



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Empleo de la metodología
Lean Six Sigma como parte
de la cultura organizacional**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Emiliano Isai Granados Valencia

ASESORA DE INFORME

M.I. Silvina Hernández García



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Agradecimientos

Este trabajo escrito es la culminación de toda una vida educativa en la que siempre estuvieron presentes mis padres Mauricio Granados y Maricarmen Valencia, los motores que me levantaron y guiaron por esta travesía, gracias a ellos logré enfocarme en mi educación y en buscar un proyecto que me apasionara, este trabajo va especialmente dedicado a ellos.

Me gustaría agradecer a toda mi familia que siempre estuvo al pendiente de mi proceso a mi hermano, a mis primos, a mi prima, tíos y tías, a mi abuelo y en especial quiero hacer una mención especial a mi abuela Josefina Arteaga que sin duda fue en todo momento ese apoyo el cual siempre me ayudo e incluso me encamino desde muy chico a una cultura educativa llena de amor y compasión por los demás.

Quiero agradecer a un ser muy especial, que ya no se encuentra en este plano y fue mi mascota, Tisha, agradezco mucho que siempre me acompañará en mis desveladas, que siempre estuviera ahí y que sin decir ninguna palabra siempre me hiciera sentir mejor y en paz.

Agradezco el apoyo de Angela Granados, una persona que me ha acompañado por muchos años y me ha apoyado en todos ellos, ha sido un pilar muy importante en mi vida; sin duda fue parte de que logrará entrar en esta empresa y sin ello no estaría presentando esta propuesta de proyecto.

Aprecio mucho el trato brindado en la empresa donde realicé mis prácticas profesionales, a todo el equipo de ingeniería, pero sobre todo a Gerardo Pérez y Francisco Baruk, que fueron las personas que me guiaron y apoyaron en el desarrollo del proyecto que realicé al interior de la compañía.

Este escrito no pudo haber sido logrado sin la Universidad Nacional Autónoma de México, escuela que me abrió las puertas al conocimiento desde la Preparatoria Número 5 y posteriormente me formó en la Facultad de Ingeniería en la licenciatura de Ingeniería Industrial. Agradezco a todos mis profesores que me enseñaron y compartieron su conocimiento, a mis sinodales Octavio Estrada, Claudia Ivette, Guillermina Pérez, Pablo Mendoza y Saraí Guzmán, así como a mi asesora Silvina Hernández, cada uno aportó y moldeó este trabajo para llevar a la versión final que presento en esta tesina.

Resumen

Dentro del proceso post venta de una empresa de tecnología se debe de considerar la reparación de los equipos para alargar su vida útil y así formar un vínculo de sinergia entre los clientes y la empresa.

Al proceder a la reparación de los equipos dentro de los centros de reparación es necesario tener controles de calidad que garanticen que no existan cargas electrostáticas (ESD) hacía los equipos electrónicos al momento de ser reparados para que se asegure que la reparación sea excelente y el equipo regrese al cliente en las mejores condiciones posibles.

Para ello se emplean auditorías en el centro de reparación que deben de ser realizadas una vez a la semana de forma permanente; al ser una actividad necesaria pero que no brinda ningún valor agregado es necesario reducir al mínimo el tiempo y recursos que se emplean en ello sin perder la calidad brindada en las reparaciones.

Teniendo este objetivo en mente dediqué mis prácticas profesionales en documentar la creación e implementación de un nuevo modelo de auditorías ESD que denominé como “paperless” en el cual los auditores empleen recursos tecnológicos que la misma empresa produce y comercializa, asegurando en todo momento la agilidad e innovación a partir de la eliminación de los desperdicios que se encuentran al interior del proceso original.

La base de este trabajo escrito es la metodología Lean Six Sigma, la cual es parte de la identidad de la compañía, por lo que empleando el modelo DMAIC logré segmentar cada uno de los pasos realizados para asegurar que el proyecto obtenga resultados exitosos.

Índice General

Introducción	6
1.1 Empresa	7
1.1.4 Valores	8
1.2 Descripción del puesto de trabajo	8
1.3 Planteamiento del problema	10
1.4 justificación.....	10
1.5 Objetivo del proyecto.....	11
Objetivo General.	11
Objetivos específicos.	11
Capítulo 2. Marco teórico	11
2.1 Lean Manufacturing.....	12
2.1.1 Historia.....	12
2.1.2 Desperdicios y su valor	13
2.2 Six Sigma	15
2.2.1 Historia.....	15
2.2.2 Sigmas	16
2.2.3 DMAIC	17
2.3 Lean Six Sigma.....	18
2.3.1 Historia.....	18
2.3.2 Niveles y certificaciones	19
2.3.3 Kaizen	20
Capítulo 3. Aplicación de la metodología	21
3.1 Antecedente de la Normativa ESD	21
3.2 Carta Proyecto	23
3.3 Definir.	25
3.3.1 Importancia de auditar.....	25
3.3.2 Formato de Auditoria ESD.....	25
3.3.3 Proceso actual.....	27
3.3.4 SIPOC	28
Proveedores	29
Entrada.....	29
Proceso.....	29
Salida	30
Cliente.....	30
3.3.5 Del VOC al CTQ.....	31
VOC.....	31
NECESIDAD.....	31
CTQ	32

Conclusión etapa de Definir.....	33
3.4 Medir.....	34
3.4.1 Toma de tiempos del proceso actual	34
3.4.2 Capacidad del proceso actual	35
Conclusión etapa de Medir.....	36
3.5 Analizar.....	38
3.5.1 Valor agregado	38
3.5.2 Desperdicios	38
3.5.3 Comparación de desperdicios respecto a los valores de la empresa	40
3.5.4 Análisis de Pareto de los defectos	40
3.5.5 Análisis de las Causas y los Efectos	41
Lluvia de ideas.....	41
Diagrama Causa y Efecto	42
Conclusión etapa de Analizar.....	43
3.6 Mejorar	44
3.6.1 Proceso de automatización propuesto	45
MS Forms	46
SharePoint.....	47
Excel	48
Power Automate	50
Conclusión etapa de Mejorar	52
3.7 Controlar	53
3.7.1 Poka Yoke	53
3.7.2 Entrenamiento	54
3.7.3 Manual.....	55
3.7.4 Capacidad del proceso automatizado	56
Conclusión etapa de Controlar	58
Capítulo 4. Resultados obtenidos	60
8.1 Análisis de tiempos del proceso	60
8.2 Análisis financiero enfocado en tiempos.....	61
Tiempo de los auditores.....	61
Tiempo de los auditados	62
Ahorro económico	62
Capítulo 5. Conclusiones.....	64
Fuentes de información	65
Anexo	67

Introducción

Al interior de una empresa de tecnología uno no observa todo el trabajo que hay detrás, existe toda una cadena de suministros que no termina con la entrega del producto al cliente final, este sistema requiere de un servicio postventa que debe de cumplir con las necesidades y requisitos de los clientes.

Existen diversos servicios postventa, pero uno de los más importantes va enfocado hacia las garantías de los productos, ya sea por fallos del equipo o daños al mismo, por ello se vuelve necesario tener centros de reparaciones que logren alcanzar aquellos productos tecnológicos y repararlos ya sea por cambio de hardware, si es un desperfecto físico, o un cambio de software, si es un desperfecto del sistema.

Dentro de estos centros de reparaciones, conocidos también como *DEPOTS*, se debe de contar con estrictos controles de calidad que aseguren el adecuado espacio de trabajo en donde tanto los técnicos reparadores, como los equipos estén asegurados.

Derivado de mis prácticas profesionales logré conocer este elemento de la cadena, en donde los técnicos deben de reparar a los equipos y todos los demás deben de brindar y controlar el espacio de los técnicos; es por ello que se emplean diversas herramientas de la metodología Lean Six Sigma (LSS), la cual se ha convertido en un elemento fundamental de la cultura organizacional de la empresa ya que no solo se asegura la continuidad de la actividad de reparación, sino que también implica la eliminación de desperdicios lo que se convierte en ahorros de recursos.

Gracias a que se ha vuelto parte del día a día de las personas se vuelve un estándar el realizar proyectos de mejora que permitan un ahorro ya sea de tiempo o dinero, con el objetivo de lograr un porcentaje alto de colaboradores certificados en la metodología.

Como parte de este esfuerzo organizacional, me di a la tarea de involucrarme en diversos procesos que se realizan en el centro de reparaciones ubicado en la CDMX, esta actividad me permitió observar oportunidades respecto a procesos incidentales dentro de la operación de reparación como lo son las auditorías a las estaciones de trabajo de los reparadores las cuales eran realizadas en hojas de papel rellenas a mano, por medio de una mera inspección

visual lo que resultaba en procesos con errores accidentales derivados del factor humano, así como poco dinámicos que no estaban acorde con los estándares de una empresa tecnológica.

De esta forma presento este trabajo escrito en el cual empleé los conocimientos adquiridos dentro del curso de LSS recibido al interior de la empresa, así como los conocimientos que recibí a lo largo de mi carrera como Ingeniero Industrial.

1.1 Empresa

Como se mencionó anteriormente la empresa en la que realicé mis prácticas profesionales como *intern* es una empresa tecnológica que provee de las herramientas necesarias para optimizar y gestionar la cadena de suministros, a partir de hardware y software, brindando todo un ecosistema en donde la automatización es la clave; por cuestiones de privacidad el nombre de la empresa será omitido.

Fernandez, A. J. en su artículo denominado “Industry 4.0: the fourth industrial revolution and its technologies” para el portal e-Saurio (2022) explica que el elemento imprescindible de la cadena de suministros actuales es la industria 4.0, la cual ha tenido un gran impulso por la creación de los sistemas interconectados por medio del internet de las cosas lo cual ha permitido el administrar y controlar toda la cadena de una forma automatizada veloz e interconectada, lo que permite la comunicación tanto vertical como horizontal ya sea en el entorno físico o el virtual dentro de las empresas y sus alrededores.

Para lograr tener estas cadenas de suministros inteligentes es necesario tener la infraestructura necesaria en las empresas, pero como este cambio no se puede dar de un día para otro, esto debe de ser progresivo, entonces se deben de brindar las herramientas que se amolden al antiguo paradigma para que no se desperdicie todo por lo que han trabajado las empresas, es por ello que se brinda el hardware y software necesario para adaptar las antiguas infraestructuras en instalaciones modernas en donde se permita la automatización de la toma de datos en tiempo real para optimizar los procesos.

La compañía tiene entre sus principales productos impresoras de códigos de barra así como sus respectivos escáneres o computadoras móviles para poder llevar un control de los productos, de igual forma ha innovado y ha enfocado esfuerzos en tener tecnología de RFID en las etiquetas de los productos de tal forma que estos puedan ser procesados sin la necesidad

de ir producto en producto a partir de sensores; de igual forma cuenta con un software pulido para el control de la información que se obtiene de la cadena de suministros.

Pero el negocio no solo termina con la venta de estos productos, sino que también ha ido perfeccionando su modelo de negocios a tal punto que ha enfocado gran parte de sus esfuerzos en tener centros de reparación en todo el mundo para poder brindar todo un ecosistema de venta – postventa.

Por cuestiones de privacidad de la empresa no ahondare en su historia, ni en misión o visión ya que no cuenta con estas dos últimas derivado de los cambios que se han dado en la empresa.

En lo único que me enfocaré es en los valores ya que resultarán importantes más adelante.

1.1.4 Valores

Es una empresa que se rige por sus valores, entre los cuales encontramos:

- Integridad. Siempre se hace lo correcto, se actúa con coraje y respeto para mantener altos estándares de ética.
- Trabajo en equipo. Somos una Zebra, tiene más peso el trabajo en equipo que el éxito individual, se capitaliza la contribución de todos para servir de mejor forma a los clientes.
- Agilidad. Ser ágil, proactivo y adaptable, se busca tomar riesgos y saber adaptarse a las nuevas oportunidades.
- Responsabilidad. Se busca que todos acepten la responsabilidad de sus decisiones, compromisos y relaciones.
- Innovación. Se busca tener gente creativa que pueda cambiar el estatus quo en el negocio en búsqueda de mejorar el negocio y ayudar a los clientes.

1.2 Descripción del puesto de trabajo

Departamento: El puesto de *intern* se encuentra dentro del departamento de ingeniería que está presente en el centro de reparaciones, dentro de las funciones que tiene el departamento se encuentran:

- Brindar capacitación al personal enfocado en la reparación de los diversos productos, para ello se crean manuales los cuales son explicado a los reparadores.
- Realizar reparaciones en casos especiales donde el personal del DEPOT no tenga la capacidad de manejar el proceso de reparación.
- Dar soporte a todos los centros de reparaciones que se encuentran en Latinoamérica.
- Soporte técnico enfocado en el diseño y funcionamiento de la reparación de los productos.

Jefe directo: Gerardo P.P. quien tiene el puesto de *Repair Services Engineer Senior*.

Título del puesto: *Intern Repair Core Engineering*.

Funciones del puesto de *Intern Repair Core Engineering*: La actividad principal es la mejora de procesos a partir del análisis de las actividades que se realizan, por lo que desde el principio he tenido que familiarizarme con los productos, procesos y actividades que se realizan en el centro de reparaciones para encontrar aquellos elementos que pueden ser mejorados y estandarizados.

Dentro de estas mejoras se encuentran los proyectos antes mencionados en donde se aplica toda la metodología Lean Six Sigma, pero de igual forma realizó mejoras en el día a día, una de las actividades en las que me he enfocado es en la automatización de proceso a partir de Power Automate, por lo que creo estos flujos, pero de igual forma me encargo de mejorar los flujos que ya se tienen.

Cuento con funciones del día a día como lo son el rastreo de paquetes que son enviados desde los CEDIS con los que cuenta la compañía en el mundo, en este caso me encargo de monitorear el movimiento de los paquetes y ponerme en contacto con los centros de reparaciones de Latinoamérica cada vez que llegan los paquetes para llevar un registro de lo que tienen y no se den casos en donde los paquetes se pierdan y por ende no se pierda dinero.

En general las actividades de mi puesto se enfocan en el aprendizaje, tanto de herramientas y metodologías, pero también de conocer la mecánica de trabajar en un DEPOT y sobre todo conocer más sobre la empresa, en todo momento he recibido apoyo por lo que me siento capaz de adaptarme a los retos que se suscitan.

1.3 Planteamiento del problema

Los primeros meses al interior de la empresa me enfoqué en entender los procesos y actividades que se llevaban a cabo, una de las cuestiones que se me dificultó entender estando en el departamento de ingeniería fue el quién era el cliente de nosotros, hasta que entendí que nuestro deber es darle las herramientas adecuadas al equipo de reparaciones, para que puedan cumplir con la demanda de equipos a reparar.

En mis visitas al centro de reparaciones observe como auditaban a cada una de las estaciones de trabajo, en primera instancia me resultó un proceso que no estaba actualizado a los estándares que se esperaba de una empresa de tecnología.

En principio vi cómo se realizaba la auditoría por medio de una inspección visual, derivado de ello, llenaban una hoja de papel que contenía una matriz con los puntos a evaluar y las incidencias que llegarán a existir, todo ello era agregado a mano a la hoja lo que traía consigo errores accidentales.

Posteriormente las hojas con información eran escaneadas y guardadas física y virtualmente, para después capturar la información en un Excel con el cual obtenían las estadísticas requeridas.

Como se observa es un proceso poco dinámico que requiere de mucho reproceso de la información y que lleva consigo el factor humano de que se pierda o se equivoquen en la captura de la información.

1.4 justificación

Gracias a la cultura organizacional enfocada en la metodología LSS recibí un curso de Yellow Belt, en donde tuve que presentar un examen teórico y aparte poner a prueba mis conocimientos por medio de un proyecto práctico que fuera realizado al interior de la empresa.

Derivado de esta prueba encontré mi oportunidad de mejora en el proceso de auditorías, ya que consistía en una actividad necesaria para el funcionamiento correcto del DEPOT pero que podía ser minimizada y automatizada.

Con ello fue que di de alta mi proyecto en el proceso de auditorías con lo cual podría poner a prueba los conocimientos adquiridos en el curso brindado por la empresa enfocada en LSS así como los aprendizajes obtenidos a lo largo de mis estudios como Ingeniero Industrial.

1.5 Objetivo del proyecto

Objetivo General.

Estandarizar y mejorar el proceso de auditorías dentro del centro de reparaciones empleando la metodología Lean Six Sigma en pro de mantener e incluso mejorar el servicio de reparación, permitiendo que este mantenga la calidad que tiene hasta el momento y sea más productivo.

Objetivos específicos.

- Entender los procesos que se realizan al interior del centro de reparación para encontrar oportunidades dentro de los procesos que puedan ser mejorados, eliminando desperdicios.
- Realizar un estudio de tiempos para poder evaluar los procesos mejorados respecto a los procesos actuales, con el objetivo de cuantificar la mejora de reducción del proceso mejorado.
- Automatizar las actividades de los trabajadores, para que puedan enfocarse en actividades que realmente brinden valor para los clientes.
- Definir las actividades a realizar, dando como resultado procesos óptimos que sean de conocimiento de los involucrados a partir de manuales.
- Obtener resultados que tengan un impacto económico en las operaciones de tal forma que exista un ahorro duro o suave de al menos \$2,500 dólares.
- Certificarse en la metodología Lean Six Sigma por medio de un Yellow Belt, en el cual se cumplan los objetivos planteados previamente.

Capítulo 2. Marco teórico

Como se ha mencionado, la base de la cultura organizacional de la empresa se basa en Lean Six Sigma, está dentro de su ADN, por lo que esta será la metodología que estaré implementando a lo largo de los proyectos que realice dentro de mi estancia profesional.

