

Título

***METODOLOGIA PARA ALCANZAR LA META DE PRODUCCION PARA
MAQUINA SPOT 6***

Autores:

Miguel Angel Reyes Orozco
Dra. Maria Teresa Escobedo Portillo
M.C Virginia Estebané Ortega
M.A. Guillermina Martínez Moreno

Fecha: 19 mayo 2021

RESUMEN

Se diseña y aplica una metodología para alcanzar la meta de producción de 1000 piezas al día en la que actualmente solo se producen 650. Se utiliza una herramienta interactiva como el DMAIC al igual que el diagrama SIPOC para documentar y El RACI, con el que se pueden mapear tareas y entregas y se relacionan con los roles de cada proyecto, con la toma de decisiones y, en base a lo anterior se asignan responsabilidades. Una vez aplicada las diferentes metodologías y hacer un estudio de tiempos, se obtienen 1001 piezas con cero defectos. De igual manera se reduce la cantidad de piezas defectuosas de 50 a cero.

Miguel Angel Reyes Ingeniero de manufactura

Jan Vivanco Lider de producción

Alicel Villalobos Ingeniero de calidad

Jorge Ambrosio Soldador

1. INTRODUCCIÓN

La planta Eaton CRDS que se encuentra en Ciudad Juárez, Chihuahua se procesan varios tipos de transformadores que se pueden utilizar como generadores para hospitales, servidores de empresas importantes de redes sociales, paginas web y transformadores de energía eléctrica doméstica, entre otros. Pero en este proyecto se enfocará especialmente en un área llamada latas donde se producen cajas de control eléctrico, estas cajas son ensambladas en la línea de producción utilizando los siguientes componentes: puerta trim, caja y bracket. Así como la puerta y el bracket llega a la línea de producción como pieza terminada lista para el ensamble, pero en el caso de la caja solo llega la lámina cortada y con los ponches que necesarios para ser doblada en la línea, Cada componente lleva un proceso el cual consiste en corte, ponchado, doblado, soldadura y pintura que se realizan en el área de fabricación que se encuentra ubicada dentro de la misma empresa, estos dos últimos procesos solo aplican en la caja y bracket. El cliente perteneciente a esta línea requiere una demanda de 1000 cajas ensambladas por día, para esto todos los

componentes que lleva la caja se deben de procesar con la misma demanda y al mismo tiempo para cumplir con la meta. En el proceso para caja se cumple con la meta ya que la caja como se mencionó anteriormente se procesa en la línea de producción y es la que hace la pauta para empezar con el ensamble, la puerta trim su cuello de botella es el proceso de soldadura en los que se procesan 800 puertas por día, aunque este sea el cuello de botella de todos los procesos para esta pieza no existe problema alguno ya que el proceso de la puerta es mayor a la demanda que se requiere, pero para el proceso de bracket en donde se tiene un problema ya que en el área de fabricación especialmente en soldadura de punto no se alcanza la meta obteniendo solo 650 piezas por día, el cual para cumplir con la meta se tiene que utilizar otra maquina soldadora de punto para poder cumplir con lo que requiere producción. Para este proceso de soldadura en especial solo se trata de unir dos piezas por medio de soldadura de punto, las cuales son solera y bracket, la cantidad de puntos es dependiendo del modelo que se va a procesar y la distancia de punto a punto es de 6 pulgadas, las medidas que se manejan son: 36, 42, 48, 54, 60, 72 y 90 pulgadas. En el transcurso del día se procesan combinaciones de modelos para cumplir con la demanda de producción. Existen varios problemas en esta máquina los cuales genera tiempo muerto que afecta en la producción para esto se realizaron algunos métodos para poder llegar al problema o problemas principales.

2. METODOLOGÍA

La metodología que utilizo para este proyecto fue el método DMAIC (Imagen 2.1).

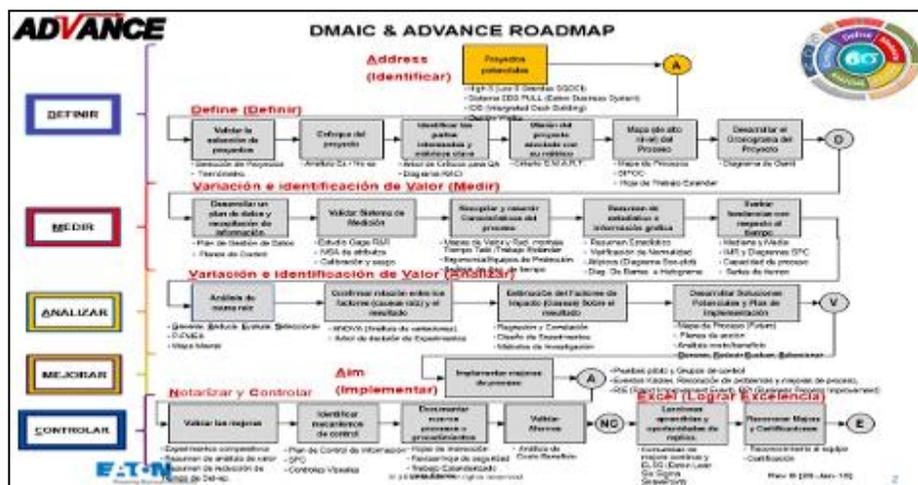


Figura 2.1 Mapa DMAIC. Fuente: elaboración propia.

“DMAIC es una herramienta interactiva utilizada para la mejora de procesos. Su uso más común es en proyectos que utilizan la metodología Seis Sigma, pero su aplicación no es exclusiva para proyectos guiados por dicha estrategia, o sea, usted puede utilizar esa herramienta en cualquier situación en la cual desee implantar mejoras.

DMAIC es el acrónimo en inglés para cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar (Define, Measure, Analyze, Improve y Control). Cada uno de estos pasos debe realizarse en el orden D-M-A-I-C y, si al final del ciclo el resultado esperado no se alcanza, el ciclo se debe reiniciar. Este proceso debe repetirse hasta que se alcance la mejora deseada.” (Minetto, 2019).

Para iniciar con el proyecto primero empezamos con la fase de definicion como lo menciona la metodologia DMAIC, el primer paso para esto es justificar el proyecto demostrando con datos de produccion que realmente no se cumple con la demanda que se requiere, para esto se solicito al departamento de produccion un historial de las piezas producidas por dia de meses anteriores para confirmar que el proyecto si es real. Para esto se encontraron los siguientes resultados.(imagen 2.2)



Figura 2.2 Piezas producción. Fuente: elaboración propia.

Una vez que se validó que el proyecto si es real de acuerdo con el historial de producción, se paso a los siguientes pasos dentro de la fase de definir, en los cuales se tiene que precisar en donde ocurre y quien son las personas que afectan directa o indirectamente en el proyecto.

A) Definir. *“El primer paso es definir las oportunidades, el alcance, los objetivos y los participantes. En general, en este paso se define lo que se hará y cuál es el resultado esperado al final de la ejecución del ciclo.”* (Minetto, Qualiex, 2019)

1. Selección de proyectos.

En la siguiente tabla “criterios para selección de proyectos” se deben de especificar 10 puntos que se piden para identificarlos. (tabla 2.1)

Tabla 2.1 Criterio de selección de proyectos.

