
2020	1663	\$ 6.402.657	\$ 2.140.032	\$ 4.262.625
2021	1777,6	\$ 6.776.566	\$ 1.722.034	\$ 5.054.533
2022	1892,4	\$ 7.157.237	\$ 1.256.885	\$ 5.900.351
2023	2007,2	\$ 7.548.774	\$ 1.030.323	\$ 6.518.450
2024	2122	\$ 7.929.419	\$ 1.081.839	\$ 6.847.580

Nota: Autoría propia.

9.4.Cálculo de la TIR y VAV del proyecto

Conociendo el flujo de los siguientes 5 años podemos realizar el cálculo de la tasa interna de retorno, la cual arroja un resultado de 5.85% efectivo mensual, equivalente al 98.14% EA

Tabla 39
Cálculo de la TIR

N	Flujo
0	-\$ 5.552.234
1	\$ 4.262.625
2	\$ 5.054.533

3	\$ 5.900.351
4	\$ 6.518.450
5	\$ 6.847.580
TIR	85,52%

Nota: Autoría propia

De igual manera se realizó el cálculo del valor presente neto, para lo cual se estableció una tasa de oportunidad (TIO) del 17% EA.

Tabla 40
Cálculo de la VAN

n	Flujo	TIO
0	-\$ 5.552.234	17%
1	\$ 4.262.625	
2	\$ 5.054.533	
3	\$ 5.900.351	
4	\$ 6.518.450	
5	\$ 6.847.580	
VAN	\$ 12.069.275	

Nota: Autoría propia

Los resultados arrojados tras el cálculo de la VNA y la TIR son muy positivos lo que le da gran viabilidad al proyecto.

9.5.Relación costo beneficio

Hasta el momento el grupo investigador ha logrado cuantificar los costos y los beneficios del proyecto teniendo en cuenta solamente el factor monetario, teniendo en cuenta que solamente se están cuantificando los beneficios en ahorro de tiempo por el valor de la hora de la mano de obra. Sin embargo, existen otro tipo de beneficios tangibles y no tangibles que también están relacionados como consecuencia de la implementación.

Entre estos factores se encuentra el ahorro de espacio, el cual brinda beneficios del orden logístico, facilitando los desplazamientos de materiales y personas por las zonas recuperadas, además representa una mejora en la productividad. Si en las condiciones anteriores a la intervención para producir un molde se necesitaban 299 M^2 , luego de la intervención se necesitarán 265 M^2 lo que representa un incremento en la productividad del 12.83%.

La disminución en la distancia que deben caminar los trabajadores también trae beneficios en cuanto al desgaste físico de las personas, sobre todo, si se tiene en cuenta que estas trabajan por turnos hasta de doce horas con jornadas nocturnas.

La disminución de los tiempos de montaje, además de la eliminación de los retrasos relacionados a este proceso podrán acercar a el taller a cumplir su objetivo de garantizar las entregas a las plantas de producción (clientes) lo que le generará un fortalecimiento de su good will.

El ambiente de trabajo también se verá favorecido, ya que para las personas es mucho más agradable permanecer en ambientes limpios y ordenados, esto se hace más importante cuando la permanencia en el lugar de trabajo ocupa una gran parte del tiempo de vida de los trabajadores.

Según el gerente del área de investigación y desarrollo de Ajovert el taller de mecanizados ha tenido bajas cifras de accidentalidad, sin embargo, la implementación de 5s genera áreas de trabajo más seguras debido a la eliminación de desperdicios y obstaculización de los espacios utilizados por las personas, disminuyendo la probabilidad de accidentes relacionados a estos factores.

Por lo anterior no queda más que afirmar que desde todos los aspectos posibles es muy recomendable que la empresa desarrolle esta propuesta y que además la extrapole a las diferentes áreas del taller como los son la oficina de programación, la zona de ajuste y por qué no a los demás departamentos de la compañía.

10. Conclusiones

Los modelos de mejoramiento enfocados a industrias de tipo intermitente deben estar enfocados a la flexibilidad, debido a la gran cantidad de cambios que se producen en la fabricación de los productos.