La metodología LSS es la combinación de la metodología *Lean manufacturing* (manufactura esbelta) y la metodología *Six Sigma*, ambas son herramientas enfocadas en la mejora continua, pero con diferentes enfoques, por lo que a continuación explicaré cada una de ellas para terminar explicando cómo se conjuntan ambas.

2.1 Lean Manufacturing

Francisco, B. A. en el curso de Yellow Belt brindado a través de la dirección de LSS (2023) explicó que Lean manufacturing o manufactura esbelta es una filosofía que se basa en la eliminación de desperdicios, de tal forma que se tengan un manejo adecuado de los recursos para que solo quede el valor agregado por el cual los clientes pagan.

2.1.1 Historia

Hernández Matías, J. C., y Vizán Idoipe, A. en su libro “Lean manufacturing” (2013) nos indica que Lean Manufacturing es una filosofía creada en Japón por parte de Toyota Motor Company, empresa dedicada a la industria automotriz, surge gracias a las necesidades que se tenían en el momento ya que recordando en el siglo XX se dio la segunda guerra mundial, evento histórico que dejó a todo el mundo en condiciones depresivas.

El caso de Japón fue gracias a los resultados de la guerra ya que se encontraba en malas condiciones y no podía acudir a ningún otro país, solo tenía de sí mismo para poder sobrellevar el contexto mundial, por ello empezaron a buscar formas de mejorar sus condiciones a partir de la productividad.

Es en este contexto cuando Toyota fue que se enfocó en encontrar formas de ser productivos, por lo que se les encomendó a dos ingenieros, Eiji Toyoda y Taiicho Ohno, ir a Estados Unidos a conocer el modelo de negocios de las empresas de automóviles, ya que destacaban por la reducción de costos que fue introducida en el mercado por Henry Ford quien introdujo cadenas de fabricación de automóviles en donde se estandarizaban los resultados del proceso de manufactura dando automóviles de un solo modelo y color, esto fue denominado como la producción en masa la cual permitía obtener costos más bajos a costa de brindar un catálogo de productos sin tantas opciones.

Eiji y Taiicho observaron que el modelo americano era inviable para el contexto de Japón ya que la falta de variedad de opciones no era adecuada, al contrario, se dieron cuenta que para

poder brindar más variedad tendrían que suprimir stocks y eliminar todos los desperdicios del proceso productivo.

Gracias a esta excursión los ingenieros japoneses regresaron a su país y crearon la metodología Just In Time (JIT) en donde se planteó un proceso pull que consta en producir la cantidad que demandan los clientes en el momento que lo piden, lo que conlleva a englobar no solo al interior de la empresa, sino también al exterior con los proveedores ya que requirió que ellos entregaran la materia prima en la cantidad requerida en el momento que se ocupe; gracias a esta metodología, se dio lugar a otros elementos como lo es la metodología SMED que se enfoca en eliminar actividades dentro del proceso que puedan ser hechas antes de empezar la actividad, de igual forma se dio lugar a diversas herramientas como las denominadas Kan Ban, Jidoka, Poka-Yoke, etc.

De igual forma surgió un elemento de gran importancia dentro de la manufactura esbelta, el Japanese Work Station que es la denominada metodología 5's, que se enfoca en la organización de los elementos que se encuentran en el área de trabajo.

Hasta este punto la metodología Lean no era denominada así, fue hasta que en los años 90's Womack Jones y Ross crearon el libro "La máquina que cambió el mundo" en donde trataron de sintetizar el programa de vehículos a motor donde comparaba los diversos modelos de producción en todo el mundo, de aquí es que llaman a la filosofía de Toyota en la filosofía esbelta.

De esta forma se observa que es toda una filosofía que ha sido mejorada a lo largo de años, Hernández Matías, J. C., y Vizán Idoipe, A. en su libro "Lean manufacturing" (2013, p.15) concluyen que el origen de la manufactura esbelta es parte de la cultura japonesa del momento que ha llegado hasta nuestro días, consistiendo en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y líneas de fabricación que son los puntos en donde se tiene contacto directo con los problemas operativos, dando lugar a conceptos como calidad total y mejora continua.

2.1.2 Desperdicios y su valor

La metodología Lean busca en todo momento eliminar todos aquellos procesos o elementos que no agreguen valor al proceso productivo, estos son los denominados desperdicios o

mudas, con ello se logran reducir costos de producción y en general ser efectivos y productivos, estos desperdicios se dividen en 8 y son denominados como TIMWOODS por sus siglas en inglés, de acuerdo a Dutt, P. en su artículo denominado “8 wastes of Lean Manufacturing” para la revista *Apparelsociencie* (2021) estos 8 desperdicios se dividen en:

1. **Transportación.** El desperdicio de transportación hace alusión al movimiento innecesario de un lugar a otro de productos, de información, recursos, etc.
2. **Inventarios.** Es considerado el “diablo de los desperdicios” y hace alusión a tener grandes cantidades de productos u ordenes sin vender, lo que significa dinero que esta estático.
3. **Movimientos.** Se enfoca en el movimiento que es realizado por las personas, en este caso se busca que sea el mínimo para que los trabajadores puedan enfocarse directamente en su actividad productiva.
4. **Esperas.** Es cualquier cola o espera que signifique una falta de actividad por parte del operario o de los recursos.
5. **Sobreproducción.** Se enfoca en crear o producir más de lo que se puede manejar lo que da lugar a un exceso de inventarios.
6. **Sobreprocesamiento.** Significa hacer actividades de más que no brindan valor desde la perspectiva de los clientes.
7. **Defectos.** Es el desperdicio más claro y es tener variaciones en los productos o servicios que se realizan, por lo que en muchas ocasiones son productos que no se pueden comercializar.
8. **Habilidades.** Este es el defecto que en la mayoría de las fuentes de información no se toma en cuenta, pero es importante ya que se enfoca en el talento de los trabajadores, busca que los trabajadores no realicen actividades que estén debajo de sus habilidades.

A lo largo de la explicación de los desperdicios se toca el tema de “valor”, es en este sentido que se perciben 3 tipos de valores, Francisco, B. A., en el curso tomado dentro de la empresa, por el departamento L6s (2023) nos dice que los tipos de valor son:

- **Valor agregado.** Procesos y actividades que tienen una repercusión en el cliente de forma satisfactoria.

- Valor no agregado. Procesos y actividades que el cliente no logra percibir y que afectan al cliente en el producto final, son considerados como desperdicios y deben de eliminarse.
- Valor no agregado pero necesario. Son proceso y actividades incidentales que si bien el cliente no percibe es necesario mantener para mantener la calidad de los resultados del proceso productivo, estos procesos deben de ser simplificados o reducidos.

Estos tres valores se encuentran en todos los procesos y es de vital importancia que solo se encuentren los que agregan valor, se eliminen los que no agregan valor y se disminuyen los que no agregan valor, pero son necesarios; de esta forma se brindan productos o servicios por los cuales los cuales realmente pagan lo que compran y por ende se brinda un mejor servicio.

2.2 Six Sigma

Francisco, B. A. en el curso de Yellow Belt brindado a través de la dirección de LSS (2023) explicó que Six sigma es una metodología que tiene un carácter cuantitativo, se basa en el control de la variación a través del análisis estadístico, con lo cual se logra que no existan errores y por el contrario se mantenga un estándar de calidad en los resultados que se brindan dentro de las actividades, el producto o servicio que se da.

2.2.1 Historia

De acuerdo con Herrera Acosta, R. J. y Fontalvo Herrera, T. J. (2000) La metodología Six Sigma viene de Estados Unidos de la mano de Motorola, en los años 80's los ingenieros de Motorola se empezaron a preguntar acerca de que tan efectivos eran sus sistemas de control de calidad.

En esos tiempos Motorola implementaba el control de calidad en base a defectos por los miles de oportunidades, en este caso el CEO de motorola vio que esta forma de medición no era la adecuada para poder erradicar los errores por lo que se decidió cambiar la forma de medición de los defectos en base a un millón de oportunidades.

De esta forma fue que se tomó como base a la estadística por medio de la desviación estándar que es representada por la letra sigma (σ) esta medida es un indicador de desempeño y a la vez como indicador de eficacia y eficiencia dentro de la organización.

Con ello se dieron cuenta dentro de Motorola que cuando se realiza un control estadístico a un proceso se toma como variabilidad natural cuando el valor de sigma oscila a 3 desviaciones promedio, criterio que cambia con un 6 sigma ya que aquí se exige que el proceso se encuentre a 4.5 desviaciones de la media, lo que estadísticamente implica que se considera normal que 3.4 elementos del proceso no cumplan los criterios de calidad exigidos por los clientes. Es aquí de donde surge la base de SS, y como es que esta medida de desempeño ha tenido gran relevancia.

Gracias a este desarrollo Motorola se enfocó en documentar su proceso para poder dar vida a toda una metodología estadística, la cual no está 100% dada a Motorola ya que empresas como General Electric se enfocaron en crear sus propias metodologías que empataron con la de Motorola, entonces se podría considerar a ambas empresas como las fundadoras.

2.2.2 Sigmas

El nivel sigma de los procesos es de vital importancia para poder realizar controles de calidad, con ello se logran evaluar los defectos por millones de oportunidades.

Para poder entender este concepto tomaré en cuenta un automóvil, el cual cuenta con alrededor de 80,000 piezas, cada una de las piezas tiene una cantidad de posibles defectos, entonces a la suma de los defectos que tiene cada una de las piezas nos llega a dar un total de hasta 1 millón de defectos.

De esta forma es que un automóvil va a tener 1 millón de posibles defectos que deben de ser evitados, es aquí donde entra Six Sigma para poder realizar ese control de calidad por medio de la estadística, de tal forma que existen 6 niveles sigma y en cada nivel se tiene cierta cantidad de defectos promedio, a menor nivel mayor cantidad de defectos y a mayor sigma menor cantidad de defectos, estos defectos no son lineales por lo que existe una gran diferencia entre 1 sigma y un 6 sigma, a continuación se muestra la tabla 1 obtenida del portal de PDCA (2023) que explica el nivel sigma y sus defectos por millón.

Nivel Sigma	Defectos por Millón de Oportunidades
6	3.4
5	233
4	6,210

3	66,807
2	308,537
1	690,000
0	933,200

Tabla 1. Nivel Six Sigma. Adaptado de tabla de Nivel Sigma, del portal PDCA, 2013 (<https://www.pdcahome.com/4466/calcular-el-nivel-sigma-del-proceso/>). CC BY 2.0

Gracias a esta tabla se logra ver la diferencia entre tener un nivel con 0 sigma y uno con 6 sigma, si no se tiene el control estadístico existe la posibilidad de que en total de todas las piezas del automóvil tengan 933,200 defectos, por el contrario, con un nivel 6 sigma se lograría que en total el automóvil tenga alrededor de 3.4 defectos con lo cual se logra una excelente calidad.

Lamentablemente el lograr excelentes niveles de calidad no está al alcance de todas las industrias y realmente no es necesario que todas cumplan con ello, industrias como la aérea, espacial o médica si tienen la obligación de obtener el estándar de 6 sigma, fuera de ellas la mayoría de las industrias se encuentran debajo de ese estándar, y a partir de ahí va a depender del enfoque de las empresas hacia que público van a ir dirigidos para poder definir un nivel sigma de calidad adecuado.

2.2.3 DMAIC

De acuerdo a Francisco, B. A. en el curso de Yellow Belt brindado a través de la dirección de LSS (2023) Six Sigma es una metodología estadística que se enfoca en la calidad, pero para ello se requiere un orden, es en este sentido que el Instituto de Investigación Six Sigma de Motorola a principios de la década de los 90's creo una estructura denominada MAIC con la cual se buscaba poder llevar a cabo proyectos de calidad y mejora continua, solo que esta estructura no era adecuada ya que faltaba un elemento al principio, esta fue la denominada "D" que fue agregada por General Electric por lo que de esta forma se completó la estructura DMAIC que se enfoca en encontrar los procesos que afectan a los resultados obtenidos del proceso productivo.

Ramírez Pérez, J. F., López Torres, V. G., Hernández Castillo, S. A., & Morejón Valdés, M. (2021, p.162) nos dicen que estos 5 pasos consisten en:

1. **Definir.** Se enfoca en detallar la situación actual para poder identificar la oportunidad que existe, así como los objetivos del proyecto, es importante mencionar que se suelen emplear diagramas de procesos para entender las actividades que se realizan, así como un diagrama SIPOC que ayuda a entender tanto a los actores del proceso, como los recursos que se ocupan y se obtienen.
2. **Medir.** Permite cuantificar la oportunidad, para ello se busca recolectar datos para tener un “baseline” (línea base la cual permita conocer como es el proceso actualmente) que permita tener un punto del cual se pueda mejorar.
3. **Analizar.** Se examinan las actividades del proceso y los datos obtenidos de tal forma que permitan ayudar a entender, identificar y validar la causa raíz del problema, generalmente en esta fase se busca realizar un análisis estadístico del proceso, sin embargo, en proyectos Yellow Belt se busca el análisis de los desperdicios que existen.
4. **Mejorar.** Busca crear soluciones que permitan reducir o eliminar los desperdicios a partir de la mejora de la oportunidad, con ello se implementa y verifica la solución.
5. **Controlar.** Se busca la mejora continua, de forma que se evalúen constantemente los resultados de la solución para entender cómo mejorar cada vez el proceso.

2.3 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma (LSS) es la conjunción de las dos metodologías antes vistas, en este caso se emplean ambas metodologías para lograr resolver tener estándares de calidad y de productividad dentro de los procesos productivos.

2.3.1 Historia

La filosofía LSS fue una evolución de ambas metodologías, de acuerdo con theknowledgeacademy (s.f.) el concepto se originó por primera vez en el año 2001 en un libro denominado “*Leaning into Six Sigma: the path to integration of lean Enterprise and six sigma*” en donde se creó una guía para los gerentes de las fábricas en donde pudieran conjuntar tanto Lean como Six Sigma para mejorar la calidad y el ciclo de los procesos.

Realmente no existe un contexto tan amplio de la unión, se fue dando naturalmente y esta toma en cuenta todos los elementos de ambas metodologías

2.3.2 Niveles y certificaciones

A lo largo de la historia de LSS se han creado diversos cursos para poder certificarse y ser expertos en la metodología, de esta forma se han creado diversos niveles que hacen alusión a los niveles en el karate, donde a cada nivel se les otorga una cinta de cierto color, por ello a continuación se explican los niveles los cuales son obtenidos del Consejo de certificación de Lean Six Sigma (2018):

- **White Belt:** Es el nivel de entrada, y sirve para poder tener cierto conocimiento en la filosofía con el objetivo de seguir adentrándose en los siguientes niveles.
- **Yellow Belt:** Es el siguiente nivel, sigue siendo un nivel introductorio, a diferencia de que en este nivel se hablan de conceptos como la metodología DMAIC para mejorar procesos, en este nivel se deja de lado la parte estadística y se da pie a más herramientas Lean y toma de datos en un nivel bajo. En este nivel se llevan a cabo proyectos de los cuales se sabe cuál es la raíz del problema y como resolverlo.
- **Green Belt:** Es el nivel en donde se tiene ya bastante conocimiento de la filosofía, se llevan a cabo proyectos de mejora con el agregado de que se empiezan a aplicar estadísticas, por lo que se emplean todas las herramientas de LSS. En este nivel se llevan a cabo proyectos en los cuales se va a buscar la raíz del problema y a partir de ahí encontrar las soluciones.
- **Black Belt.** En este nivel se considera a las personas como expertas en LSS y pueden fungir como líderes de proyecto de mejora en donde tienen a su cargo a los Yellow y Green Belts.
- **Máster Black Belt.** Es la máxima certificación que se tiene, en este caso se encargan de manejar a los Black Belts, brindan el material para educar y enseñan la metodología.

Para poder obtener cada uno de los niveles es necesario tomar cursos, va a depender el lugar, pero generalmente se tienen que realizar exámenes de conocimientos, así como proyectos prácticos en donde se empleen las herramientas de la metodología, a medida que se aumenta de nivel la complejidad de los proyectos aumenta.

En los cursos y proyectos kaizen, que sirven para certificación, se requiere tener a un encargado que sea Black Belt o Máster Black Belt, que será quien este al tanto de los

proyectos que se realizan y tengan un conocimiento extenso dentro de LSS, sería el considerado profesor que ayuda a implementar todas las herramientas.

De igual forma se requiere tener a un “Champion” que es aquella persona que va a tener cierta influencia y pueda ayudar a que el proyecto sea implementado; a su vez esta persona puede ser, o no, el “Sponsor”, que es la persona encargada de brindar las herramientas y un presupuesto para que la implementación sea una realidad a partir de los recursos que se necesiten.

Estos actores son requeridos para poder validar el proyecto y la certificación, por otro lado, se va a tener a la gente operativa que van a ayudar a entender cómo se realiza el proceso y en su defecto darles el entrenamiento adecuado para que la mejora sea parte de su día a día.

Por último, se va a tener al cliente, que es aquella persona u organismo que va a percibir el valor de lo que resulte del proceso productivo, es de ellos de quienes ocupamos una retroalimentación que permita entender que el resultado es el adecuado.

2.3.3 Kaizen

Kaizen es una palabra de origen japonés, que se deriva de la manufactura esbelta, hace alusión a la mejora continua, en este sentido se busca que todos los esfuerzos vayan dirigidos a encontrar y eliminar continuamente los desperdicios con el objetivo de obtener mejores costos, tener una mayor calidad y en general tener una mejor capacidad de adaptación.

Esta palabra se emplea como si se refiera a los proyectos en donde se buscarán emplear las herramientas enfocadas en el orden de mejorar los procesos y que estos puedan ser un estándar, para poder realizar todo ello es necesario tener eventos Kaizen los cuales se encargan de asegurar la mejora continua.