Project Selection Criteria	
10. Supported by management: Sponsor (Identify the person who is going to remove roadblocks, provide resources, and approve toll gates)	Steel Shop Manager - Roger Paredes
9. A rock in your wagon: Process Owner (Identify the person on the team who has responsibility of this process)	Manufacturing Supervisor - Javier Molina
8. There is a know metric (Identify the metric that is causing the pain or indicates a process problem)	Productivity (more pieces \$)
7. There is a process: begin and end (Identify the first and last process step, operation, or machine)	Start: Welded hearth with bracket End: Bracket assembly in box
6. Unknown root cause (May have suspicions but root causes(s) are unknown; preventive actions are unknown)	The suspicious cause may be the cycle time of the welder or the welding points that the brackets carry
5. Not a solution in search of a problem (There is a process to be improved and a problem to be resolved)	Process to be improved
4. Support identified: Mentor (Identify the person who will provide statistical, methodology and methods support)	Champion - Arturo Loredó
3. Complexity (Low, Moderate, High)	Moderate
2. Potential Benefit (Identify the initial estimated savings)	Increase production by 35% with a single welding machine
1. Finance Support: Financial Analyst (Identify the financial analyst who will validate the savings)	Controller- Miguel Maynez

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla los puntos que vienen son para especificar el soporte por parte de gerencia en este caso lo fue el gerente de producción, la persona responsable directamente del proceso que lo es el supervisor del área, el métrico con el que se midió el proyecto es productividad, donde empieza el proceso y como termina, la sospecha de una posible causa, si el problema está resuelto o aún no tiene alguna solución, el mentor que va

ayudar durante el proyecto, la complejidad del mismo, los beneficios obtenidos y por último el soporte de finanzas que hará valido las ganancias en el proyecto.

2. El siguiente paso se realizó un análisis llamado es o no es (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Análisis es o no es.

Is	Not
Eaton	ABB
CRDS	Bussmann
Cd. Juarez	Sumter
Brackets	Boxes
Cans Models	DTDT
SPOT welding machine	MIG welding machine
Productivity	Scrap

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se define cual área y que tipo de modelo se va realiza en el proyecto para hacerlo mas especifico.

En la tabla (2.3) especifica quienes son los proveedores, los dueños del proceso y clientes dentro de la planta para que con esto entendamos bien quienes son las personas afectadas en el proceso.

SIPOC. *“El diagrama SIPOC es una herramienta que se utiliza para documentar. La palabra SIPOC significa Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers, es decir Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes que forman las columnas del diagrama.”* (MANUALES, 2020)

Tabla 2.3 Tabla SIPOC.

Stakeholders (identify names for each functional area identified)		
Suppliers	Process Owners	Customers
Raw materials Jemison metals steel tech	Plant Manager: Emanuel Ibarra Steel Shop Manager: Roger Paredes Shift Supervisors: Javier Molina and Luis Horta	Next step Welding bracket with sill with weld spot Operators, Team Leader and Supervisor
of data & information David Garcia Product Manager	Team leader: Jan Vivianco Operator: Jorge Ambroso	Downstream assembly
of human resources Jose Angel Gutierrez		Consumer Jose Avila-Miguel Perez Team leader latas
of financial resources Miguel Maynez - Controller		Regulatory N/A
Key Metrics		
Measurable Inputs, xs	Process Metrics, xs and ys	Measurable Outputs, ys
Material Cost Available Time	Takt Time Weld Cycle Time	Pieces (#), Productivity, Delivery

Fuente: elaboración propia.

Una vez identificadas las personas que interactúan en el proceso, se realizó una matriz RACI esto para definir a cada una cual es su responsabilidad en el proyecto en la siguiente tabla (2.4) se muestra cómo queda cada uno.

RACI. *“Es una herramienta que identifica roles y responsabilidades y las relaciona con las tareas dentro de un proyecto. El RACI mapea tareas y entregas y las relaciona con los roles en tu proyecto, y la toma de decisiones y responsabilidades se asignan a cada rol usando los términos anteriores. Así que echemos un vistazo a lo que significa cada uno de estos términos.”* (Haworth, 2021)

Tabla 2.4 Tabla RACI.

Function	Core Team						Extended Team					
	Project Leader	Process Owner	Leader	Quality Assurance	Operator	Technicians	Mentor	Sponsor	Finance	Human Resources	Product	Security
Responsibility	Miguel Reyes - V&M Engineer	Javier Molina / Luis Borja - Supervisor	Jani Vilhano - Team leader	Alicia Villalobos - Quality Engineering	Jorge Andreson	Technicians all technicians A-30	Aturo Londo - OPEX Leader	Roger Farides - Steel Shop Manager	Miguel Martinez	Jose Angel Gutierrez III - Supervisor	David Garcia - Product Manager	Eddie Reyes - EHS Manager
Address and Define	A	R	I	C	I	I	C	C	C	I	I	I
Variation (Measure and Analyze)	R	R	R	R	I	R	C	A	R	I	C	I
Aim (Improve)	A	R	R	R	C	R	C	C	I	I	I	C
Notarize and control	A	R	R	R	R	R	C	C	I	I	C	I
Excel	R	R	I	I	I	I	C	A	A	I	C	I

KEY	A	Accountable to complete	C	Consulted beforehand
	R	Responsible to do	I	Informed afterwards

Fuente: elaboración propia.

Solo para entender un poco mejor el significado de cada letra, se establece de la siguiente manera: A= es propietario de la tarea, R= comprometido a la tarea, C= asiste para proporcionar con alguna información para complementar la tarea e I= se mantiene al tanto de los avances o cierres de tareas.

La mejor comprensión de los objetivos que se tienen que cumplir se realizo una tabla de objetivo Smart el cual se pone un objetivo dependiendo de cada característica las cuales son 5, especifico, medible, alcanzable, relevante y temporal. En la siguiente tabla (2.5) se muestra los resultados de cada uno de los objetivos que se plantearon.

SMART. “Estos objetivos se determinan independientemente de que sean a corto o largo plazo, el tamaño que tiene la empresa o su sector. Por encima de todo, lo que se busca es tener una planificación clave por la utilidad que tiene en la administración y seguimiento.” (Peiró, 2017)

Tabla 2.5 Tabla criterio SMART.

SMART Criteria		
Specific & Searchable (Create statement from IS prtion of IS/IS NOT)	The production target demanded by the can line in spot welding machine 6 is not reached. This is manufactured by Eaton CRDS in Ciudad Juarez, MX	
Measurable (Document the historical performance in your AS-Is and your goals in the Desired State)	Goal: 1000 pieces per day real: 650 pieces per day with two spots	Increase Output in at least 1000 pieces Benefit: reach the production goal with a single spot
Achievable (Validate projected duration and end date with Gantt Chart)		See Gantt Chart
Relevant (Does your project support the 6% cost productivity or the 100M inventory reduction initiative?)	Supports OTP goal of 100%	
Time Bound (Required or committed end date)		Complete by mid Feb 2020.

Project Mission Success Goals
reach the production goal with a single spot

Fuente: elaboración propia.