Dada la relación existente en la bitácoras proporcionadas por AJOVER SAS, se identificó que el taller de metalmecánica Dumar presentaba altos niveles de variación entre el tiempo planeado y el tiempo ejecutado en el proceso de fabricación de los moldes, razón por la cual se dio inicio a la investigación de los factores que estaban generando esta problemática, teniendo como principal recurso de análisis los datos que eran proporcionado por los trabajadores, en este estudio se logró identificar que el 41% de estas variaciones eran ocasionadas por demoras en los montajes.

Mediante la estratificación de causas y observaciones realizadas por el grupo investigador se obtuvo que la búsqueda de herramientas, falta de estandarización en los montajes para operaciones de taladrado, falta de información en los planos, mala ubicación de las herramientas, eran los principales factores que generaban que los tiempos de montajes no fueran los planeados.

Con la implementación de la metodología 5S en el taller Dumar, se reducirían los tiempos montaje en un 56,21% con respecto a la situación inicial.

De acuerdo con la pregunta de investigación planteada en el apartado de la formulación del problema acerca de que si se lograría disminuir los tiempos de montaje de herramientas mediante la aplicación de la metodología 5s resulta ser completamente afirmativa, teniendo como resultado el mejoramiento de su good will, eliminación de reprocesos, reducción de costos y aumento de la capacidad.

La implementación de metodologías 5s obtiene resultados financieros muy satisfactorios debido a que la inversión económica es relativamente baja y los beneficios en la optimización de los procesos genera ahorro por el concepto de mano de obra, para la industria metalmecánica es un factor muy importante debido a que el personal que opera las maquinas CNC es personal técnico cuyo valor en el mercado es relativamente alto, esto contribuye a la disminución de los costos de producción lo que genera un incremento en la competitividad de este tipo de industrias.

Este tipo de metodologías tienen una gran importancia en países como Colombia en el cual el mayor porcentaje de las empresas son Pymes o MiPymes según (Sánchez C., Osorio G, & Baena M, 2007) el 99% de las industrias en Colombia son de este tipo, la baja inversión económica y los buenos resultados en la mejora de la productividad en factores como la mano de obra y el espacio utilizado les otorgan a las pequeñas empresas mayores índices de competitividad a costos de inversión bajos.

Las inversiones económicas en este tipo de metodologías otorgan tasas de retorno de la inversión hasta del 85% en un horizonte de tiempo de 5 años, esto quiere decir que la inversión inicial podría ser cubierta en un tiempo mucho menor al horizonte planteado en esta investigación.

El ahorro en tiempo está directamente relacionado a la cantidad de producción que tenga la empresa, mayor cantidad de trabajos en proceso equivale a mayor cantidad de montajes, y en consecuencia mayores beneficios.

11. Recomendaciones

La metodología 5s propuesta en esta investigación arroja resultados que encaminan al taller de mecanizados de Ajoever hacia la consecución y cumplimiento de sus objetivos como organización, pero aún quedan problemáticas que deben ser solucionadas, el grupo de investigación durante el desarrollo de este trabajo ha encontrado una serie de problemas relacionados con el sistema de producción que ameritan ser tenidos en cuenta para próximos trabajos de investigación.

La principal recomendación que sugiere el grupo investigador es la expandir la implementación del programa 5s por las diferentes áreas del taller de mecanizado, este trabajo fue realizado bajo la premisa que sugiere que implementación debe iniciarse en las áreas relacionadas con la producción, debido a que es allí donde se presenta la mayor cantidad de flujo de elementos como materias primas y personas, razón por la cual la siguiente área a intervenir debería ser la de ajuste y ensamble, seguido de las áreas de programación y oficina.

Se identificó que durante el desarrollo de los montajes para la realización de taladrados los trabajadores sufren de algunas dificultades a la hora de fijar las piezas a la maquina debido a la posición de los taladros en sus caras laterales, esto debido a las dimensiones de los materiales que alcanzan hasta 1.5 metros de longitud y pesos que sobrepasan los 200 kilogramos.

Se observó que no existe un procedimiento estandarizado para la realización de esta actividad, razón por la cual los trabajadores usan técnicas diferentes, unas mejores que otras. Lograr definir un solo procedimiento estandarizado para este proceso lograría disminuir la variación y posiblemente la duración de este tipo de montajes, por lo cual se recomienda investigar como desde la implementación de técnicas como el SMED se podría generar una mejora en este proceso.