De acuerdo a Francisco, B. A. en el curso de Yellow Belt brindado a través de la dirección de LSS (2023) estos eventos pueden ser de dos órdenes, el “*Quick Win*” que consta de un proyecto individual que tiene una cierta visibilidad y brinda un beneficio inmediato, son mejoras que se realizan rápidamente y por su origen son de bajo riesgo; por el otro lado, se tienen los eventos Kaizen que requieren a un equipo de trabajo que va a realizar mejoras en tiempos cortos con lo que se eliminarían los desperdicios.

Enfocándonos en mi actividad profesional estaré realizando un “*Quick Win*” para poder obtener mi certificación Yellow Belt, en este nivel estaría enfocándome en eliminar

desperdicios, lo que me va a facultar en poder trabajar en un futuro en más proyectos liderados por mí, e incluso pensar en un Green Belt.

Capítulo 3. Aplicación de la metodología

Dentro del centro de reparaciones se cuentan con 61 estaciones de trabajo, en donde los reparadores deben de cumplir con la normativa ESD, la cual contiene una serie de parámetros con las que se garantizan que no existan cargas electrostáticas a los equipos que se reparan para poder asegurar la integridad de los productos.

Una vez a la semana (generalmente los jueves) se realizan auditorías a las estaciones de trabajo de donde se obtienen métricas que más adelante serán importantes para tomar acciones.

Observé que el proceso actual puede ser mejorado, de tal forma que los auditores tengan la menor cantidad de actividades para que puedan seguir con sus labores del día a día, por lo que propongo la automatización de las auditorías, para poder realizar esta actividad seguiré la metodología LSS, específicamente empleando la estructura DMAIC.

Antes de proceder con la aplicación de la metodología será necesario dar un antecedente de la Normativa ESD, la cual es la que brinda los puntos a evaluar de las auditorías.

3.1 Antecedente de la Normativa ESD

Dentro del centro de reparaciones son recibidos grandes volúmenes de productos para ser reparados y cubrir con la garantía que se ofrece a los clientes, en este paradigma de cumplir con el estándar de calidad se ha implementado una normativa que se enfoca en el control de las cargas electrostáticas, existen estándares generales, pero al interior de la empresa se ha creado una normativa propia en base de lo que la *American National Standards Institute* propone; a continuación se presenta la versión que la empresa ha creado, por lo que no es de mi autoría pero se me permitió mostrar con fines ilustrativos.

El objetivo de este estándar es de carácter obligatorio para todas las personas que se encuentran al interior del centro de reparaciones con el objetivo de no sobre cargar a los equipos y por ende cuidar la integridad de los productos.

Para lograr cumplir con esta calidad (la cual está en constante evaluación) se requiere en principio para todas las personas el empleo de bata antiestática, la cual cubra a toda la ropa de las personas y también este en contacto con la piel para poder cumplir con su función, el uso adecuado se muestra en la Figura 1.

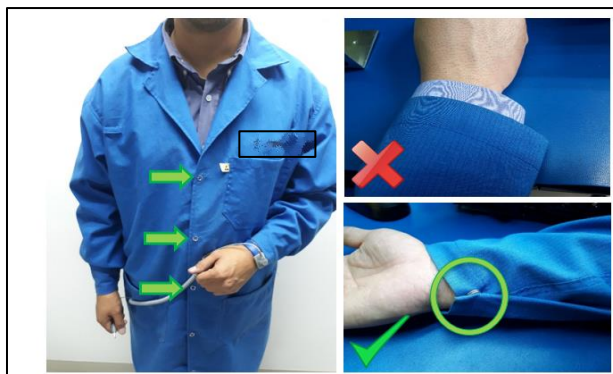


Figura 1. Bata antiestática. Reproducida de normativa ESD de la empresa, 2023. Reproducida con permiso del autor.

Los siguientes puntos son exclusivos para todo el personal de reparación; en principio se requiere tener una pulsera antiestática, la cual este en la muñeca de los reparadores y se conecte a una “Tierra”, con ello se garantiza que no se traspase ninguna sobrecarga a los equipos, en este caso se emplea un sistema Andon el cual indica a través de una luz cuando la pulsera está bien conectada o no, esto se muestra a continuación en la Figura 2.

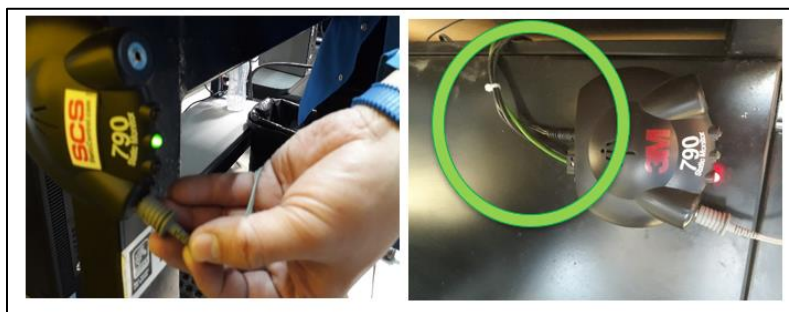


Figura 2. Pulsera antiestática. Reproducida de normativa ESD de la empresa, 2023, Reproducida con permiso del autor.

Por otro lado, se emplean tapetes antiestática los cuales van aterrizadas a tierra por medio de un cableado como se muestra en la Figura 3.

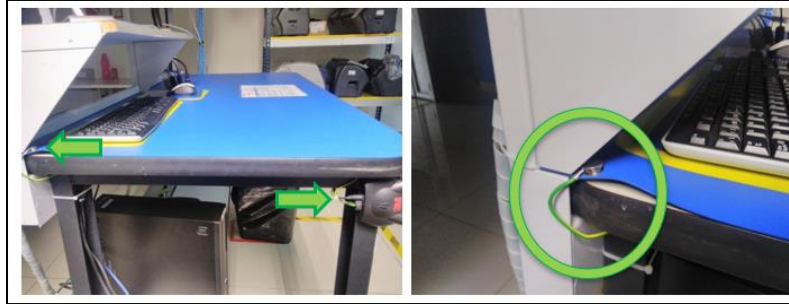


Figura 3. Tapetes antiestáticos. Reproducida de normativa ESD de la empresa, 2023. Reproducida con permiso del autor.

Se requiere en todo momento tener el área siempre limpia, libre de aislantes y de potenciales generadores de estática como lo son papeles, bolsas, etc. Así como emplear bolsas antiestáticas para guardar los equipos electrónicos que se emplean, esto se observa en la Figura 4:



Figura 4. área limpia. Reproducida de normativa ESD de la empresa, 2023. Reproducida con permiso del autor.

Estos estándares de calidad son necesarios y por ende evaluados, diariamente se observa su cumplimiento, pero se da un mayor peso a su evaluación una vez a la semana que es cuando se realizan las auditorías a las estaciones de trabajo.

3.2 Carta Proyecto

A continuación, en la Figura 5, se presenta la carta proyecto, empleando el modelo que la empresa me brindó, en donde se dan detalles del proyecto a realizar como lo es el título, fecha de inicio y terminó, así como los actores que apoyaron a la realización de la mejora.

Posteriormente se explica el problema, el por qué es necesario eliminarlo, así como la meta, herramientas y entregables que se estarán realizando a lo largo de la realización del proyecto.

Carta Proyecto

Título: Auditoría ESD

Presentado por: Emiliano Isai Granados Valencia

Fecha inicio: 13/01/2023

Fecha término: 14/06/2023

USUARIO: Equipo de Auditorías ESD

IMPACTO: Ahorrar tiempo y evitar errores en las auditorías ESD

FINANZAS: Gerardo

AHORROS: DUROS SUAVES

BB/MBB: Francisco

Declaración de Oportunidad o Definición de Defecto	
Planteamiento del problema	Meta
Las auditorías de ESD se hacen a mano utilizando hojas impresas, después de terminar la auditoría las hojas se escanean y la información obtenida se almacena en una base de datos, todo eso se hace a mano, lo que significa una pérdida de tiempo y altas probabilidades de obtener errores al capturar la información de las auditorías.	Automatizar la auditorías ESD.
¿POR QUÉ ES NECESARIO ESTE PROYECTO?	
Es necesario ya que al ser un proceso incidental se requiere mejorar a tal punto que este pueda ser lo más sencillo posible de realizar lo que de como resultados una menor inversión de tiempo en la auditoría, así como reducir los errores que puedan obtenerse en el proceso de auditar las estaciones de trabajo.	
LÍMITES	
¿Qué hay en el ámbito de aplicación?	Lo que NO está en el ámbito de aplicación:
Centro de reparaciones de Añil (CDMX).	Todos los demás centros de reparaciones del mundo.
PRINCIPALES ENTREGABLES	
1. Excel y SharePoint como base de datos.	4. Manual de uso y reparación de herramientas.
2. Gráfico con las calificaciones promedio.	5. Correos por cada incidencia y resumen de semana.
3. Tabla con incidentes.	6. Formulario en MS Forms.
PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE LSS UTILIZADAS	
1. Diagrama de Flujos.	4. Ishikawa.
2. SIPOC.	5. Entrenamiento.
3. CTQ.	6.

Figura 5. Carta Proyecto. Adaptada de material brindado en el curso del departamento de L6s de la empresa, 2019. Adaptado con permiso del autor.

Una vez conociendo estos detalles iniciales del proyecto de mejora, a continuación, doy pie al inicio de la metodología DMAIC.

3.3 Definir.

Como bien se sabe, la primera fase es definir, en donde se busca encontrar la oportunidad de mejora, para ello explicaré la necesidad de las auditorías y cómo se evalúan, brindaré un diagrama de flujo del proceso actual con su respectiva explicación del proceso de auditoría, daré un análisis de los actores del proceso, así como sus necesidades de mejora.

3.3.1 Importancia de auditar

Las auditorías son la revisión del proceso productivo para garantizar su correcto funcionamiento, calidad y seguridad, en un centro de reparaciones son necesarias las auditorías a cada una de las estaciones de trabajo para garantizar la preservación de los dispositivos de descargas electrostáticas (ESD) ya que de existir en el proceso de reparación se obtendrían daños permanentes e invisibles en los equipos que afectarían el funcionamiento de los equipos.

Por ello es que la auditoría debe de evaluar y garantizar que se aplican prácticas y procedimientos adecuados en la reparación, en donde se incluye el uso de equipos y herramientas antiestáticos, así como el empleo de una estación de trabajo que sea apta para las reparaciones y siempre se encuentre limpia, todo ello se explica en la normatividad ESD.

Esta evaluación debe de ser realizada periódicamente para garantizar el cumplimiento de la normativa ESD, con lo cual se evalúe que los técnicos empleen y tengan las herramientas y equipo en excelentes condiciones, así como garantizar una estación de trabajo limpia y segura tanto para los equipos como para el personal.

En resumen, la auditoría se encarga de proteger a los equipos electrónicos de las descargas electrostáticas con lo que se garantice un correcto funcionamiento de ellos, asegurando la continuidad de un servicio de calidad para los clientes al evitar daños innecesarios a los equipos.

3.3.2 Formato de Auditoria ESD

Actualmente el estándar de las auditorías se basa en la normatividad ESD, en la cual se evalúa principalmente el uso correcto de las herramientas y equipos, así como su condición. Esta evaluación es realizada a mano, a partir de hojas que tienen que imprimir cada 5 semanas, en ellas se imprime el formato a evaluar en las auditorías, esto se muestra en la Figura 6.

Check list de control ESD verificador: _____

EL verificador en turno debera evaluar los siguientes puntos en cada estacion de trabajo donde el personal se encuentra laborando.

- 1.- Ponerse la bata adecuadamente con los botones frontales abrochados y de las mangas.
- 2.- Verificar la funcionalidad de pulsera/monitor.
- 3.- Portar pulsera antiestatica y mantenerse en todo momento conectado a tierra física (monitor).
- 4.- Revisar visualmente la conexión a tierra física de tapetes y el monitor correctamente aterrizados.
- 5.- Mantener area libre de agentes generadores de estatica (bolsas, hojas, carton etc).

Marca las casillas con si esta dentro de los parametros o con en caso de incumplimiento

Nota: Al reverso del documento anotar las incidencias a detalle que se tenga en cuanto a la normativa ANSI/ ESD en las estaciones de trabajo.

2/Ene/23 al 6/Ene/23		7/Ene/23 al 13/Ene/23		16/Ene/23 al 20/Ene/23		23/Ene/23 al 27/Ene/23		30/Ene/23 al 31/Ene/23				
semana: 1		semana: 2		semana: 3		semana: 4		semana: 5				
EST	INI	1	2	3	4	5	INI	1	2	3	4	5
1	JC	✓					JC	✓				
2	TG	✓					TG	✓				

Incidencias ESD

#Est	Responsable	Descripcion/plan de accion	Fecha	S	N
37	Mauricio	Conexion a tierra, voto el tapete	5/01/23	✓	
48	Edgardo Romera	Bata des corrida	13/Ene/23		
56	Vicente	Bata desgastada	13/Ene/23		
8	Angel Azz	Coorden con desgaste	13/Ene/23		
38	Braulio Marshall	Tapete desgastado	13/Ene/23		
11	Ricardo Hernandez	Bata con quemadura de cutin	26/Ene/23		

Figura 6. Formato auditorías. Reproducida de formato de auditorías realizada por la empresa y llenada por equipo de auditoría, 2023. Reproducido con permiso del autor.

Como se ve en la Figura 6 se tienen 5 puntos a evaluar que constan en:

1. Ponerse la bata adecuadamente con los botones frontales abrochados y de las mangas.
2. Verificar la funcionalidad de pulsera monitor.
3. Portar pulsera antiestática y mantenerse en todo momento conectado a tierra física (monitor).
4. Revisar visualmente la conexión a tierra física de tapetes y el monitor correctamente aterrizado.
5. Mantener área libre de agentes generadores de estática (bolsas, hojas, cartón, etc.).

Estos puntos son calificados cada semana en cada una de las estaciones de trabajo, si al momento de realizar la auditoría no se cumple con el punto se marca con un tache, por el contrario, sí se cumple se marca con una paloma; existe un caso particular en donde al realizar la auditoría no está el reparador o simplemente no puede cumplir con un punto de la auditoría, este caso se documenta con un N/A (No Aplica).

Existen casos específicos en donde los operarios no cumplen con los puntos ya sea porque no acatan la instrucción o porque no tienen las herramientas adecuadas para hacerlo, estos casos son denominados “incidencias” y son registrados en una segunda matriz denominada

“Incidencias ESD”, en donde se marca la estación, el responsable, la incidencia, así como la corrección a implementar; por último, se agrega la fecha en que se comprometen a tener arreglado la incidencia.

3.3.3 Proceso actual

El proceso actual es explicado en el diagrama de flujo que se encuentra en la Figura 7.

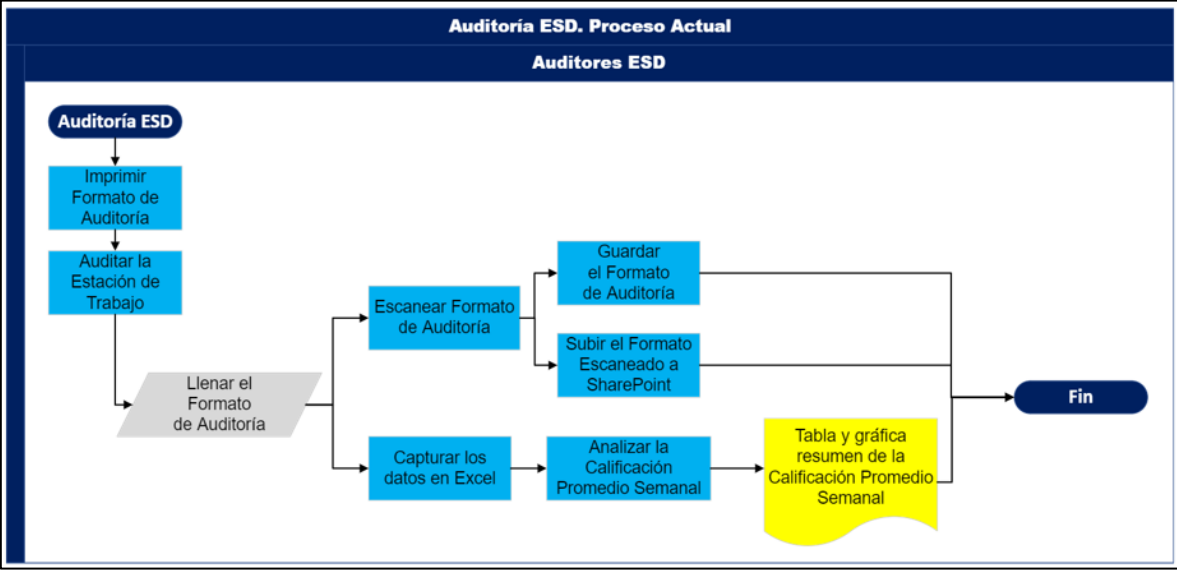


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

El primer paso para realizar la auditoría ESD es imprimir el formato de auditoría, en el cual vienen todos los puntos a evaluar, así como las incidencias que se suscitan en el proceso.

Posteriormente el auditor va a la estación de trabajo, se acerca al técnico y evalúa que tenga todo el equipo puesto de forma adecuada, revisa que la estación de trabajo se encuentre en orden y procede al final a preguntarle al técnico sus comentarios respecto a su equipo, si está próximo a romperse o si algo ha estado fallando.

Toda la información obtenida de la revisión es agregada en el formato a mano, con las iniciales del técnico, palomitas, taches o N/A de los puntos evaluados, así como las incidencias en caso de que existan.