El en siguiente paso se realizó SIPOC o un mapa de proceso a alto nivel del proceso del bracket ya que es la pieza con la que se va a trabajar en el proyecto, esto ayuda a entender todo el proceso por el que pasa la pieza o producto desde que se recibe la materia prima hasta que se envía al cliente final o en este caso la siguiente área. En la imagen 2.3 se muestra como es que se conforma el proceso de los brackets de latas.

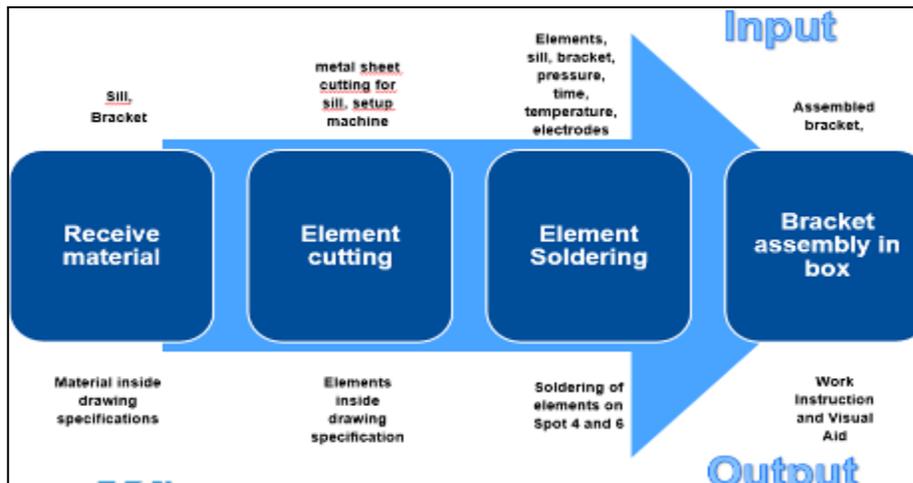


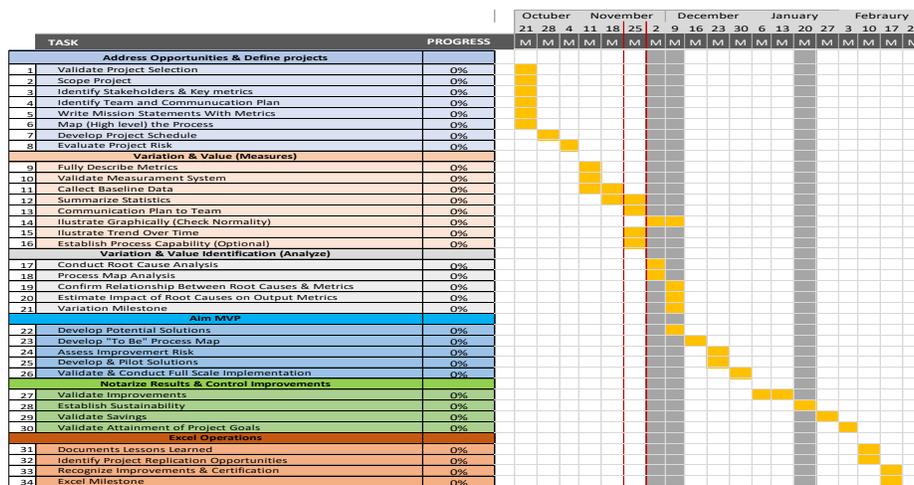
Figura 2.3 Mapa SIPOC. Fuente: elaboración propia.

Para finalizar con la etapa definir de la metodología DMAIC, se realiza una matriz GANTT para establecer fechas de cada una de las tareas y tener una fecha tentativa final

de cuando se terminaría el proyecto una vez que se cierren todas las tareas que se propusieron en el equipo. En la tabla 2.6 se muestra la matriz Gantt del proyecto.

Diagrama Gantt. “El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.” (Pérez, 2021)

Tabla 2.6 Matriz Gantt.



Fuente: elaboración propia.

Una vez que se terminó con la etapa de definir, se pasó al siguiente paso de la metodología la cual es medir, en ella consiste en recopilar información del proceso para obtener un historial de datos y con el cual saber si las metas establecidas si se podrán cumplir con los datos adquiridos y con esto poder empezar a investigar las causas del problema.

B) Medir. “El objetivo de este paso es recolectar datos e informaciones para analizar y evaluar el escenario actual, preferentemente de forma cuantitativa y estadística, para así establecer baselines para las mejoras pretendidas y, al final

del ciclo, usted pueda comparar el escenario actual con el resultado obtenido y así verificar si las mejoras implantadas fueron satisfactorias.” (Minetto, Qualiex, 2019)

Para empezar con la etapa medir se realizó una tabla llamada plan de gestión de datos el cual es *“El Plan de Gestión de Datos (PGD) –Data Management Plan (DMP), es un documento formal que debe presentarse al inicio de la investigación, en el cuál se esboza la gestión que se aplicará durante el ciclo de vida de los datos, desde su creación hasta la finalización del proyecto de investigación.*

El PGD describe qué datos se van a recoger o generar, qué metodología y normas se van a emplear, cómo se van a compartir y/o poner en abierto, y cómo se van a conservar y preservar.” (murcia, 2021).

En la tabla 3.1 se muestran los datos de plan desarrollado.

Tabla 3.1 Datos de plan desarrollado.

Data Management plan										
Metric (unit of measure)	Operational definition (verbal) or formula	Family of measure	Data type	Desirability	Graphical display of central tendency	Graphical display of time order	Data source location	Collector	Sampling plan	Stratification factors
Productivity	pcs per day	P	Continuous	Increase	histogram	IMR	Production	Excel	50 samples per shift	Javier molina

Fuente: elaboración propia.

La información que se agrego en el plan fue que se iba a realizar un muestreo cada día por 50 piezas el cual los datos se recopilaron en una tabla de Excel esto se revisó con el supervisor encargado de la maquina para poder obtener la disponibilidad de esta.

Antes de empezar con el estudio de tiempos, se investigó sobre la demanda que se tuvo un año antes para entender cual de todos los modelos que se procesan en la maquina son los de mayor volumen y cuales son los de bajo volumen ya que para este estudio se tiene que realizar una ponderación para no tener que hacer un promedio de los tiempos, esto a

que en esta maquina se corren 7 modelos diferentes y se hace en base a diferentes combinaciones durante el día para poder cubrir la demanda de cada una de ellas.

Con los datos proporcionados por parte de producción se obtuvo los siguientes datos que se muestran en la tabla (3.2).

Tabla 3.2 Números de parte.

ITEM	QTY	PORCENTAJE
42C1988G05	9949	27.24%
42C1988G04	7986	21.87%
42C1988G09	6066	16.61%
42C1988G07	5742	15.72%
42C1988G12	3318	9.08%
42C1988G03	3017	8.26%
42C1987G04	180	0.49%
42C1987G05	160	0.44%
42C1987G09	100	0.27%
S1165D37G17	4	0.01%
TOTAL	36522	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Estos datos que se muestran en la tabla 3.2 es la demanda que se tuvo en el año 2020 y se sacó su porcentaje para definir cuales son de mayor volumen y cual es de menor volumen.

Una vez teniendo esta información se tomó tiempos por cada punto de soldadura que se realizaba en cada uno de los modelos como se muestra en la tabla (3.3).

Tabla 3.3 Toma de tiempos.

Muestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
42C1988G09	Toma material y lo coloca en escantillon	00:00:11	00:00:12	00:00:08	00:00:11	00:00:08	00:00:09	00:00:08	00:00:10	00:00:09	00:00:14	00:00:10
	Punto 1	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03
	Punto 2	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03
	Punto 3	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	00:00:03
	Punto 4	00:00:07	00:00:06	00:00:04	00:00:04	00:00:08	00:00:03	00:00:05	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:06
	Punto 5	00:00:05	00:00:05	00:00:05	00:00:05	00:00:05	00:00:02	00:00:05	00:00:07	00:00:06	00:00:06	00:00:05
	Punto 6	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	00:00:07	00:00:04	00:00:06	00:00:08	00:00:08	00:00:04
	Punto 7	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:03
	Punto 8	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:05	00:00:05	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04
	Punto 9	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03
	Punto 10	00:00:08	00:00:07	00:00:07	00:00:07	00:00:06	00:00:07	00:00:07	00:00:06	00:00:06	00:00:07	00:00:07
	Punto 11	00:00:04	00:00:04	00:00:05	00:00:04	00:00:07	00:00:05	00:00:05	00:00:04	00:00:05	00:00:05	00:00:05
Deja material en pallet	00:00:02	00:00:01	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:02	
Tiempo total		00:01:00	00:00:57	00:00:53	00:00:57	00:01:00	00:00:58	00:00:55	00:01:00	00:00:59	00:01:03	00:00:58

Muestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	
42C1988G05	Toma material y lo coloca en escantillon	00:00:08	00:00:10	00:00:05	00:00:08	00:00:07	00:00:10	00:00:07	00:00:08	00:00:06	00:00:08	00:00:08	
	Punto 1	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:02	00:00:03	00:00:02	00:00:03	00:00:03	
	Punto 2	00:00:06	00:00:06	00:00:05	00:00:05	00:00:06	00:00:06	00:00:07	00:00:07	00:00:06	00:00:06	00:00:06	
	Punto 3	00:00:04	00:00:06	00:00:04	00:00:05	00:00:04	00:00:04	00:00:05	00:00:04	00:00:05	00:00:04	00:00:05	
	Punto 4	00:00:03	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	00:00:03	
	Punto 5	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:04	00:00:03	
	Punto 6	00:00:05	00:00:08	00:00:06	00:00:07	00:00:10	00:00:07	00:00:06	00:00:05	00:00:07	00:00:07	00:00:07	
	Punto 7	00:00:03	00:00:04	00:00:05	00:00:04	00:00:03	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04	00:00:04	
	Deja material en pallet	00:00:01	00:00:01	00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:02	00:00:01	00:00:03	
	Tiempo total		00:00:36	00:00:45	00:00:36	00:00:39	00:00:41	00:00:41	00:00:38	00:00:39	00:00:40	00:00:42	00:00:40

Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la tabla se tomó 10 tiempos por cada punto de los diferentes modelos para obtener el tiempo total de cada uno de ellos.

Al final se pasaron todos los tiempos a otra tabla para poder sacar la capacidad instalada de la maquina soldadora contemplando los descansos del operador, en esta maquina se trabaja en 3 turnos por 5 días. En la tabla (3.4) se muestra los datos obtenidos con los tiempos tomado.

Tabla 3.4 Calculadora de tiempos.

	36"	42"	48"	60"	72"	90"	
	42C1988G03	42C1988G04	42C1988G05	42C1988G07	42C1988G09	42C1988G12	
Toma material y lo coloca en escantillon	00:00:08	00:00:08	00:00:08	00:00:08	00:00:10	00:00:08	
Punto 1	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:03	
Punto 2	00:00:06	00:00:06	00:00:06	00:00:06	00:00:06	00:00:06	
Punto 3	00:00:05	00:00:05	00:00:05	00:00:05	00:00:03	00:00:05	
Punto 4	00:00:07	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	
Punto 5	00:00:04	00:00:03	00:00:03	00:00:03	00:00:05	00:00:03	
Punto 6		00:00:07	00:00:07	00:00:07	00:00:05	00:00:07	
Punto 7		00:00:04	00:00:04	00:00:03	00:00:04	00:00:03	
Punto 8			00:00:03	00:00:03	00:00:04	00:00:03	
Punto 9				00:00:04	00:00:03	00:00:05	
Punto 10					00:00:07	00:00:03	
Punto 11					00:00:05	00:00:03	
Punto 12						00:00:03	
Punto 13						00:00:04	
Deja material en pallet	00:00:01	00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:02	00:00:01	
TOTAL	00:00:33	00:00:40	00:00:40	00:00:46	00:00:58	00:01:01	WCT
PORCENTAJE DE DEMANDA	0.0836	0.2214	0.2758	0.1592	0.1681	0.0920	00:00:45

Estación	WCT	Capacidad
Spot latas	0.76	1269
Tack Time	6.67	
Tiempo disponible	960	
Demanda	144	

LATAS	
Demanda	36078
Diario	144

Fuente: elaboración propia.

Al final la capacidad que se puede alcanzar en esta maquina es de 1269 piezas por día, con esto nos da pauta para decidir continuar con el proyecto ya que se sabe que puede haber un aumento en la salida de piezas, las cuales las expectativas de la meta que se definió al principio del proyecto son mayores al pensado.

Para finalizar con la etapa de medir se realizo un estudio ergonómico para ver si el proceso tiene alguna percusión en cuestión a la fatiga y el cual esta afecte en el proceso de las piezas. En la siguiente imagen (3.1) se muestra el estudio realizado.

Ergonomía. “La ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos destinados a mejorar el trabajo, y sus sistemas, productos y ambientes para que se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.” (Andrés, 2017)

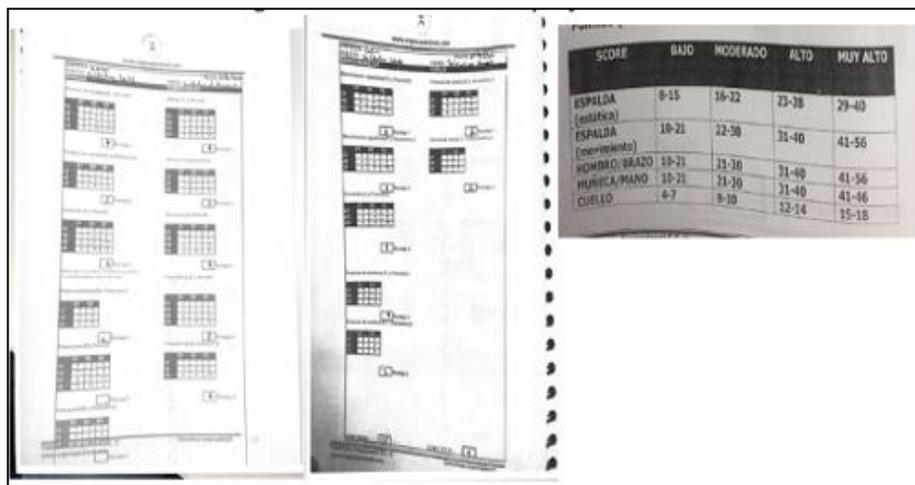


Figura 3.1 Evidencia análisis ergonómico. Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos en el estudio son los siguientes: espalda= 16, hombro-brazo= 24, mano-muñeca= 20 y mano= 4. Haciendo una relación con la tabla de niveles de riesgo en espalda se obtuvo un riesgo moderado, hombro-brazo moderado, muñeca-mano bajo y en cuello bajo. Con esto datos se comprendido que no existe algún riesgo de fatiga o lesión por realizar esta operación, con esto descartamos que la operación es difícil para elaborarse con una persona. Finalmente, con estos datos damos por terminada la etapa de medir para poder pasar con la siguiente de la metodología que es analizar.