Otro de los factores que se logró identificar es como en los procesos de mecanizado también generaban variaciones de tiempo, esta vez menores a lo programado desde la planeación, estas variaciones no interfieren de manera negativa con las entregas a las plantas de producción, pero si generan problemas en cuanto la utilización de los equipos, los cuales podrían dejar de utilizarse por creer que van a estar ocupados, desperdiciando capacidad de producción, el grupo de investigación recomienda a el taller de mecanizados que investigue más a fondo esta problemática.

12. Referencias

- Bances Paz, R. G. (2017). *Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller de metalmecánica* Wensay Aceros S.A. . (Tesis para título de ingeniero industrial). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Barajas Ortiz, J., & Carrillo Castillo, M. (s.f.). *rediseño del sistema de producción y operaciones para el área*. (Tesis para el título de especialización en gerencia de operaciones y producción). Universidad Sergio Arboleda, Bogotá.
- Beltán Rodríguez, C. E., & Soto Bernal, A. D. (2017). *aplicación de herramientas lean manufacturing en los procesos de recepción y*. (Tesis de grado de Ingeniería Industrial). Universidad de la Salle, Bogotá.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2016). *balance de la economía de la región*. bogota: dirección de gestión de conocimiento.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2018). *Tablero de indicadores de Bogotá y Cundinamarca*. Bogotá.
- Directindustry. (16 de 10 de 2019). *directindustry.es*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/portaherramienta-mecanizado-224341.html>
- Fucci, T. A. (2016). *Haciendo más eficientes los procesos productivos*. *Revista del Departamento de*, 3(3), 74-107.
- gonzales, o. (19 de 09 de 2005). *Logística sin fronteras*. *tiempo*, págs. <https://www.dinero.com/edicion-impres/ especial-comercial/articulo/logistica-fronteras/29225>.
- Gutiérrez Márquez, D. (2013). *Mejora de los tiempos de fabricación de moldes utilizando herramientas de lean manufacturing para cumplir con la promesa de entrega al área de producción de la compañía pcp plásticos*. (trabajo de grado para el título de ingeniera industrial). pontificia universidad javeriana, bogotá.
- hernández matías, j. c., & vizán idopei, a. (2013). *lean manufacturing. concepto, técnicas e implementación*. madrid: eoi escuela de organización industrial.
- Hernandez, J. y. (2013). *Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación eoi.
- López Pineda1, L. F. (Julio de 2010). *transformación productiva de la*. *Cuadernos de Economía*, 29(53), 239-286.
- Mendes de Paula, G. (2012). *Cadena metalmecánica en América Latina: importancia económica, oportunidades y amenazas*. Santiago : Asociación Latinoamericana del Acero.
- metalmecanica.com. (16 de 10 de 2019). *metalmecanica.com*. Obtenido de <http://www.metalmecanica.com/temas/Prensa-de-precision-CNC-doble-HDL-II-6,8+99391>

- Morales Varela, A., Rojas Ramirez, J. A., Hernandez Gomez, L. H., & Jimenez Reyes, M. Y. (2014). Modelo de un sistema de producción esbelto con redes de Petri. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 23(Nº 2, 2015), pp. 182-195.
- Pérez Ravel, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodriguez, M., . . . Parra, C. (7 de diciembre de 2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 19(Nº 3), 396-408.
- pinzuar. (16 de 10 de 2019). *pinzuar.com*. Obtenido de <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/productos/laboratorios-generales/comparador-caratula-analogo/>
- Portafolio. (01 de Febrero de 2018). *Compañía General de Aceros S.A entra en reorganización empresarial*. Recuperado el 17 de 04 de 2018, de Portafolio: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/compania-general-de-aceros-s-a-entra-en-reorganizacion-empresarial-513819>
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Diaz de Santos.
- Sampieri Hernández, R. (2014). Metodología de la invetigacion . En R. Sampieri Hernández, *Metodologia de la invetigacion* . México : McGRAW-hill / interamericana editores, s.a. de c.v.
- Sánchez C., J. J., Osorio G, J., & Baena M, E. (2007). Algunas aproximaciones al problema de financiamiento de las pymes en Colombia. *Scientia et Technica* Año XIII, 34, 1.
- tn-tools. (16 de 10 de 2019). *tn-tools.com*. Obtenido de <https://www.tn-tools.com/sujeccion/juego-de-brid-as-para-fijacion.html>
- Vilana Arto, J. R. (2015). *Fundamentos del Lean Manufacturing*. Madrid: EOI Escuela de organización Industrial.