Después de llenar el formato a mano a partir de la revisión de las estaciones de trabajo, se procede a realizar dos actividades:

La primera actividad consiste en guardar evidencia, por lo que las auditorías son escaneadas de forma que se tengan dos evidencias: la física (guardada en un folder) y la virtual (guardada en una carpeta dentro de OneDrive).

La segunda actividad consiste en capturar los datos obtenidos, para ello una persona se encarga de sacar el promedio que se obtiene de todas las auditorías realizadas en la semana, este dato es guardado dentro de un Excel para lograr obtener un gráfico. Por último, se computarizan las incidencias en otra tabla del Excel para tener el registro, esta información se observa en la Figura 8.

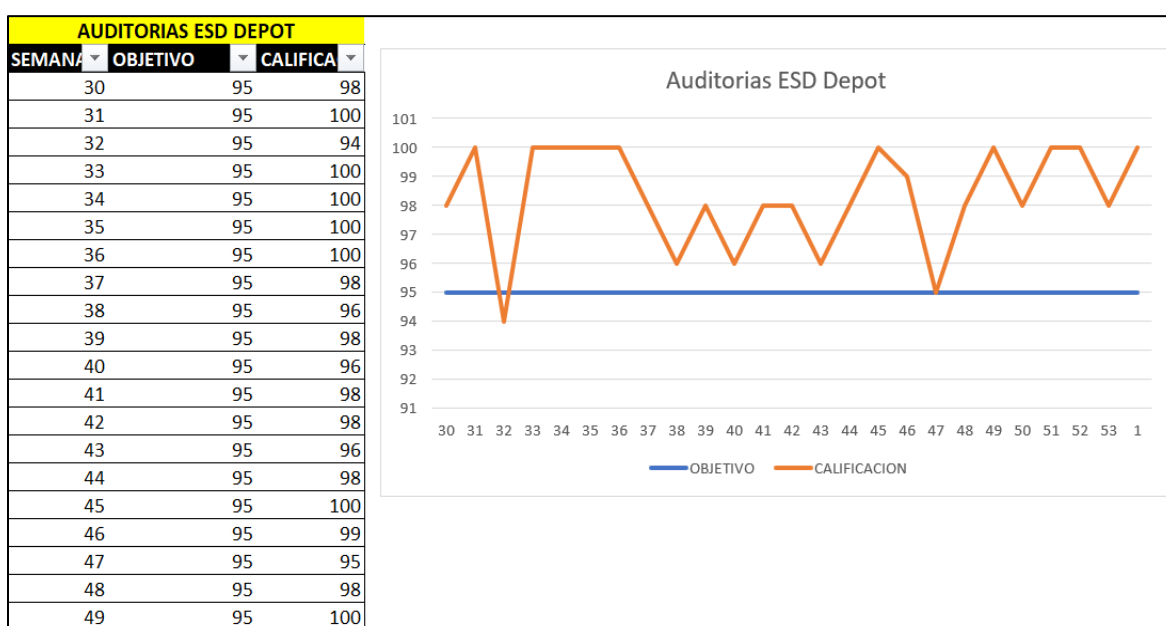


Figura 8. Datos capturados de auditoría. Reproducida de reportes del equipo de auditorías ESD, 2023. Reproducido con permiso del autor.

Este es el proceso que se realiza actualmente, para poder mantener un estándar de calidad en las reparaciones.

3.3.4 SIPOC

A continuación, en la Figura 9, se muestra un diagrama SIPOC y su posterior explicación para entender los elementos que se encuentran dentro del proceso actual:

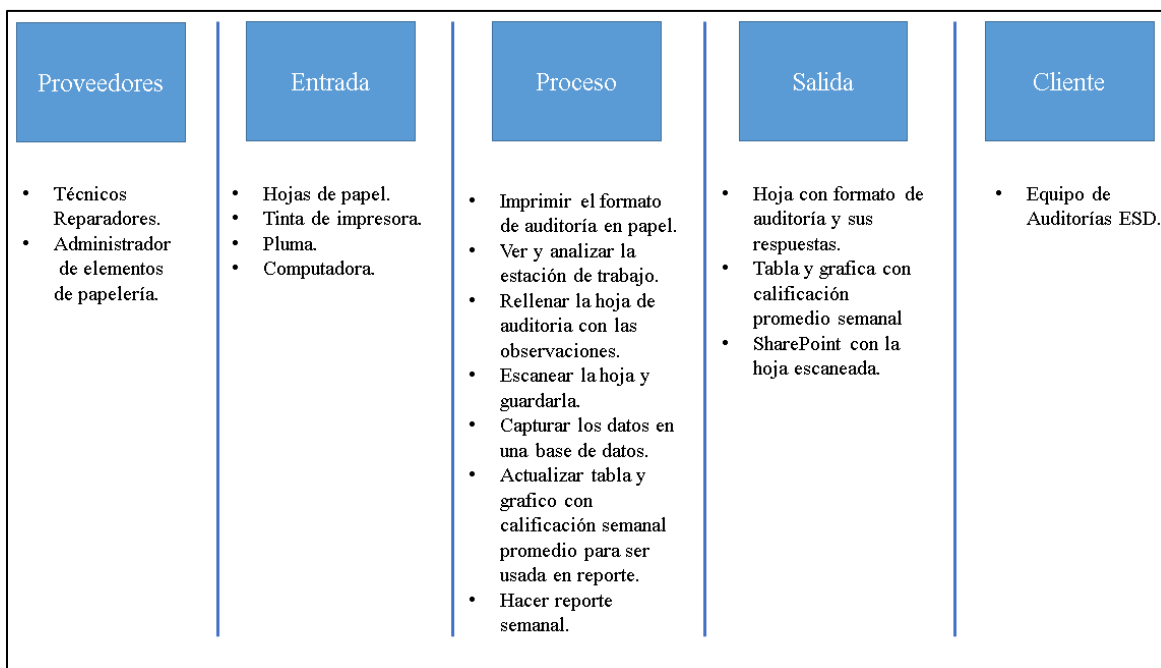


Figura 9. Diagrama de SIPOC del proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Proveedores

En principio los proveedores del proceso serían los encargados del material de papelería, de igual forma y principalmente serían los reparadores de quienes se obtienen los datos que son almacenados y mostrados.

Entrada

Se observa que las entradas de las auditorías son todo aquel material de papelería como lo son la tinta y hojas para imprimir el formato, se requiere de una impresora, así como una pluma para rellenar el formato; de igual forma se ocupa un equipo tecnológico para poder computarizar la información. Por último, también se requiere tener todo el equipo anti-cargas electrostáticas para los auditores.

Proceso

El proceso actual consta de 7 actividades principales, las cuales se desenvuelven como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Actividades del proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Salida

La salida que se obtiene del proceso de auditoría es en principio una hoja de papel con el formato relleno de datos, a partir de ello se genera un Excel con los resultados en donde se obtiene un gráfico el cual es mostrado a los managers del equipo de auditoría, así como un resumen de las incidencias que se tuvieron en la semana.

Cliente

Por último, el cliente del proyecto de automatización se enfoca en aquellas personas al interior de la empresa, en este caso el equipo de auditores ESD, así como sus jefes a los cuales se les muestran los resultados una vez a la semana.

3.3.5 Del VOC al CTQ

Para poder entender cuáles son las necesidades de mejora dentro del proceso actual de las auditorías, es necesario realizar un CTQ (Crítico para la calidad), el cual se puede representar por un diagrama en donde se identifican las necesidades a partir de la voz del cliente (VOC) que serían los auditores, por ello me di a la tarea de conocer la necesidad y expectativas.

A continuación, en la Figura 11, se presenta el diagrama en donde se observan las necesidades.

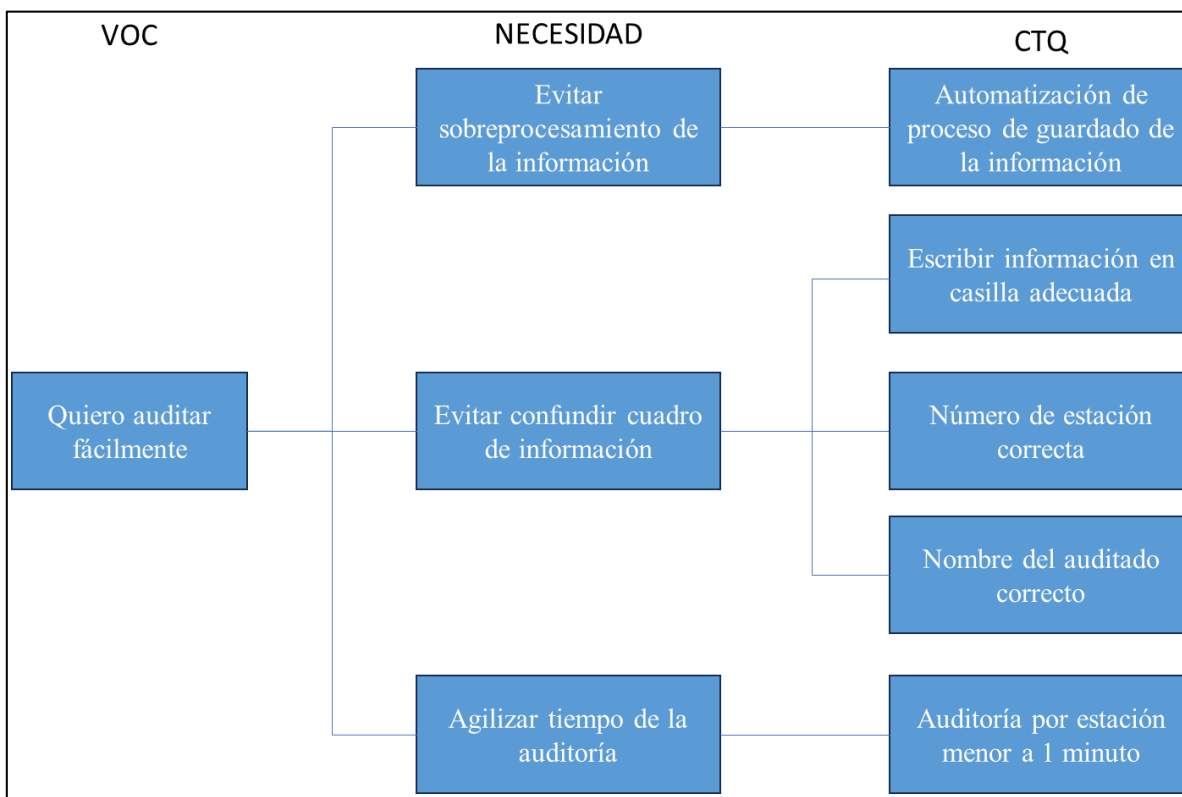


Figura 11. Diagrama VOC a CTQ. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

VOC

En principio los clientes del proyecto de mejora son los auditores los cuales quieren auditar fácilmente las estaciones de trabajo para que tanto ellos como los auditados puedan enfocar esfuerzos en otras actividades que brinden mayor valor al proceso de reparación.

NECESIDAD

Dentro de las necesidades que requieren los auditores se encuentran:

- Evitar sobre procesamiento de la información. Dentro del proceso actual se observa como la información obtenida de la auditoría debe de ser escrita a mano en una hoja, posteriormente este formato es escaneado para guardarlo en un SharePoint y aparte se agrega la información a mano a un Excel para obtener el gráfico requerido, a la par es necesario guardar físicamente el formato, lo que significa mucho proceso de la información que tiene como potencial problema la pérdida de la información.
- Evitar errores al llenar el formato de auditoría. Cuando se llena el formato físico, se vuelve complejo rellenar los cuadros de información cuando se va más allá de la tercera semana, al ser cuadros se pierde la referencia por lo que es incluso necesario emplear recursos físicos como reglas para hacer una referencia adecuada y no revolver los datos.
- Agilizar tiempo de la auditoría. Actualmente se ha creado una versión sintetizada de la auditoría en donde se agregan las iniciales del auditado, un tache, paloma o N/A para evaluar y rellenar a mano las incidencias que se suscitan, el tema es justamente el tiempo que se pierde en escribir la información lo cual podría ser automatizado y daría el resultado de agilizar el tiempo que se pierde en esa actividad de la auditoría.

CTQ

Dentro de lo Crítico para la calidad se definen los puntos:

- Sistema en un espacio virtual. Es necesario emplear un modelo virtual, en donde todo el proceso de documentación de la auditoría se realice en un espacio en la nube lo cual permita automatizar el proceso de tal forma que el guardado de la información no sea una carga para los auditores y al contrario puedan enfocarse en atender de mejor forma las necesidades de los auditados.
- Sistema Anti-errores. Al crear un sistema Poka Yoke se elimina la posibilidad de tener errores dentro del proceso de auditoría ya sea:
 - Al escribir la información en las casillas adecuada.
 - Al recordar y escribir el nombre del auditado.
 - Al recordar y escribir el número de estación que se está auditando.
- Auditoría por estación menor a 1 minuto. El proceso de auditoría es realizado en cada una de las 61 estaciones de trabajo, por lo que resulta una tarea larga y rutinaria;

dentro de los objetivos de los auditores ESD es poder llevar a cabo auditorías que duren en promedio menos de 1 minuto por estación contando el proceso pre y post de la auditoría.

Conclusión etapa de Definir

A partir de la definición del proceso actual de auditoría logré visualizar que existe una oportunidad de automatizar las auditorías para que no exista tanto sobre procesamiento de la información de tal manera que los auditores solo se enfoquen en realizar el análisis de las estaciones de trabajo y resolver los conflictos que se susciten de ellas, evitándoles todo el movimiento de datos e información que tienen que realizar dando como resultado una menor inversión de tiempo por auditoría; Aunado a ello al automatizar se puede crear todo un sistema Poka Yoke que evite el error de agregar la información al sistema, asegurando la veracidad de los datos obtenidos en cada auditoría.

Todo esto se estará evaluando más adelante para encontrar la forma óptima de realizar la auditoría.

3.4 Medir

En la segunda fase se busca encontrar el “baseline” o línea base, para poder tener un punto de comparación respecto a la mejora que se proponga más adelante, por lo que se requiere conocer cómo se encuentra el proceso actual, por ello se realiza el siguiente análisis.

3.4.1 Toma de tiempos del proceso actual

Actualmente tenemos un proceso que se realiza a mano y termina siendo laborioso ya que a parte de la revisión que realizan los auditores, tienen que realizar diversas actividades como lo son imprimir el formato cada semana, escanear los resultados, así como computarizar la información.

Se han realizado mediciones respecto al proceso actual que se lleva a cabo para realizar la auditoría, a continuación, en la Tabla 2, se anexan algunos datos obtenidos; si se desea revisar todos los datos obtenidos se recomienda ir al anexo.

Auditoría	Tiempo [s]
A1	65
A2	110
A3	166
A4	47
A5	60
A6	225
A7	72
A8	90
A9	10

Tabla 2. Datos proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Dentro de los tiempos obtenidos se observa que existe variación en ellos, hay tiempos que son menores a 30 segundos, estas son auditorías en donde el operario no se encontraba en la estación de trabajo por lo que es más rápida.

Estos tiempos son solo del proceso de cada auditoría, por lo que sería necesario considerar el tiempo total de auditar las 61 estaciones de trabajo, a ello es necesario agregar el tiempo que se tiene por las demás actividades que son realizadas en el proceso de las auditorías.

El primero es la impresión de los formatos para poder tener un registro de la auditoría; de igual forma es necesario capturar la información que se obtiene de la auditoría, tanto el

promedio y su gráfico, así como la captura de las incidencias; por último, es necesario tomar en cuenta el tiempo que le toma a los auditores escanear las hojas de la auditoría para que sean almacenadas tanto físicamente como virtualmente en un SharePoint. De forma que a continuación se muestra la Tabla 3, en donde se resumen de las actividades y sus tiempos.

Tiempo total de la auditoría con el proceso actual [min]	
Tiempo promedio de auditoría por estación	1.19 min
Tiempo total de auditar las 61 estaciones de trabajo	72.38 min
Tiempo de impresión de formatos semanal	3 min
Tiempo de captura de información Excel	5 min
Tiempo de escaneo y almacenado de hojas y datos	6 min
Tiempo total del proceso actual	86.38 min

Tabla 3. Actividades y tiempos actuales. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

3.4.2 Capacidad del proceso actual

Anteriormente en la etapa de definir hablé sobre la necesidad principal de los auditores y a partir de ello se obtuvieron los CTQ's que ayudan a obtener ese objetivo, es por ello que voy a analizar la capacidad del proceso a partir de las cuatro variables principales que se requieren para poder tener un proceso de auditoría adecuado.

Las cuatro variables para medir son:

1. Tiempo de auditoría. El tiempo objetivo es de 1 minuto, por lo que todas aquellas auditorías que sean mayores a este tiempo serán consideradas como defectos.
2. Buscaremos tener un sistema anti-errores de tal forma que no existan defectos en el proceso de auditoría, de forma que se tomaran en cuenta como errores los siguientes escenarios.
 - a. Auditor escribá información en otra casilla que no sea la del auditado.
 - b. Auditor no recuerde el nombre del auditado.
 - c. Auditor no reconozca el número de estación de trabajo.

A continuación, en la Tabla 4, se presenta la misma muestra con los defectos encontrados en la colecta de información que realice al interior del DEPOT.