Una vez obtenidos todos los datos que se cree que nos puede ayudar, se empezó con la etapa del análisis, a partir de aquí se juntó al equipo multifuncional con los cuales se realizaron las reuniones para entender desde el visto de vista de ellos algunos de los problemas que pueden surgir.

C) Análisis. *“El foco aquí es identificar la causa raíz del problema. Generalmente al analizar un proceso varias posibles causas raíz se identifican, pero la clave para el éxito de este paso es priorizar y validar la causa raíz del problema a tratar. Como resultado de este paso, se espera que se crean oportunidades de mejora.”*
(Minetto, Qualiex, 2019)

Para poder llegar a una buena decisión se utilizó el análisis de causa raíz. El cual es el siguiente *“Un método para solucionar problemas y que tiene la intención de eliminar, o en dado caso, disminuir la causa o las causas que los generan es el Análisis de Causa Raíz (ACR)”* (Acosta, 2017). El cual consta de 4 segmentos los cuales son:

1) Lluvia de ideas. *“El proceso conocido como lluvia de ideas (o también popular en inglés como brainstorming) es un proceso didáctico y práctico mediante el cual se intenta generar creatividad mental respecto de un tema”.* (Bembibre, 2010)

En la siguiente imagen (4.1) se muestra todas las posibles causas que se mencionaron en la reunión las cuales son esenciales para empezar a detectar cada punto y tener un comienzo en el análisis de la causa raíz.

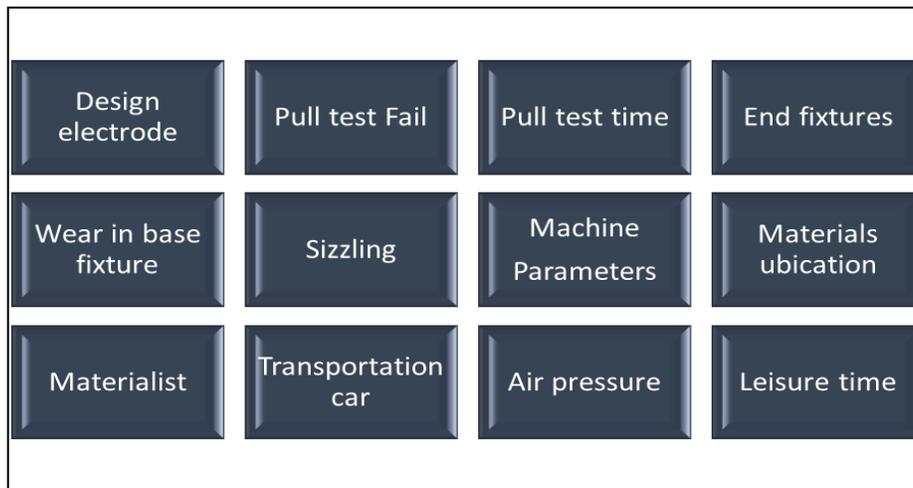


Figura 4.1 Lluvia de ideas. Fuente: elaboración propia.

2) Diagrama de causa & efecto. *“El diagrama de Causa-Efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o Ishikawa o análisis de 6Ms, es una técnica bastante útil para realizar un análisis de causa raíz más compleja, profunda y detallada. Este tipo de diagrama identifica todos los potenciales factores que contribuyen a la generación de un problema en el proceso.”* (Acosta, 2017) En este diagrama se analizan factores como son los enlistados a continuación:

- Mano de Obra
- Método
- Máquina
- Material
- Medio ambiente
- Medición

Una vez que se obtuvo las posibles causas raíz del problema se utilizó el diagrama de pescado para clasificar cada una dependiendo del factor que les correspondía y de la forma en la que quedó se muestra en la imagen (4.2) donde en la cabeza del diagrama se puso el problema principal. Para esta clasificación también se juntó al equipo multifuncional para tener una mejor percepción de donde tenía que entrar cada una de las causas en base a la experiencia en algunas personas que ya habían realizado anteriormente un diagrama de pescado o Ishikawa.

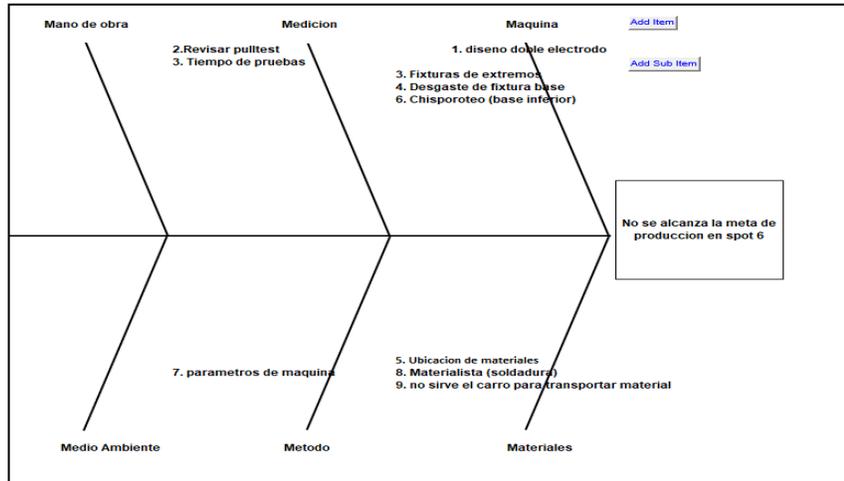


Figura 4.2 Diagrama de pescado. Fuente: elaboración propia.

Antes de pasar al siguiente segmento del análisis primero se define con una tabla en donde se agrega todas las causas existentes, una vez agregadas se les dio una ponderación de riesgo, que son 3, alto, medio y bajo. Depende del impacto que puede generar al momento de estar trabajando, para así enfocarnos en cual de todas las causas se debe trabajar primero para reducir los problemas que tiene mayor contribución al problema. En la imagen 4.3 se muestra la matriz de ponderación de como el equipo decidido dar a cada una de las causas.

CAUSA	PONDERACION			Justificacion
	N	A	M	
1. Diseño doble electrodo			M	
2. Revisar pulltest			M	
3. Tiempo de pruebas			M	
4. Chisporoteo		A		
5. Ubicación de materiales			M	
6. Desgaste de fixturas		A		
7. Parametros de maquinas		A		
8. Materialista			B	
9. Carro dañado para transportar material			B	

Figura 4.3 Matriz de ponderación. Fuente: elaboración propia.

Tal y como se puede observar en la tabla de las 9 causas que se obtuvieron solo 3 tienen una ponderación alta, lo cual nos dice que son con las primeras que se tiene que trabajar ya que son las de mayor riesgo al momento de producir y por consecuencia se tiene tiempo muerto, una vez que se cierre cada una de las causas de ponderación alta se puede continuar con las de color amarillo, ya que no son de ponderación alta pero si pueden afectar y así podremos tener mejores resultados al momento de comprobar los resultados después del cambio.

- 3) Técnica de los 5 porqués. *“Los 5 porqués típicamente se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es requerida, pero los resultados deben ser capturados en una hoja de trabajo. Los 5 porqués es una excelente técnica para abordar un simple análisis de causa raíz (ACR).”* (Acosta, 2017).

Las 3 causas de mayor ponderación que se mostraron anteriormente se les aplicó esta técnica para entender la causa por la cual se tiene ese problema y así poder llegar a una solución, para esto también juntamos al equipo multifuncional para que participara en cada una y poder aportar su experiencia y llegar a la causa en específico, solo cabe mencionar que en esta técnica no es necesario terminar hasta el quinto porque, como mínimo se puede terminar hasta la tercer porque, ya que en las 3 causas no se llegó hasta el quinto. En las siguientes imágenes (4.4, 4.7, 4.8) se muestra los resultados de cada una de las causas y su razón final del porqué.

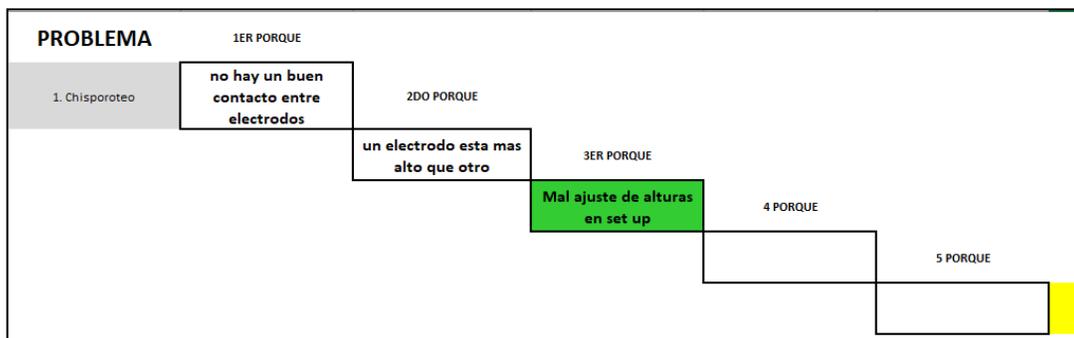


Figura 4.4 Técnica 5 porqués. Fuente: elaboración propia.

En la primera causa que es chisporroteo el equipo de mantenimiento nos aportó su experiencia conforme a los ajustes que realizaban cada vez que se detenía la máquina por ajustes, las cuales nos mencionan que la causa del chisporroteo es por un mal contacto entre el electrodo superior e inferior de la máquina (imagen 4.5, 4.6) que esto lo causa por el ajuste de alturas de ambos electrodos ya que uno podía estar más arriba que el otro y al momento que la máquina cierra para hacer el contacto existe un desfase en ellos recorridos y esto causa el mal contacto ya que ambos tienen que tocar el metal al mismo tiempo, por lo cual se llegó a que el problema principal de esto es que cada vez que se hace un cambio de electrodo por desgaste el técnico no realiza un buen setup y esto provoca todo lo anterior. Con esto damos por definido la primera causa para poder pasar a la siguiente.

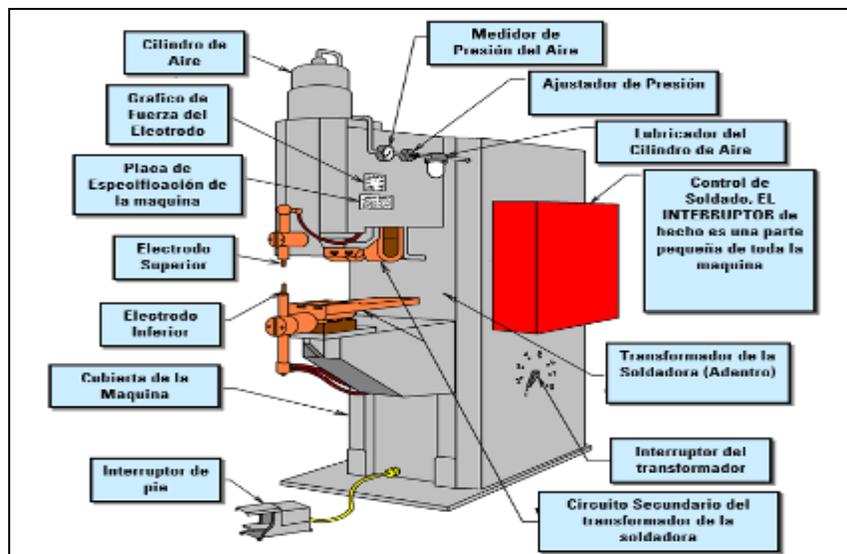


Figura 4.5 Descripción máquina de soldadura. Fuente: spot welding consultants

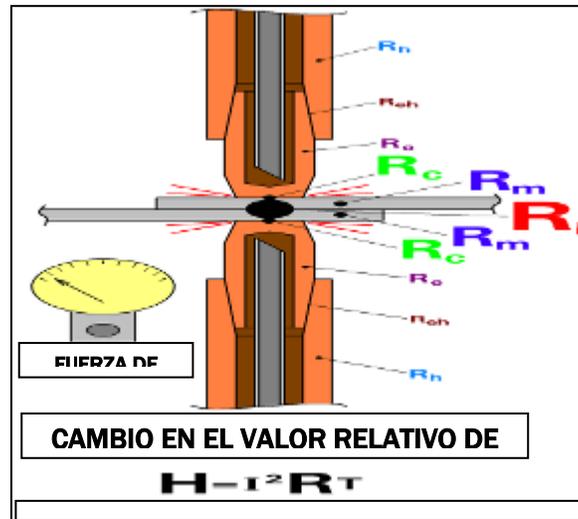


Figura 4.6 función de electrodos. Fuente: spot welding consultants

Para la segunda causa que es movimiento del bracket con la solera, el cual aplicando la metodología se llegó a la conclusión de que el movimiento que se genera al momento de soldar es por el desgaste de las fixturas o escantillones ya que el mismo permite que se muevan ambas piezas, el motivo porque el cual no se detecto el desgaste es porque no se tiene un sistema de control para escantillones. Imagen (4.7)

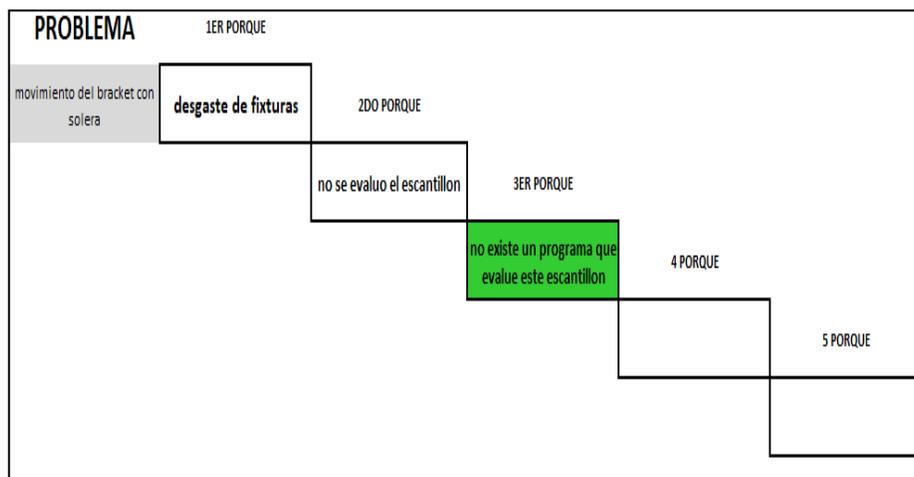


Figura 4.7 Técnica 5 porque's. Fuente: elaboración propia.