Auditoría	Tiempo [s]	Tiempo menor a 1 min	Casilla correcta	Nombre correcto	No. estación correcta	Defectos
A1	65.00	NO	SI	SI	SI	1
A2	110.00	NO	SI	SI	SI	1
A3	166.00	NO	SI	SI	SI	1
A4	47.00	SI	SI	SI	SI	0
A5	60.00	NO	SI	NO	SI	2
A6	225.00	NO	SI	SI	SI	1
A7	72.00	NO	SI	SI	SI	1
A8	90.00	NO	SI	SI	SI	1
A9	10.00	SI	SI	SI	SI	0
DEFECTOS		22	2	1	1	24

Tabla 4. Defectos del proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

A partir de la tabla de tiempos se obtuvo la evaluación de los defectos que existieron dentro de la auditoría, en este caso se observa que existieron 26 defectos en total sumando ambas variables, con ello se puede obtener la capacidad del proceso empleando la métrica de Defectos Por Millón de Oportunidades, a continuación, se presenta.

$$DPMO = \frac{\text{Número de defectos en la muestra}}{\text{Número total de oportunidad de defectos en la muestra}} * 1,000,000$$

El número de defectos en la muestra fue obtenido anteriormente en la tabla, por lo que falta obtener el número total de oportunidades de defectos, para ello se multiplican el número de auditorías por las variables de defectos, de forma que nuestra métrica quedaría de la siguiente manera:

$$DPMO = \frac{26}{42 * 4} * 1,000,000 = 154,761.9$$

Esto indica que de un millón de oportunidades de defectos que puedan producirse en la auditoría, se están obteniendo 154,762 defectos, lo que en otras palabras indicaría que del 100% de las auditorías realizadas, se tienen defectos en el 15.48% de las oportunidades, o, por el contrario, el 84.52% de las auditorías se hacen sin errores.

Conclusión etapa de Medir

Se observa que es un proceso que emplea recursos físicos y manuales que están sujetos a la pérdida de información a través de tantas actividades que se tienen que hacer, todas ellas sin agregar valor añadido; recordando la teoría este tipo de actividades son procesos incidentales los cuales no agregan valor, pero son necesarios por lo que es importante reducir el tiempo que emplean, de forma que nuestro “baseline” del proceso es de 1 hora con 26 minutos,

tiempo que buscaría minimizar; de igual forma se buscará que el número de defectos de las auditorías sean menos que en el proceso actual.

3.5 Analizar

Se realiza un análisis del proceso a partir de conocer las actividades del proceso que brindan valor al proceso de auditoría, en el caso de este proyecto se buscaría obtener un proceso esbelto, en el que se eliminen los defectos y se permita tener un proceso ágil.

3.5.1 Valor agregado

Recordando la teoría, es necesario tener procesos que brinden valor al producto final, aquello que los clientes paguen y realmente vean un resultado.

En el caso del servicio postventa el valor agregado es tener toda una cadena logística eficaz que se traduzca en un tiempo corto en el que el cliente no cuenta con sus equipos, para ello es necesario eliminar todas aquellas actividades que no brinden valor y que sean innecesarias o en su defecto disminuirlas al menor tiempo posible.

El caso de la auditoría resulta un caso interesante, ya que es un proceso incidental las cuales no brindan valor, pero son necesarias para poder asegurar que los equipos estén en perfectas condiciones; en este sentido no se puede eliminar el proceso de auditoría, pero si se puede disminuir el tiempo que se le dedica a ello.

El proceso de auditoría es realizado por parte de un grupo pequeño de técnicos reparadores por lo que la mejora de este proceso resulta en doble beneficio para los reparadores, el primero es que los auditados no pierdan mucho tiempo en su evaluación y el segundo es que los auditores inviertan el menor tiempo en la auditoría para que puedan regresar lo antes posible a sus labores de reparación.

3.5.2 Desperdicios

En el objetivo de tener procesos esbeltos que brinden en su mayoría valor agregado al producto final es necesario eliminar todos aquellos desperdicios que no brinden importancia en el proceso, para ello se evaluará cada uno de los 8 desperdicios y se decidirá si son parte o no del proceso de auditoría actual.

Para ello se presenta a continuación, en la Figura 12, un diagrama en donde se resaltan los desperdicios con su respectiva explicación; en este caso estaré resaltando los desperdicios, así como su explicación del cómo se encuentran en el proceso.

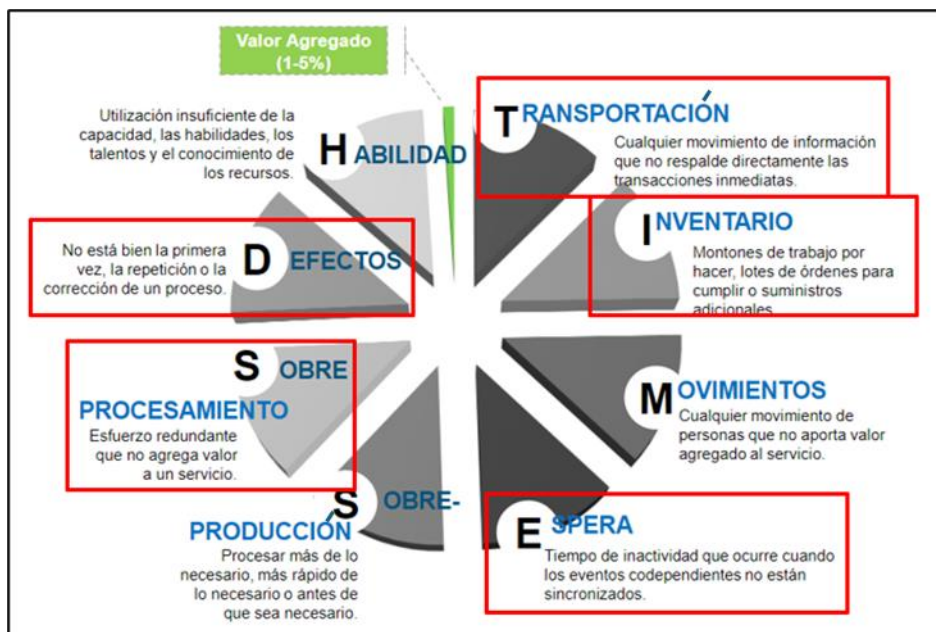


Figura 12. Desperdicios del proceso actual. Adaptada de Desperdicios del curso de L6s, 2019. Adaptada con permiso del autor.

1. **Transportación** – Al emplear hojas físicas es necesaria transportarlas en diversas ocasiones, al principio en imprimir y cargar la hoja, después en toda la auditoría y luego al final es necesario escanearlas lo que significa mover en reiteradas ocasiones el papel.
2. **Inventario** – Al terminar las auditorías es necesario guardar tanto físicamente como digitalmente las hojas, lo que significa un gasto doble en espacio y almacenamiento.
3. **Espera** – Al terminar las auditorías el equipo de auditorías ESD debe de esperar en que alguno de los integrantes guarde y suba la información, lo que les evita de hacer otras actividades de su día a día.
4. **Sobre Procesamiento** – Al terminar las auditorías se escanea las hojas para guardarlas en folders, después se guardan las hojas escaneadas en un SharePoint y por último se computarizan los datos en un Excel, todo ello significa un sobre procesamiento de los datos obtenidos y su guardado.
5. **Defecto** – Al realizar las auditorías es fácil llenar las primeras columnas, pero más adelante en las siguientes semanas se vuelve complicado seguir las casillas adecuadas por lo que se da lugar al error humano.

Todos estos desperdicios son los que buscaría eliminar después de la mejora.

3.5.3 Comparación de desperdicios respecto a los valores de la empresa

La empresa se destaca por la agilidad e innovación, sin embargo, cuentan aún con procesos que son realizados de forma anticuada y que ni si quiera emplea los recursos que la misma empresa crea y vende, esto causa una disparidad que no debería de existir.

En el modelo actual de la industria 4.0 es necesario emplear recursos que trabajen en la nube lo que requiere dejar de un lado todo aquello que emplee papel y se empiecen a usar equipos tecnológicos que ayuden para ese objetivo.

De igual forma el paradigma actual busca que se tengan modelos sustentables, en donde se tengan sistemas multifuncionales, esto nos indica que los recursos que se usen deben de tener diversos usos para poder obtener un rendimiento adecuado, el empleo de los recursos electrónicos ayuda a ello, ya que son elementos que pueden ser usados para diferentes actividades que da pie a proyectos en el futuro.

La mejora que se plantee tendrá estos valores de forma intrínseca, la cual brindará procesos ágiles que puedan evolucionar de forma dinámica.

3.5.4 Análisis de Pareto de los defectos

Una parte importante para poder eliminar esos desperdicios del proceso actual es el analizar los defectos para saber de dónde vienen la mayoría de los desperfectos de la auditoría, es por ello que realizaré un diagrama de Pareto a partir del resumen de los defectos y sus frecuencias o cantidad de veces que se repitió en el proceso de auditoría, que se encuentra en la tabla 5.

Defectos en proceso de auditoría ESD				
Defectos	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
Tiempo menor a 1 min	22	84.62%	22	84.62%
Casilla correcta	2	7.69%	24	92.31%
Nombre correcto	1	3.85%	25	96.15%
No. estación correcta	1	3.85%	26	100.00%
Total	26	100%		

Tabla 5. Defectos en proceso de auditoría. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Gracias a este resumen puedo realizar el diagrama de Pareto en el que se observa de manera gráfica la tabla resumen de los defectos, este diagrama se muestra en la figura 13.

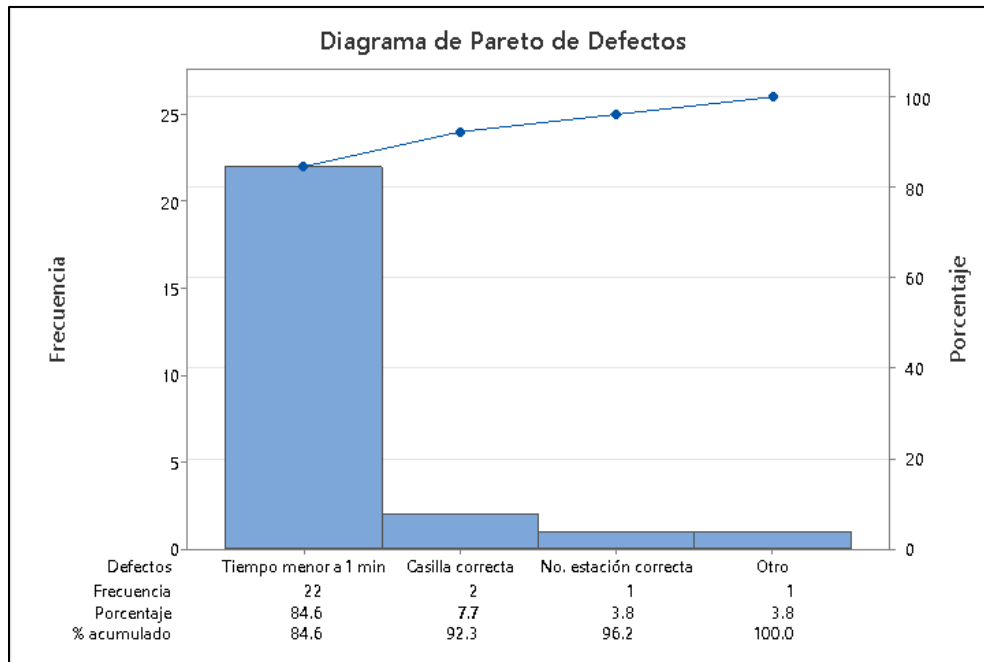


Figura 13. Diagrama de Pareto del proceso actual. Elaboración propia con ayuda del equipo de auditorías ESD a partir del proceso actual, 2023.

Gracias a este diagrama puedo observar que más del 80% de los defectos del proceso de auditoría se deriva de que las auditorías son mayores a 1 minuto, por lo que la mejora debe de reducir este porcentaje.

Por otro lado, las últimas tres variables no tienen tanta repercusión ya que no se dan con tanta frecuencia, pero de igual manera buscaré reducir la frecuencia de los defectos.

3.5.5 Análisis de las Causas y los Efectos

Para poder tener una solución a los defectos que se tienen actualmente del proceso de auditoría, en donde el tiempo invertido por auditoría es mayor a 1 minuto y se tiene errores en la información obtenida, es necesario entender las causas de ello, de forma que buscaré realizar un diagrama de causa efecto para poder entender los fenómenos que se dan en el proceso actual.

Lluvia de ideas

Derivado de las necesidades del proceso, me di a la tarea de realizar una lluvia de ideas con los auditores, para entender los problemas que existen en el proceso de auditoría al interior del DEPOT, En la Figura 13 se presentan las ideas obtenidas:

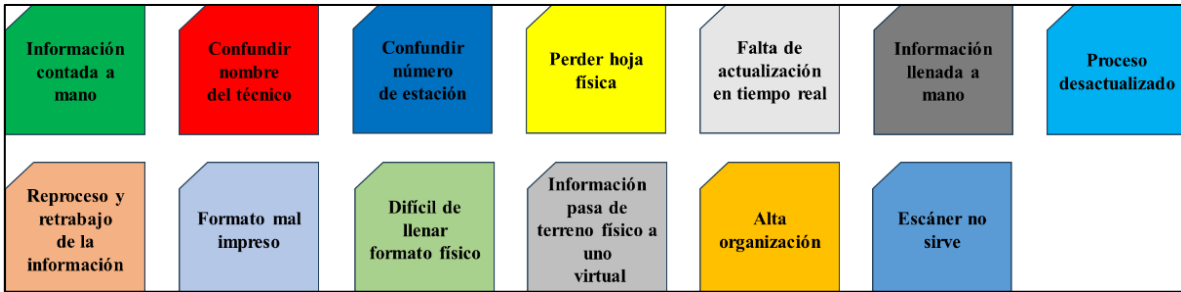


Figura 14. Lluvia de ideas de los problemas del proceso actual. Elaboración propia con ayuda del equipo de auditorías ESD a partir del proceso actual, 2023.

Gracias a la lluvia de ideas se obtuvieron 13 causas de los efectos que existen actualmente, pero esto no es suficiente ya que se requiere acomodar las ideas, por lo que se realizará de un diagrama para ello.

Diagrama Causa y Efecto

Para acomodar la información obtenida de la lluvia de ideas emplearé el diagrama causa efecto (Ishikawa) para poder entender de donde surgen los efectos del proceso actual.

Primero me enfocaré en el defecto que más se repite en el proceso actual, el cual es que las auditorías son mayores a 1 minuto, en la Figura 15, se muestra el primer diagrama.

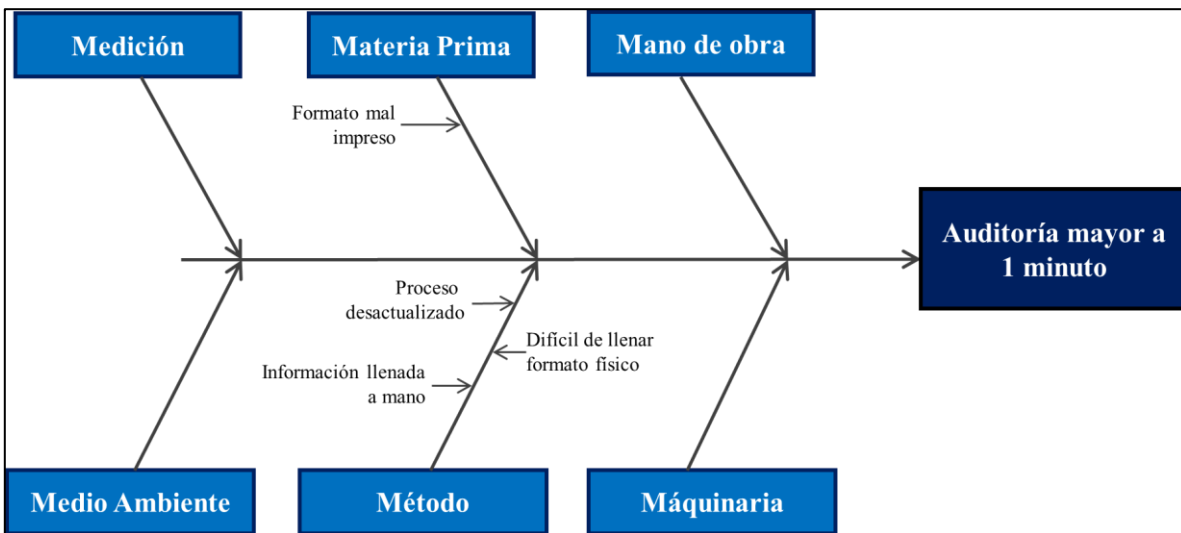


Figura 15. Diagrama Ishikawa enfocado en errores en la información. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Gracias al diagrama se logra observar que gran parte del efecto de tener auditorías mayores a 1 minuto se deben en gran medida al Método que se tiene actualmente en donde todo es

realizado a mano por medio de hojas físicas, en donde se da el fenómeno de tener que invertir más tiempo en el llenado de la información que en la revisión, por lo que, al reducir el tiempo invertido en ello, reduciría en gran medida el tiempo promedio por auditoría.

El segundo efecto que se tiene actualmente es en la información obtenida de la auditoría respecto a que la información se escriba en la casilla incorrecta, que el nombre del auditado sea incorrecto o que el número de estación sea confundido, en la Figura 16, se muestra el diagrama.