En la tercera causa referente al problema de mal soldado se llegó a la conclusión que se tiene problemas con los criterios de calidad ya que se presentan puntos de soldadura

profundos, esto a causa de que la maquina aplica mayor presión y calor, todo esto a causa de que los parámetros no están bien definidos acorde al tipo de material y el espesor. Imagen (4.8).

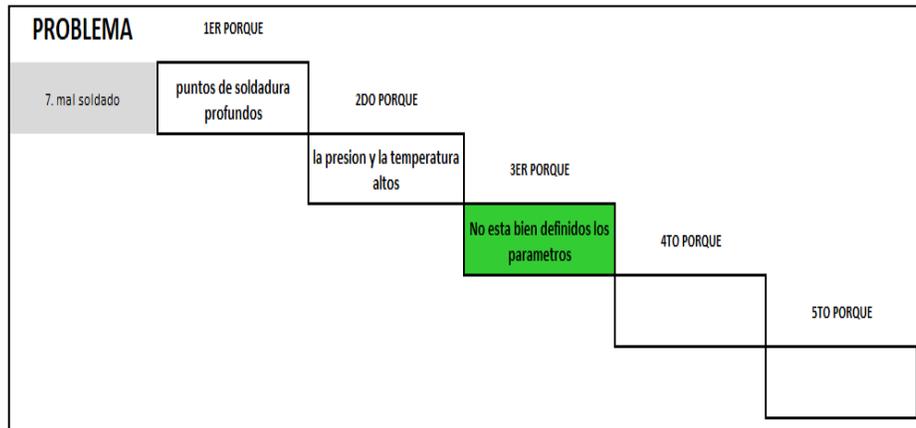


Figura 4.8 Técnica 5 porqué's. Fuente: elaboración propia.

Al final de llegar a cada una de las conclusiones se pusieron acciones para cada uno de los problemas, para que con esto poder eliminar los de mayor contribución. En la imagen 4.9 se muestra las acciones por realizar en el que se asignan las siguientes actividades:

- Diseñar una fixtura nueva lateral
- Cambiar el diseño de los electrodos
- Evaluar los parámetros actuales y realizar un análisis para cambiarlos si es necesario

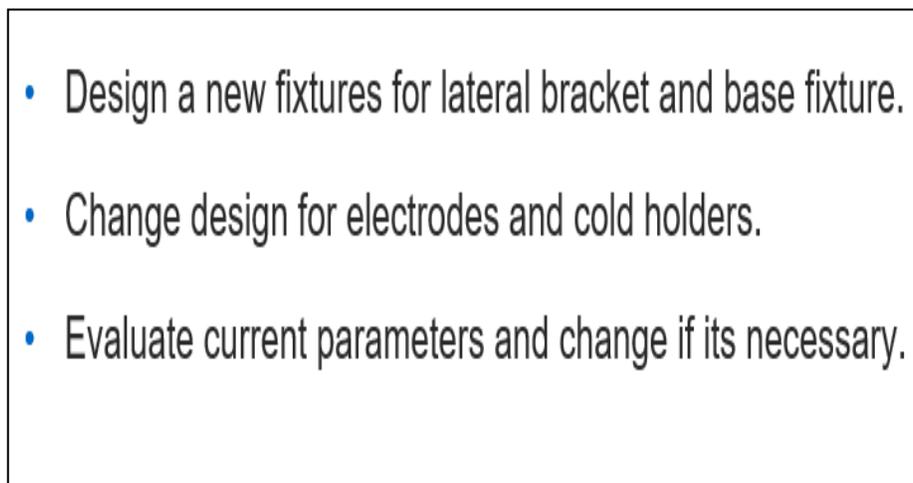


Figura 4.9 Actividades de mejora. Fuente: elaboración propia.

Con esto se da por terminada la etapa de analizar, una vez definidas las actividades se empieza a trabajar en la etapa de mejorar en la cual se empiezan a dar seguimiento a todas las actividades definidas con el equipo multifuncional el cual el ingeniero de manufactura es el encargado de llevarlas a cabo.

D) Mejorar. *“Es el momento de tratar las oportunidades de mejoras identificadas en el paso anterior. Primero debe identificar las posibles soluciones para corregir y evitar la causa raíz del problema, a continuación, se recomienda probar para averiguar si la solución propuesta es efectiva, si no es así, debe ser repensada y replanificada; si el resultado de la prueba es prometedor, se debe implementar la acción.”* (Minetto, Qualiex, 2019)

En la primer actividad se realizó una evaluación a las fixturas laterales para ver el tiempo de vida que tenían y si el diseño implementado es el correcto para el trabajo, una vez realizada la evaluación se encontró que las fixturas tienen mucho desgaste y como su diseño es en base a un material en metal de acero no tenía la durabilidad necesaria para tener un mayor tiempo de vida a causa del calor generado, por lo cual se llego a la conclusión de cambiar el diseño, al igual buscar un material que sea resistente al calor de la soldadura para evitar corta vida de la fixtura, para esto se implementó prototipos los cuales funcionaron para llegar a la etapa final y poner utilizar el material adecuado el cual es acero A2 templado y en la siguiente imagen (5.1) se muestra el antes de la fixtura y el después con su nuevo diseño.

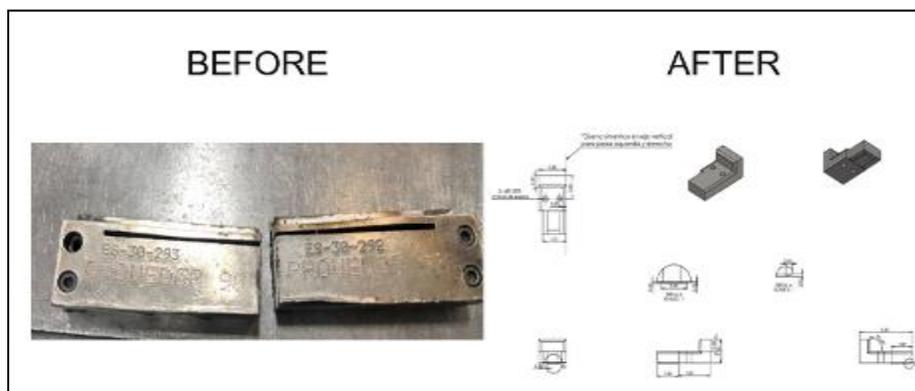


Figura 5.1 Fixtura lateral antes y después. Fuente: elaboración propia.