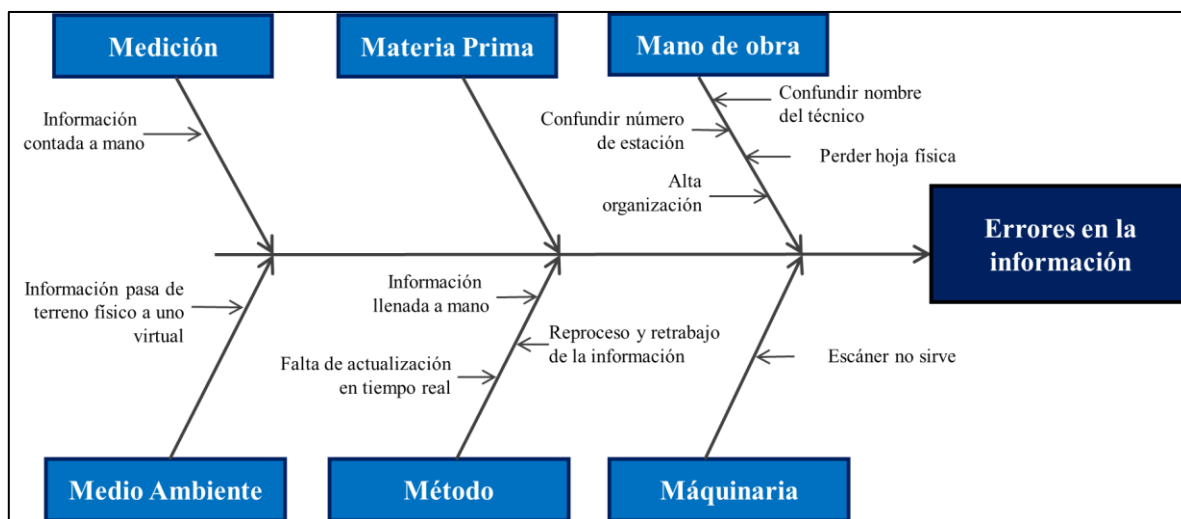


Figura 16. Diagrama Ishikawa enfocado en errores en la información. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

Gracias al diagrama se logra observar que gran parte del efecto de tener errores se derivan en gran medida de la Mano de obra y el Método que se tiene, de forma que la propuesta de un sistema Poka Yoke automatizado ayudaría en evitar que existan errores en estos rubros, ya que los auditores no tendrían que enfocarse en ello, más bien solo en llenar la información de forma adecuada en el sistema, y dejar de preocuparse por lo demás.

Conclusión etapa de Analizar

Gracias al análisis realizado me pude dar cuenta de que va a ser necesario eliminar todos aquellos desperdicios que se dan al interior de la auditoría como lo son la transportación, inventario, espera y sobre procesamiento de la información tanto física como virtualmente, con lo cual lograré que la información recabada de la auditoría sea lo más certera a como los auditores lo concibieron, de esta forma también lograré aminorar la carga de inversión en cada una de las auditorías por estación y por técnico.

3.6 Mejorar

En la cuarta etapa se requiere plantear una solución para poder mejorar el proceso de tal forma que se eliminen los desperdicios dando como resultado un proceso eficiente.

Gracias al análisis realizado en la etapa anterior voy a enfocarme en la mejora del proceso que se lleva a cabo desde la obtención del formato para realizar la auditoría, la forma en que se llena el formato y el cómo se captura y guarda la información obtenida, para ello estaría automatizando la captura de la información inicial de la auditoría para que posteriormente pueda automatizar el proceso de guardado de la información en los diferentes medios requeridos por el equipo de auditores.

Para ello buscaría un proceso “paperless” en donde se deje a un lado el papel y todo lo que conlleva, de igual forma buscaría automatizar el proceso de tal forma que no sea necesario realizar nada más aparte de la inspección y el relleno de la información, por lo que voy a emplear la paquetería de Microsoft Office para lograrlo, así como recursos tecnológicos que la misma empresa puede brindarnos.

Todo esto indica que se van a requerir recursos tecnológicos, será posible ya que se van a emplear recursos del departamento de ingeniería, en este caso se estaría empleando una tableta ET46, como se muestra a continuación en las Figuras 17.a y 17.b.



Figuras 17.a y 17.b. ET46 vista delantera y trasera. Fotos tomadas por mí de la tableta ET46, 2023.

Reproducido con permiso del autor.

La ventaja que tiene esta tableta es que cuenta con una carcasa la cual nos brinda un escáner en la parte lateral, como se muestra en la Figura 17.c.



Figura 17.c. ET46 vista lateral. Foto tomada por mí de la tableta ET46, 2023. Reproducido con permiso del autor.

Gracias a este escáner, que se encuentra en la parte derecha de la imagen antes vista, vamos a poder leer códigos de barras, acción que va a ser de gran valor para la propuesta de auditoría.

3.6.1 Proceso de automatización propuesto

Derivado del planteamiento de la solución se propone el diagrama que se encuentra en la Figura 18, en donde está el proceso que se estaría implementando, destacando que muchas actividades se realizan de forma automática o resultan más fáciles de realizar gracias al empleo de los recursos tecnológicos.

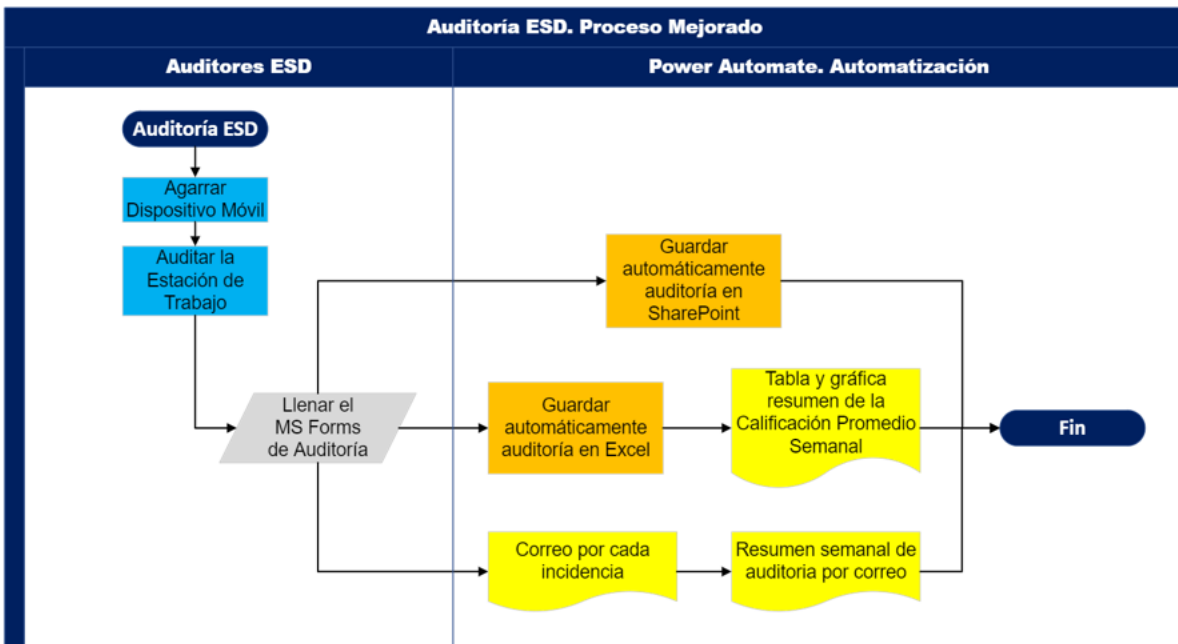


Figura 18. Diagrama proceso propuesto. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

El proceso que se propone requiere en principio de un dispositivo móvil, que en este caso será una tableta de la misma compañía, la cual cuenta con un escáner, permitiendo de esta forma agilizar la captura de datos en la tableta.

En cuanto los auditores toman este dispositivo móvil tienen que abrir el MS Forms que se encuentra anclado en la pantalla de inicio, a partir de este punto es realizar el proceso de ir a las estaciones de trabajo y realizar la auditoría a partir de revisar los 5 puntos que se evalúan, así como preguntar si existen incidencias o algún comentario adicional.

Una vez realizada la inspección se llena el MS Forms a partir de lo que consideren adecuado los auditores, en cuanto llenan el formulario tienen que mandar la auditoría emitida, en este momento es donde la automatización tiene lugar, ya que esta es la única actividad que hacen los auditores.

Después de enviar el formulario se guarda automáticamente la información tanto en una lista de SharePoint como en un Excel. La lista se encuentra dentro de una carpeta compartida con todo el centro de reparaciones para que exista transparencia en los resultados obtenidos de la auditoría. Por otro lado, el Excel es de uso exclusivo de los auditores, en este Excel se busca calcular la calificación promedio que se tuvo semanalmente, así como crear un gráfico que requieren para sus presentaciones de resultados, después se crea una matriz especial con las incidencias para que tengan la oportunidad de actuar en ellas.

Por último, se mandan automáticamente correos con casos especiales como las incidencias, para dejar registro del suceso y puedan los auditores tener pruebas de lo sucedido; de igual forma se manda un correo los viernes a las 8 am con los resultados promedio que se obtuvieron de la auditoría en la semana en cuestión.

Se emplean diversas herramientas dentro del proceso nuevo, por lo que es necesario explicar cada una de ellas para tener una mejor visibilidad de cada una de ellas, de forma que a continuación se desarrollaran a fondo.

MS Forms

MS Forms es una herramienta de Microsoft en donde se pueden realizar encuestas, esta herramienta será de vital importancia ya que es aquí donde estaré poniendo todos los elementos que evalúan los auditores desde el nombre del reparador, el número de estación, las 5 preguntas y, sí se da el caso, las incidencias con su acción correctiva.

A continuación, en la Figura 19, se muestran las primeras preguntas las cuales serán contestadas por los auditores, el resto de las preguntas podrán ser encontradas en el anexo que se encuentra al final del documento.

The image shows a mobile application form titled "Auditoría ESD". At the top, it says "Depot MX". Below that, there is a "Required" section with a note: "* This form will record your name, please fill your name." followed by a text input field. The form contains three numbered questions:

- 1. No. Estación: ***
Escanear código de barras o QR
[Barcode scanner input field]
- 2. Auditado - INI: ***
Poner en mayúsculas la letra con la que empiezan el/los nombres y apellidos
[Text input field]
- 3. Ponerse la bata adecuadamente con los botones frontales abrochados y de las mangas. ***
1=Si esta dentro de los parámetros. 0=No cumplimiento. N/A=No aplica.
 1
 0
 N/A

Figura 19. Captura de preguntas MS Forms. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

La ventaja de emplear el formulario es que se evita que los auditores escriban a mano, y al contrario con un solo “click” o “tap” pueden brindar mucha información gracias a las respuestas precargadas.

Hay diversos reactivos dentro del Forms los cuales no pueden ser automatizados y se requiere que el auditor escriba en la tableta, aunque son casos especiales; dos casos que requieren una respuesta personalizada son el número de estación y el nombre del auditado, por lo que se va a usar el escáner de la tableta para poder leer estos datos a partir de códigos de barras que contienen esta información.

SharePoint

La información que se implanta en el cuestionario va a ser guardada, de forma automática, en una lista de SharePoint, con el objetivo de que la información sea pública para todos los reparadores y de esta forma y puedan mejorar en caso de que lo requieran, derivado de que

es información que cualquiera puede ver, no se muestran todos los resultados de la encuesta, solo se pueden ver 5 campos: el primero es el Título que consta de un número que se da a cada auditoría, lo cual permite en el sistema de automatización guardar la información con un indicador, después tenemos la hora de completado que indica la fecha y hora en que se terminó la auditoría, tenemos más adelante la semana en la que se está realizando la auditoría, seguido de ello tenemos la calificación promedio que se obtiene de cada estación y por último la calificación objetivo que es de 95.

A continuación, en la Figura 20, se muestran capturas de la lista la cual fue creada a partir de los comentarios de los auditores.

The image shows a screenshot of a SharePoint list interface. At the top, there is a header bar with a purple lightbulb icon, the text 'To Do Incidents', and 'Auditoria ESD' with a star and a refresh icon. Below the header is a table with five columns: 'Title', 'Completion time', 'Semana', 'Calificación', and 'Calificación obj...'. Each column has a dropdown arrow. The table contains several rows of data, but the text is blurred. The interface is clean and professional, typical of a modern SharePoint environment.

Figura 20. Lista de SharePoint. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Excel

Como se mencionó anteriormente no se comparte toda la información en el SharePoint, de modo que es necesario tener una base de datos de donde se pueda guardar toda la información que se obtiene de las auditorías, para ello se estaría empleando Excel y sería de uso exclusivo de los auditores.

A continuación, en la Figura 21, se muestra una captura de cómo se acomodan los datos de forma automática, aunque por cuestión de espacio no se mostrarán todos.

ID	Start time	Completion time	Email	Semana	Verificador:	No. Estacion	Auditado - INI
						Electrical	
						Ing.	
						AIT	
						EVM	
						Quality	

Figura 21. Excel. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Se tiene un formato de color por cada estación, esto es para ayudar a los auditores a poder segmentar la información en caso de ser necesario revisar cada uno de los datos.

A partir de la base de datos se obtiene la calificación promedio de la semana que es de vital importancia para los reportes que realizan los auditores, para ello se creó un formato en Excel en el cual se va actualizando el promedio de la calificación semanal en el momento y a la vez se actualiza automáticamente el gráfico, evitando que los auditores tengan que realizarlo todas las semanas, ahora solo copian y pegan el gráfico para sus reportes.

A continuación, en la Figura 22 se muestra el formato realizado.

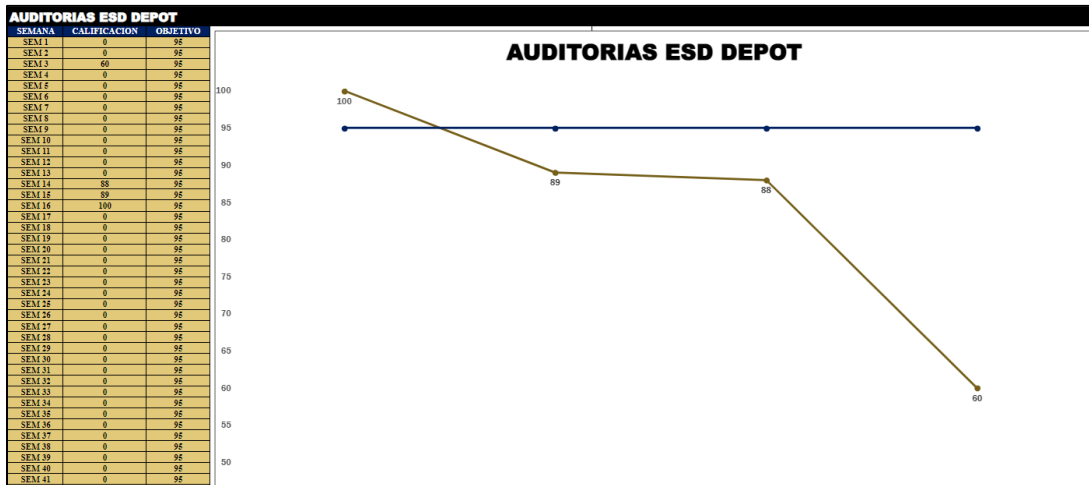


Figura 22. Resumen auditoría Excel. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Por último, se realizó un apartado en donde se guardan las incidencias, de estas se brinda la oportunidad de agregar un documento adjunto para tener pruebas de las incidencias, a continuación, en la Figura 23, se muestra el formato realizado.

ESTATUS DE INCIDENCIAS									
Abierto									A
Cerrado									C
Fecha compromiso no cumplida									N

Seman	Incidencia	Responsabl	Atendio	Accion a realizar	Estatus	Fecha compromiso	Comentario Adicional	Documento adjunto
					A			
					A			
					C			
					C			
					N			
					N			

Figura 23. Resumen incidencias. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Toda esta información es importante para los auditores, gracias a esta automatización se ahorra tiempo para el guardado de toda la información, por lo que es de vital importancia la realización de este proyecto.

Power Automate

Power Automate es una herramienta de Microsoft que permite automatizar tareas empleando todo el ecosistema de Microsoft Office, en este caso se creó un flujo que permita guardar la información del MS Forms tanto en el SharePoint como en el Excel, a continuación, se muestra una captura del flujo en la Figura 24.

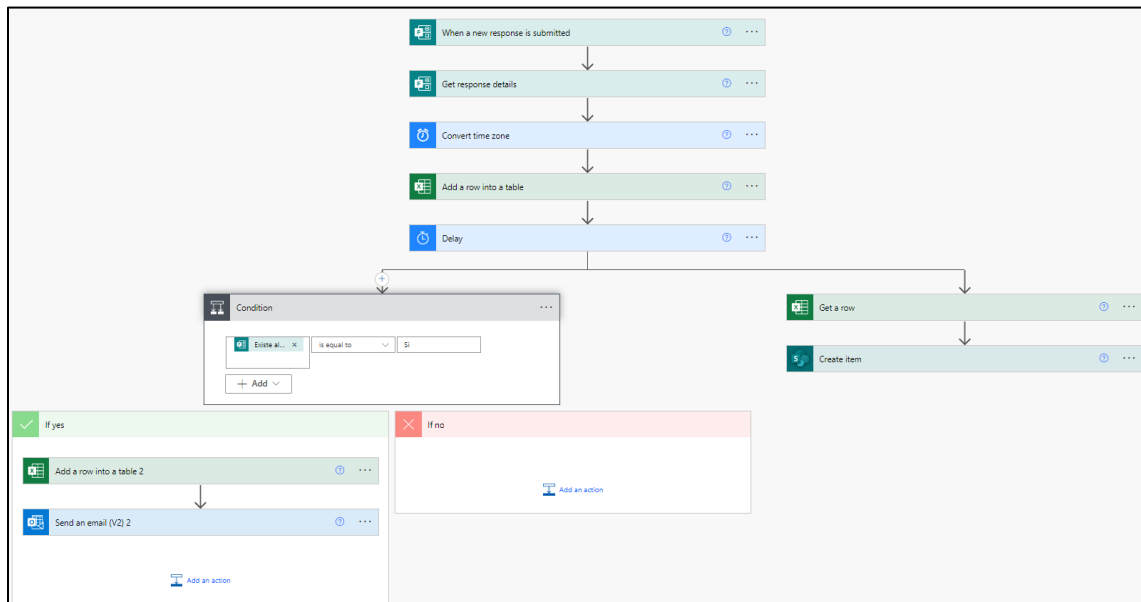


Figura 24. Flujo Power Automate para guardar la información automáticamente. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

En general se observa como el flujo realiza todas las tareas antes mencionadas, en principio se obtiene la respuesta del formulario de la auditoría, la información obtenida es guardada en la base de datos, Excel, para después hacer dos actividades en paralelo: la primera se encarga

de extraer la información de la base de datos para después subirla al SharePoint; la segunda es una condicionante que evalúa si existe una incidencia, en caso de que si exista guarda la incidencia en la tabla de Excel, y posteriormente envía un correo con un resumen de la auditoría y su respectiva incidencia, en caso de que no haya incidencia no se realiza nada más.

De igual forma creé otra rutina de Power Automate para enviar un resumen semanal de los resultados obtenidos, el flujo se muestra en la Figura 25.

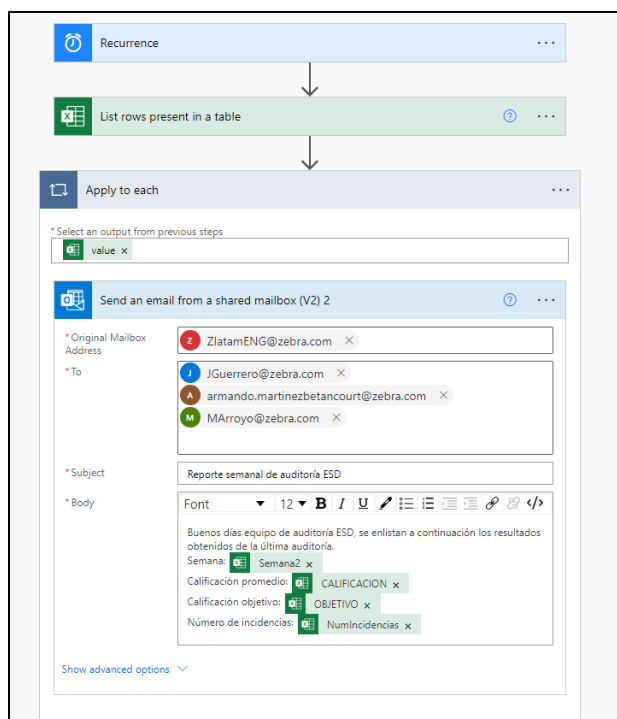


Figura 25. Flujo Power Automate correo resumen. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Este flujo se encarga de enviar un correo los viernes a las 8 am al equipo de auditorías ESD, en el correo se da un resumen de la auditoría realizada, se menciona la semana, la calificación promedio obtenida, la calificación objetivo, así como el número de incidencias obtenidas.

Todas estas rutinas permiten automatizar todo el proceso y brindan la posibilidad de tener evidencia de la auditoría, por lo que da gran valor añadido para los auditores.

Conclusión etapa de Mejorar

El proceso de mejora requiere de ideas que agilicen los procesos empleando las tecnologías, sin duda este es el estándar que busque y por ello se llegó a la concepción de la automatización del proceso.

Sin duda me parecen de gran valor todas las herramientas que nos brinda Office 360, el poder tener un sistema virtual que emplee la nube me parece invaluable ya que da pie a evitar la realización de actividades repetitivas que no brindan ningún tipo de valor; al combinar estas herramientas con los equipos con los que cuenta la empresa se pueden hacer proyectos como este, que lleven a la empresa a obtener estándares de calidad altos no solo en proceso de auditoría, sino que también en el proceso productivo de reparación pero también en procesos administrativos.

3.7 Controlar

Para la última fase de la metodología empleada se requiere crear un elemento de mejora continua, que permita evaluar el proceso y con ello mantener el estándar de calidad que se planteó en la implementación de la mejora, en principio se realizó una capacitación a los auditores, más adelante un manual que permita tener un mayor control de las herramientas brindadas y por último logré obtener la capacidad del proceso propuesto.

3.7.1 Poka Yoke

Antes de hablar de los elementos de calidad, se destaca un elemento Poka Yoke que se tiene dentro del nuevo proceso de auditoría, este se explica a través del empleo de códigos de barra para poder llenar el formulario, con lo cual se garantiza tener la información correcta.

El código de barras del número de estación se encuentra en el escritorio, Figura 26, a un lado del monitor (dispositivo para regular las cargas electrostáticas).



Figura 26. Código de barras de estación. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Por otro lado, el código de barras referente al nombre del auditado, Figura 27, se encuentra en la parte trasera de la credencial con la cual entran al centro de reparaciones, esto asegura que lleven su credencial todos los días.



Figura 27. Código de barras nombre del reparador. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Gracias al empleo del código de barras se permite garantizar diversas acciones que convergen con la auditoría. En principio se garantiza que los reparadores siempre tengan consigo su credencial lo que brinda una mayor seguridad en el lugar de trabajo y también evitar quitar el tiempo a algún compañero para que le abra, de igual forma se obliga a los técnicos a mantener su estación de trabajo limpia para que pueda ser escaneada y auditada.

De manera similar se obtiene un resultado positivo para los auditores ya que el tener el código de barra en la estación de trabajo ayuda a ubicar de forma sencilla a la estación que se audita; por otro lado, se permite ubicar y saber el nombre completo de los auditados gracias a los códigos de barra, lo cual garantiza que no existan conflictos respecto a no saber el nombre de los compañeros.

3.7.2 Entrenamiento

La implementación del nuevo método de auditorías fue realizada de la mano del equipo de auditorías, de manera que siempre existió una retroalimentación.

Una vez implementada la versión final se realizó una capacitación a todo el equipo para que no existieran dudas con el equipo o las aplicaciones, derivado de ello se lograron obtener las fotografías presentadas en las Figuras 28.a y 28.b, en donde vemos a uno de los auditores realizando las pruebas en una estación de trabajo.



Figuras 28.a y 28.b. Capacitación al equipo de auditorías ESD. Foto tomada por mí, 2023. Reproducida con permiso de los auditores.

3.7.3 Manual

El brindar capacitación no es suficiente, ya que el equipo de auditorías puede cambiar en un futuro, por lo que la mejora implementada quedaría rezagada o no funcionando como se planteó en un principio, por ello he creado un manual para que cualquier integrante, sea nuevo o viejo, pueda entender las herramientas que propuse. El manual, Figura 29, es el siguiente:

WORK INSTRUCTION			
Document Number:	ENG-WI-XXX		
Description:	Auditoria ESD Automatizada		
Service Centre where it applies:	Engineering Area		
Applies to:			
CHANGE LOG			
Author:	Change Description	Date (MM/DD/YY)	Rev.
Emiliano Granados	<u>Revisión Inicial</u>	05/11/2023	A
			Page 1 / 23

Figura 29. Manual de capacitación. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

En las instrucciones de trabajo se explica todo el proceso que he planteado para que se pueda automatizar la auditoría.

En principio se hace una explicación del equipo que se va a emplear para la auditoría, la cual es una tableta ET46 de la marca de la empresa.

Más adelante se va explicando cada una de las herramientas que se emplean para la auditoría, primero es el MS Forms, el cual deben de contestar para brindar la información de la auditoría, se explica que con ayuda de la tableta se pueden escanear tanto el número de estación, como el nombre de los técnicos, para de esta forma agilizar el proceso de guardar la información.

Después se explica la lista de SharePoint, que su única función es la de compartir los resultados obtenidos de la auditoría con todo el personal del centro de reparaciones.

Más adelante hablo de la segunda pieza fundamental de la automatización, el Excel, el cual funge como mi base de datos, también permite calcular la calificación promedio semanal, así como su respectivo gráfico, y por último se tiene la tabla de incidencias. En este punto destaca una instrucción importante que se agregó, en donde en caso de que el gráfico se descuadre se pueda arreglar fácilmente, ya que al ser un gráfico dinámico emplea fórmulas que no son fáciles de entender.

Posteriormente se explican las alertas que se generan de la auditoría, las cuales son dos, la primera son correos con las incidencias que se suscitan de la auditoría, y el segundo es un correo con el resumen semanal de la auditoría.

Gracias a este manual estaría brindando un estándar de calidad, que permita su revisión por el personal de auditorías ESD en cualquier momento.

3.7.4 Capacidad del proceso automatizado

Anteriormente en la etapa de medir realicé la evaluación de la capacidad del proceso que existía anteriormente, en este apartado me encargaré de evaluar la capacidad del proceso actualizado y realizaré la comparativa para conocer la mejora obtenida.

Recordando, las dos variables para analizar son:

1. Tiempo de auditoría. El tiempo objetivo es de 1 minuto, por lo que todas aquellas auditorías que sean mayores a este tiempo serán consideradas como defectos.

2. Buscaremos tener un sistema anti-errores de tal forma que no existan defectos en el proceso de auditoría, de forma que se tomaran en cuenta como errores los siguientes escenarios.
 - a. Auditor escribá información en otra casilla que no sea la del auditado.
 - b. Auditor no recuerde el nombre del auditado.
 - c. Auditor no reconozca el número de estación de trabajo.

A continuación, se presentan los defectos encontrados con el proceso propuesto.

Auditoria	Tiempo [s]	Tiempo menor a 1 min	Casilla correcta	Nombre correcto	No. estación correcta	Defectos
A1	46.00	SI	SI	SI	SI	0
A2	113.00	NO	SI	SI	SI	1
A3	21.00	SI	NO	SI	SI	0
A4	48.00	SI	SI	SI	SI	0
A5	41.00	SI	SI	SI	SI	0
A6	9.00	SI	SI	SI	SI	0
A7	91.00	NO	SI	SI	SI	1
A8	55.00	SI	SI	SI	SI	0
A9	77.00	NO	SI	SI	SI	1
DEFECTOS		6	1	0	0	7

Tabla 6. Defectos del proceso propuesto. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

A partir de la tabla de tiempos se obtuvo la evaluación de los defectos que existieron dentro de la auditoría, en este caso se observa que existieron 7 defectos en total sumando ambas variables, con ello se puede obtener la capacidad del proceso empleando la métrica de Defectos Por Millón de Oportunidades, a continuación, se presenta.

$$DPMO = \frac{\text{Número de defectos en la muestra}}{\text{Número total de oportunidad de defectos en la muestra}} * 1,000,000$$

El número de defectos en la muestra fue obtenido anteriormente en la tabla, por lo que falta obtener el número total de oportunidades de defectos, para ello se multiplican el número de auditorías por las variables de defectos, de forma que nuestra métrica quedaría de la siguiente manera:

$$DPMO = \frac{7}{51 * 4} * 1,000,000 = 34,313.73$$

Esto indica que de un millón de oportunidades de defectos que puedan producirse en la auditoría, se están obteniendo 34,314 defectos, lo que en otras palabras indicaría que del

100% de las auditorías realizadas, se tienen defectos en el 3.43% de las oportunidades, o, por el contrario, el 96.56% de las auditorías se hacen sin errores.

A continuación, presento una tabla comparativa del proceso anterior con el proceso actualizado:

	Proceso anterior	Proceso actualizado
DPMO	154,761.90	34,313.73
% de error	15.48%	3.43%
% sin error	84.52%	96.57%
Nivel sigma	2.5	3.3

Tabla 7. Comparativo proceso anterior contra proceso propuesto. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

De la tabla comparativa se puede observar que existe una mejora sustancial en el proceso mejorado, en donde se pasa de un DPMO de 154,762 a 34,314, en porcentaje fue una mejora del 12.04%.

Se agregó un detalle extra en esta tabla comparativa que es el nivel Sigma obtenido, para ello se empleó la tabla de nivel Six Sigma, se observa que pasamos de un proceso de nivel sigma 2.5 a uno de nivel 3.3, lo que significa una mejora inmensa en el proceso dando como resultado un proceso de auditoría más eficiente y con menos variabilidad, esto asegura que la información obtenida del proceso de auditoría sea verídica, sin errores y que se haya tomado en un tiempo corto permitiendo que tanto los auditores como los técnicos puedan enfocarse en actividades que brinden mayor valor agregado al proceso de reparación de los equipos como lo son la creación de proyectos de mejora.

Conclusión etapa de Controlar

Gracias a la implementación del proyecto de mejora se obtuvieron mejoras palpables que permitieron obtener un proceso de auditoría de alta eficiencia pasando de un nivel sigma 2 a un nivel 3, lo que se define en una mejora exponencial del proceso; Para lograr este valor se requirió la creación de la mejora, pero también de la ejecución y capacitación del equipo de auditorías, pero esto no es suficiente ya que es necesario garantizar que este proyecto siga con buenos resultados, es por ello que creé el manual con el cual garantizó que en caso de existir alguna falla en el sistema pueda ser reparado o por el contrario, sirva de capacitación para nuevos elementos que se integren al equipo de auditorías ESD.

Sin duda se obtuvo un avance notable en la calidad y eficiencia, sin embargo, creo que existe aún oportunidad de mejora para alcanzar estándares más altos en calidad, rendimiento y tiempo.

Capítulo 4. Resultados obtenidos

Derivado del proyecto planteado e implementado se lograron obtener buenos resultados, en donde los comentarios de los auditores fueron positivos, aunque se tuvieron que hacer ligeros cambios al modelo original ya que algunas propuestas no eran adecuadas para el equipo de auditorías ESD; después de todo el trabajo realizado logré implementar la auditoría ESD.

8.1 Análisis de tiempos del proceso

Una vez realizado la inducción con el nuevo proceso de auditoría tanto a los auditores como a los técnicos reparadores se tomaron los tiempos del proceso automatizado, a continuación, se comparte una muestra de los resultados obtenidos en la tabla 7, si se desea ver todos los tiempos con el proceso actualizado se recomienda ir al anexo.

Auditoria	Tiempo [s]
A1	46.00
A2	113.00
A3	21.00
A4	48.00
A5	41.00
A6	9.00
A7	91.00
A8	55.00
A9	77.00

Tabla 8. Tiempos proceso mejorado. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Dentro de los tiempos obtenidos se observa que existe variación en ellos, ya que sigue existiendo el caso de que no se encuentran los operarios en las estaciones de trabajo, o en algunos otros existen incidencias, de cualquier forma, se observa que se tienen menores tiempos que con el proceso original.

La ventaja que se tiene es que actualmente el proceso de auditoría consta en que los auditores respondan el formulario de Microsoft el cual esta previamente cargado en la tableta que se les brindó, por lo que el tiempo total de la auditoría solo sería el que se tardan en las 61 estaciones de trabajo, ya no es necesario tomar los tiempos como de la impresión de la hoja o el guardar la información.

Con ello tenemos que el tiempo total que estarían invirtiendo los auditores a la semana es de:

Tiempo total de la auditoría con el proceso actualizado [min]	
Tiempo promedio de auditoría por estación	0.59 min
Tiempo total de auditar las 61 estaciones de trabajo	36.24 min
Tiempo de impresión de formatos semanal	0 min
Tiempo de captura de información Excel	0 min
Tiempo de escaneo y almacenado de hojas y datos	0 min

Tiempo total del proceso actual	36.24 min
--	------------------

Tabla 9. Actividades y tiempos proceso mejorado. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

Se observa cómo es que el tiempo de la auditoría se ha minimizado, se pasó de un tiempo promedio semanal de 86 minutos a 36 minutos, lo que significa un ahorro del 60% del tiempo que se obtenía del proceso de auditoría pasado, lo que confirma la obtención de un proceso esbelto.

8.2 Análisis financiero enfocado en tiempos

Uno de los objetivos de la implementación del proyecto fue el obtener mi certificación de Yellow Belt dentro de la empresa, para ello se requería obtener un ahorro de al menos \$2,500 USD.

Esta meta fue lograda con éxito, por cuestiones de privacidad no se dará el cálculo exacto ya que implicaría dar datos de salarios dentro de la compañía, por ello he recurrido a hacer el análisis con respecto al tiempo anualizado que los auditores tienen que emplear en las auditorías.

Por el origen de la mejora estos son considerados como ahorros suaves ya que son ahorros que van a permitir a los involucrados a ser más efectivos en su trabajo y les permitirá realizar otras actividades que sean de mayor valor.

Para lograr calcular el tiempo se van a considerar dos casos, el primero es respecto al tiempo de los auditores y el segundo es respecto al tiempo de los reparadores.

Tiempo de los auditores

Para poder calcular el ahorro de tiempo respecto al tiempo de los auditores consideré la siguiente fórmula:

$$t_{es} = (\text{Tiempo total a la semana original} - \text{Tiempo total a la semana mejorado}) \\ * \text{semanas del año} * \text{número de auditores}$$

La cual nos indica que el tiempo ahorrado anualmente por parte de los auditores es igual al tiempo ahorrado semanalmente multiplicado por las 52 semanas del año por los tres auditores que se tienen actualmente, por lo que el cálculo quedaría de la siguiente forma:

$$t_{es} = (86.38 [min] - 36.24 [min]) \left(\frac{1 [hr]}{60 [min]} \right) * 52 * 3 = 130.36 [hrs]$$

Esto nos indica que se obtuvo un ahorro de 130.36 [hrs] por parte de los auditores comparado con el proceso que se empleaba anteriormente

Tiempo de los auditados

Para poder calcular el ahorro respecto al tiempo de los auditados consideré la siguiente fórmula:

$$t_{os} = (\textit{Tiempo por estación original} - \textit{Tiempo por estación mejorado}) \\ * \textit{semanas del año} * \textit{número de auditados}$$

La cual nos indica que el tiempo ahorrado anualmente por parte de los auditados es igual a la diferencia del tiempo por estación del proceso actual y el tiempo por estación del proceso mejorado este valor es multiplicado por las 52 semanas del año por cada uno de los auditados dentro del centro de reparación, que resulta ser igual a 42 auditados, que es el número de reparadores que se tienen en el centro de reparaciones, por lo que el cálculo quedaría de la siguiente forma:

$$t_{es} = (1.19 [min] - 0.59 [min]) \left(\frac{1 [hr]}{60 [min]} \right) * 52 * 42 = 21.84 [hrs]$$

Esto nos indica que se obtuvo un ahorro de 21.84 [hrs] por parte de los auditados comparado con el proceso que se empleaba anteriormente.

Ahorro económico

Se observa que existe un ahorro tanto del lado de los auditores como los de los auditados, para poder presentar el ahorro económico que existió se empleó un formato que la empresa nos da, por lo que a continuación, en la Figura 30, se muestra el resumen de los ahorros.

COST SAVINGS CALCULATION TEMPLATE																																
CATEGORY		V3.3																														
TIME SAVINGS (Direct labor &)	Direct Savings (standard time savings)	\$0.00																														
	Indirect Savings	\$2,712.73																														
PROCESS SAVINGS (Related to quality/yield)	Process savings	\$0.00																														
	Cost to Scrap reduction/elimination	\$0.00																														
MATERIALS SAVINGS	Cost Reduction on Material from BOM	\$0.00																														
	Raw Material Inventory savings	\$0.00																														
	Manufacturing consummables savings	\$0.00																														
	Plant consummables savings	\$0.00																														
AVOIDED COSTS	Avoided Products or Services Cost	\$0.00																														
	Floor space savings	\$0.00																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">SUMMARY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Completion Date</td> <td colspan="2">5/24/2023</td> </tr> <tr> <td>Project Name</td> <td colspan="2">ESD Audits Automatation</td> </tr> <tr> <td>Owner</td> <td colspan="2">Emiliano Granados</td> </tr> <tr> <td>Finance Validation By/Date</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Savings</td> </tr> <tr> <td>TOTAL Hard Savings</td> <td>\$0.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL Soft Savings</td> <td>\$2,712.73</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL avoided cost</td> <td>\$0.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL SAVINGS</td> <td>\$2,712.73</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SUMMARY			Completion Date	5/24/2023		Project Name	ESD Audits Automatation		Owner	Emiliano Granados		Finance Validation By/Date			Savings			TOTAL Hard Savings	\$0.00		TOTAL Soft Savings	\$2,712.73		TOTAL avoided cost	\$0.00		TOTAL SAVINGS	\$2,712.73	
SUMMARY																																
Completion Date	5/24/2023																															
Project Name	ESD Audits Automatation																															
Owner	Emiliano Granados																															
Finance Validation By/Date																																
Savings																																
TOTAL Hard Savings	\$0.00																															
TOTAL Soft Savings	\$2,712.73																															
TOTAL avoided cost	\$0.00																															
TOTAL SAVINGS	\$2,712.73																															

Figura 30. Resumen de ahorros. Adaptada de formato dado en el curso de L6s, 2019. Adaptada con permiso del autor.

Gracias a la mejora obtuvimos un ahorro de \$2,712.73 USD, suma que es mayor al objetivo planteado en un inicio permitiéndome asegurar que se tuvieron resultados positivos, dando pie a tener un proceso eficiente y rentable.

Capítulo 5. Conclusiones

El proyecto de automatización se logró realizar con éxito ya que se cumplió el objetivo principal el cual es el de estandarizar los procesos; en este caso logré crear un modelo de auditoría con el cual se pudieran emplear elementos tecnológicos dando como resultado una mejora de tiempo y de dinero.

Derivado de haber cumplido al cien los requerimientos planteados, logré obtener mi certificación de Yellow Belt lo que me avala para poder seguir implementando mejoras en los procesos tanto operativos como administrativos empleando siempre un enfoque desde la metodología Lean Six Sigma.

Al final fue un proyecto que puso a prueba todas mis habilidades y conocimientos, tuve que regresar a la bibliografía que se dio en materias como Calidad o Análisis y Mejora de Proceso, por otro lado, aprendí a usar nuevas herramientas como lo fue todo el ecosistema de Microsoft lo que va a ser un valor agregado que voy a poder emplear en mi carrera profesional.

De igual forma el proyecto, y en general mi práctica profesional, me enseñó un campo de trabajo que me parece no está tan cuidado y puede ser una gran oportunidad de trabajo, este campo es el de mejorar los procesos administrativos, con ello me refiero a que tienen gran valor el emplear la metodología Lean Six Sigma en otras actividades que no sean necesariamente enfocadas a la producción; como ejemplo tenemos la automatización de las auditorías, al final es una actividad que no brinda valor para la reparación; sin embargo logré obtener una mejora enfocada en el proceso administrativo de la calidad logrando ahorrar muchas horas al personal de auditorías.

Terminé mi práctica profesional con un gran sabor de boca, más allá de los ahorros que obtuve me quedo con todo el aprendizaje obtenido tanto de mi departamento, mi jefe Gerardo, mi asesora Silvina así como mis sinodales de quienes en todo momento recibí la ayuda que necesité con un excelente trato, agradezco a la institución de la Facultad de ingeniería por brindarme de las herramientas que un Ingeniero Industrial requiere para poder desarrollarse en el campo profesional y sobre todo a mi familia que me ha dado el entorno adecuado para que pueda llegar a cumplir mi sueño de ser Ingeniero Industrial.

Fuentes de información

Council for Six Sigma Certification. (2018, mayo 5). *Six Sigma Yellow Certification*.
<https://industrial.uniandes.edu.co/es/layout-tres/certificaci%C3%B3n-lean-six-sigma>

Dirección de Lean6s. (s.f.) *Lean Seis Sigma Cinta Amarilla*. Recuperado del portal del área de estudios de la empresa.

Dutt, P. (2021, mayo 15). *8 wastes of lean manufacturing 'TIMWOODS'*.
Apparelsience.com. <https://apparelsience.com/8-wastes-of-lean-manufacturing-timwoods/>

Felizola Jiménez, H., & Amaya, C. L. (2014, abril). *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico*. *Ingeniare*, revista Chilena de Ingeniería. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/772/77231016012.pdf>

Fernandez, A. J. (2022, noviembre 9). *Industry 4.0: the Fourth Industrial Revolution and its Technologies*. E-Saurio's Blog - Mobile Experts. <https://blog.e-saurio.com/industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-its-technologies/>

Francisco, B. A. (2023) *Curso de Yellow Belt brindado a través de la dirección de LSS*

González Correa, F., Guzmán-Soria, E., Hernández Martínez, J., & Rebollar Rebollar, S. (2008). *Implementación de un proyecto de mejora basado en las estrategias lean manufacturing y six sigma*. *Panorama administrativo*, 3(5), 57–96. Biblat. <https://biblat.unam.mx/es/revista/panorama-administrativo/articulo/implementacion-de-un-proyecto-de-mejora-basado-en-las-estrategias-lean-manufacturing-y-six-sigma>

Herrera Acosta, R. J. & Fontalvo Herrera, T. J. (2000). *Seis Sigma: métodos estadísticos y sus aplicaciones*. G - EUMED

Home, P. (2013, mayo 17). *Cómo calcular el nivel de calidad sigma de un proceso*. Pdcahome.com. <https://www.pdcahome.com/4466/calcular-el-nivel-sigma-del-proceso/>

Loyola Macias, L. M. (2014) *Implementación de las metodologías Six-Sigma y Lean Manufacturing en la línea de mezclado de vainilla artificial "Bethel"*. Tesis de Licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/implementacion-de-las-metodologias-six-sigma-y-lean-manufacturing-en-la-linea-de-mezclado-de-vainilla-artificial-39be-358385?c=PoziRe&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Matías, J. C. H., & Idoipe, A. V. (2013, mayo 1). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. EOI. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/78202/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

Portal de la empresa. (s.f.) *Inicio, Historia e Intranet*.

Ramírez Pérez, J. F., López Torres, V. G., Hernández Castillo, S. A., & Morejón Valdés, M. (2021). *LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES: LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0 EN LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES*. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166, 5(4), 151–168. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.584>

Silva Guerra, M. A. (2019). *Mejora de procesos mediante metodología Lean Six Sigma (Yellow Belt) aplicada a una línea de manufactura de amortiguadores electromagnéticos*. Tesis de Licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/mejora-de-procesos-mediante-metodologia-lean-six-sigma-yellow-belt-aplicada-a-una-linea-de-manufactura-de-amortiguado-3509758?c=LZqODG&d=true&q=*&i=2&v=1&t=search_0&as=0

Anexo

A continuación, en la tabla 9 se muestran los tiempos, así como defectos que se obtuvieron en el proceso de auditoría original:

Auditoría	Tiempo [s]	Tiempo menor a 1 min	Casilla correcta	Nombre correcto	No. estación correcta	Defectos
A1	65.00	NO	SI	SI	SI	1
A2	110.00	NO	SI	SI	SI	1
A3	166.00	NO	SI	SI	SI	1
A4	47.00	SI	SI	SI	SI	0
A5	60.00	NO	SI	NO	SI	2
A6	225.00	NO	SI	SI	SI	1
A7	72.00	NO	SI	SI	SI	1
A8	90.00	NO	SI	SI	SI	1
A9	10.00	SI	SI	SI	SI	0
A10	35.00	SI	SI	SI	SI	0
A11	64.00	NO	SI	SI	SI	1
A12	17.00	SI	SI	SI	SI	0
A13	17.00	SI	SI	SI	SI	0
A14	18.00	SI	SI	SI	SI	0
A15	104.00	NO	SI	SI	SI	1
A16	158.00	NO	SI	SI	SI	1
A17	71.00	NO	SI	SI	SI	1
A18	15.00	SI	SI	SI	SI	0
A19	69.00	NO	SI	SI	SI	1
A20	204.00	NO	NO	SI	SI	2
A21	27.50	SI	SI	SI	NO	1
A22	27.50	SI	SI	SI	SI	0
A23	28.00	SI	SI	SI	SI	0
A24	67.00	NO	SI	SI	SI	1
A25	75.00	NO	SI	SI	SI	1
A26	61.00	NO	SI	SI	SI	1
A27	142.00	NO	SI	SI	SI	1
A28	119.00	NO	SI	SI	SI	1
A29	86.00	NO	SI	SI	SI	1
A30	28.50	SI	SI	SI	SI	0
A31	28.50	SI	SI	SI	SI	0
A32	226.00	NO	SI	SI	SI	1
A33	56.67	SI	SI	SI	SI	0
A34	56.67	SI	SI	SI	SI	0
A35	56.67	SI	SI	SI	SI	0
A36	34.00	SI	NO	SI	SI	1
A37	26.00	SI	SI	SI	SI	0
A38	13.50	SI	SI	SI	SI	0
A39	13.50	SI	SI	SI	SI	0
A40	46.00	SI	SI	SI	SI	0
A41	72.00	NO	SI	SI	SI	1
A42	82.00	NO	SI	SI	SI	1
DEFECTOS		22	2	1	1	24

Tabla 10. Tiempos proceso actual. Elaboración propia a partir del proceso actual, 2023.

A continuación, en la tabla 10 se muestran los tiempos, así como defectos obtenidos del proceso de auditoría actualizado:

Auditoría	Tiempo [s]	Tiempo menor a 1 min	Casilla correcta	Nombre correcto	No. estación correcta	Defectos
A1	46.00	SI	SI	SI	SI	0
A2	113.00	NO	SI	SI	SI	1
A3	21.00	SI	NO	SI	SI	0
A4	48.00	SI	SI	SI	SI	0
A5	41.00	SI	SI	SI	SI	0
A6	9.00	SI	SI	SI	SI	0
A7	91.00	NO	SI	SI	SI	1
A8	55.00	SI	SI	SI	SI	0
A9	77.00	NO	SI	SI	SI	1
A10	73.00	NO	SI	SI	SI	1
A11	53.00	SI	SI	SI	SI	0
A12	20.00	SI	SI	SI	SI	0
A13	24.00	SI	SI	SI	SI	0
A14	17.00	SI	SI	SI	SI	0
A15	47.00	SI	SI	SI	SI	0
A16	29.00	SI	SI	SI	SI	0
A17	41.00	SI	SI	SI	SI	0
A18	18.00	SI	SI	SI	SI	0
A19	35.00	SI	SI	SI	SI	0
A20	21.00	SI	SI	SI	SI	0
A21	30.00	SI	SI	SI	SI	0
A22	31.00	SI	SI	SI	SI	0
A23	30.00	SI	SI	SI	SI	0
A24	29.00	SI	SI	SI	SI	0
A25	16.00	SI	SI	SI	SI	0
A26	58.00	SI	SI	SI	SI	0
A27	22.00	SI	SI	SI	SI	0
A28	22.00	SI	SI	SI	SI	0
A29	15.00	SI	SI	SI	SI	0
A30	18.00	SI	SI	SI	SI	0
A31	19.00	SI	SI	SI	SI	0
A32	10.00	SI	SI	SI	SI	0
A33	74.00	NO	SI	SI	SI	1
A34	22.00	SI	SI	SI	SI	0
A35	20.00	SI	SI	SI	SI	0
A36	20.00	SI	SI	SI	SI	0
A37	41.00	SI	SI	SI	SI	0
A38	11.00	SI	SI	SI	SI	0
A39	21.00	SI	SI	SI	SI	0
A40	35.00	SI	SI	SI	SI	0
A41	22.00	SI	SI	SI	SI	0
A42	13.00	SI	SI	SI	SI	0
A43	22.00	SI	SI	SI	SI	0
A44	30.00	SI	SI	SI	SI	0
A45	20.00	SI	SI	SI	SI	0
A46	49.00	SI	SI	SI	SI	0
A47	37.00	SI	SI	SI	SI	0
A48	19.00	SI	SI	SI	SI	0
A49	51.00	SI	SI	SI	SI	0
A50	91.00	NO	SI	SI	SI	1
A51	41.00	SI	SI	SI	SI	0
DEFECTOS		6	1	0	0	7

Tabla 11. Tiempos proceso mejorado. Elaboración propia a partir del proceso propuesto, 2023.

A continuación, se muestra el resto del MS Forms.

<p>4. Verificar la funcionalidad de pulsera/monitor. * 1=Si esta dentro de los parámetros. 0=No cumplimiento. N/A=No aplica.</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> N/A</p> <p>5. Portar pulsera antiestática y mantenerse en todo momento conectado a tierra física (monitor). * 1=Si esta dentro de los parámetros. 0=No cumplimiento. N/A=No aplica.</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> N/A</p> <p>6. Revisar visualmente la conexión a tierra física de tapetes y el monitor correctamente aterrizados. * 1=Si esta dentro de los parámetros. 0=No cumplimiento. N/A=No aplica.</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> N/A</p> <p>7. Mantener área libre de agentes generadores de estática (bolsas, hojas, cartón etc). * 1=Si esta dentro de los parámetros. 0=No cumplimiento. N/A=No aplica.</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> N/A</p>	<p>8. Existe alguna incidencia? * Seleccione esta opción en caso de agregar algún comentario</p> <p><input type="radio"/> Si</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p>9. Verificador: *</p> <p><input type="radio"/> Armando M.</p> <p><input type="radio"/> Eduardo G.</p> <p><input type="radio"/> Miguel A.</p> <p>10.Cuál es el dispositivo en cuestión? * Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"</p> <p><input type="radio"/> Bata</p> <p><input type="radio"/> Cable</p> <p><input type="radio"/> Cordón</p> <p><input type="radio"/> Monitor</p> <p><input type="radio"/> Pulsera ESD</p> <p><input type="radio"/> Tapete</p> <p><input type="radio"/> Other</p>
---	---

11. Cuál es la incidencia con la Bata? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Tiene los botones flojos
- Tiene un desgarre
- Esta desgastada
- No se tiene puesta
- Other

12. Acción a realizar con la Bata: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Cambiar bata
- Arreglar bata
- Pedir que sea puesta
- Other

13. Cuál es la incidencia con el Cable? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Esta dañado
- Tiene "falso"
- Esta desconectado
- Other

14. Acción a realizar con el Cable: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Arreglar cableado
- Cambiar cableado
- Other

15. Cuál es la incidencia con el Cordón? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Esta dañado
- Esta desconectado
- Other

16. Acción a realizar con el Cordón: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Cambiar el cordón
- Conectar el cordón
- Other

17. Cuál es la incidencia con el Monitor? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Esta desconetado
- Se activa continuamente
- Revision
- Tiene falla
- Esta dañado
- Other

18. Acción a realizar con el Monitor: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Arreglar cableado
- Cambiar fuente
- Cambiar monitor
- Conectarse al monitor
- Other

19. Cuál es la incidencia con la Pulsera ESD? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Esta desgastada
- Esta floja
- No esta puesta
- Other

20. Acción a realizar con la Pulsera ESD: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Cambiar la pulsera ESD
- Ponerse la pulsera ESD
- Other

21. Cuál es la incidencia con el tapete? *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Esta desgastado
- Esta desconectado de tierra
- Other

22. Acción a realizar con el tapete: *

Elige la opción adecuada, si no aparece la opción escribir el dispositivo en la casilla "Other"

- Arreglar cableado
- Cambiar tapete
- Other

23. Cuál es la incidencia que no se encuentra listada? *

Describe la incidencia

24. Acción a realizar de la incidencia no listada: *

Detalla la acción a realizar

25. Estatus *

A=Abierto. C=Cerrado. N=Fecha Compromiso No Cumplida.

A

C

N

26. Fecha compromiso *

Detalla la fecha en que se cumple o se espera cumplir con la acción a realizar.

27. Comentario adicional

En caso de haber alguna aclaración o caso extraordinario

28. Prueba adjunta

En caso de ser necesario agregar foto para tener prueba del caso en cuestion.

File number limit: 1 Single file size limit: 10MB Allowed file types: Word, Excel, PPT, PDF, Image, Video, Audio