Conforme al diseño se realizó algo mas ergonómico para el operador ya que no tenía una agarradera para poder sacar la fixtura del bracket una vez que se soldaba lo que generaba problema por lo complicado para quitarlas, ya con este diseño se le agrego lo antes mencionado para que sea rápido al momento de quitar, al final este nuevo diseño se agrego a los preventivos del taller de tool room para que se esté efectuando una revisión cada 3 meses y con esto asegurar que se detecte algún problema con la fixtura antes de que se dañe, al igual se agrego en el preventivo que tuviera un kan ban de mínimo 0 y máximo 1 para que siempre se tenga una pieza disponible en caso de algún remplazo por defecto o desgaste. Con esto aseguramos que nunca pare producción por este problema en un futuro.

Otras de la fixturas que se detecto desgaste son las bases por donde pasa el bracket y la solera ya que estos cuenta con una guía por donde pasa ambos, para esta fixtura no se cambio el diseño ya que no es necesario solo se fabricaron nuevas y se implementaron en el sistema de preventivos de tool room para que se realice la inspección cada 3 meses para que con esto poder prevenir trabajar con las fixturas dañada o desgastadas, en la imagen (5.2) se muestra el antes de la fixtura y el después.

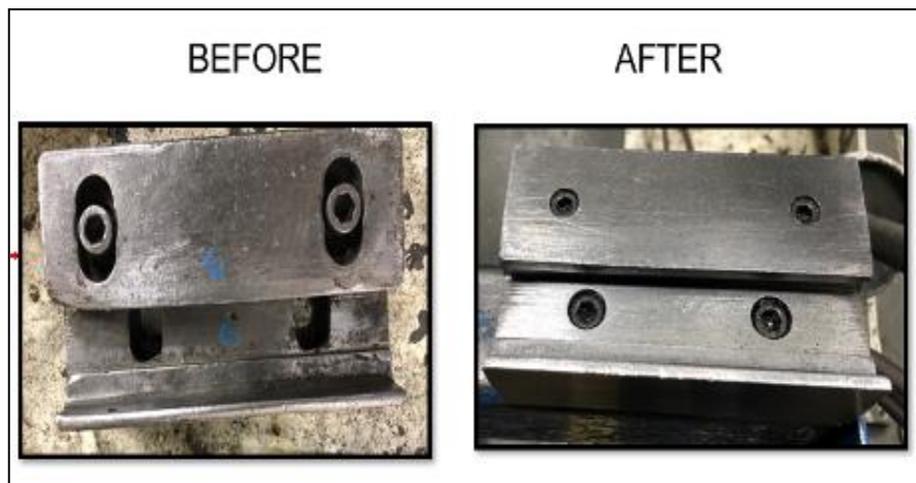


Figura 5.2 Fixtura base antes y después. Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente no se contaba con algún sistema por parte de tool room para hacer evaluación o preventivos de las fixturas de la planta, ya que esta se realizaba



Figura 5.4 Electrodo sencillo spot 6. Fuente: elaboración propia.

Para la tercera actividad se evaluaron los parámetros de la maquina ya que por el diseño de doble electrodo se ponían parámetros altos para alcanzar la soldadura ideal, la idea de esto es llegar a la parametria ideal para el diseño de electrodo sencillo, entonces para empezar la evaluación se implemento una tabla con los dos factores importantes de la maquina que son temperatura y tiempo, la idea de esta tabla es experimentar con las dos interacciones para encontrar los parámetros ideales, para esto se realizaron 10 muestras que dependiendo de los criterios de calidad las cuales son el diámetro de nugget y tensión poder decidir si cumplen o no, poniendo en el cuadro con un color rojo el rechazo, amarillo que está cerca de rechazo y verde de que esta dentro, con esto crear un amplio rango en los parámetros. En la imagen (5.5) se muestra la tabla realizada.

weld time \ weld heat	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
5	NOT OK																	
10	NOT OK																	
15	NOT OK																	
20	NOT OK																	
25	NOT OK																	
30	NOT OK																	
35	NOT OK																	
40	NOT OK																	
45	NOT OK																	
50	NOT OK																	
55	NOT OK																	
60	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
					2300	2310	2350	2420	2490	2570	NOT OK							
					226	240	275	285	290	295	NOT OK							
65	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
					2310	2360	2380	2390	2440	2490	NOT OK							
					290	289	290	290	290	290	NOT OK							
70	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
					2320	2360	2470	2510	2560	2610	NOT OK							
					270	281	295	297	305	310	NOT OK							
75	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK
					2325	2370	2390	2400	2430	2440	NOT OK							
					290	320	323	329	335	332	NOT OK							
80	NOT OK																	
85	NOT OK																	
90	NOT OK																	

Figura 5.5 Matriz de parametria. Fuente: elaboración propia.

Los limites para temperatura empiezan desde 0 hasta 90 y lo mismo para la temperatura, en cada factor se utilizaron incrementos de 5 para no hacer tan extensa la tabla, como se puede apreciar se realizaron varias combinaciones en las cuales el resultado fue en temperatura el rango se estableció que puede ser desde 60 hasta 75 y con respecto al tiempo de 25 a 50. El color amarillo es una area de seguridad y el verde es el óptimo esto debido a las variaciones del material.

Para oficializar el cambio de parametria se dieron de alta en la hoja de parámetros que se encuentra publicada en la maquina y dada de alta en el control de documentos por parte del departamento de calidad, esto para que se le de seguimiento a los nuevos cambios y evitar confusiones en el personal operativo. En la imagen 5.6 se muestra la evidencia de la hoja de parámetros que se utilizaba con el diseño de doble electrodo y el cambio de la hoja de parámetros con el nuevo diseño con electrodo sencillo.

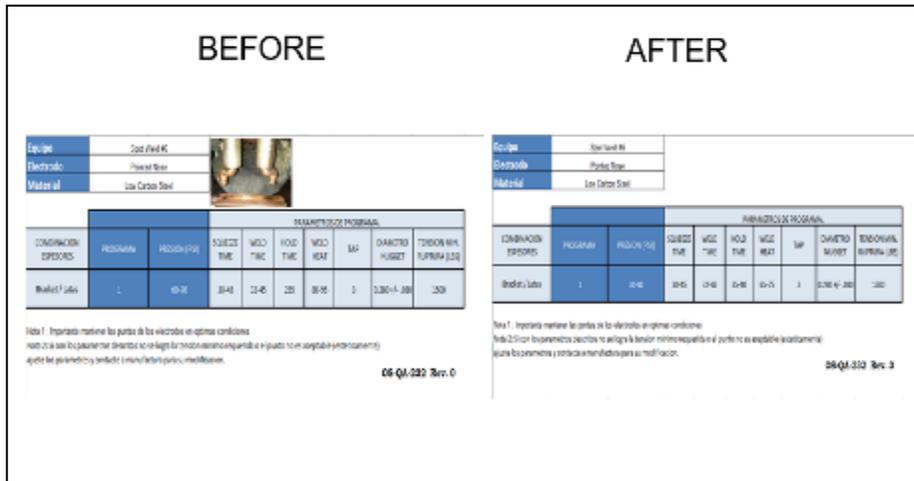


Figura 5.6 Parametria antes y después. Fuente: elaboración propia.

En la imagen (5.7) se muestra la hoja de parámetros ya con el sello de control documentos como evidencia de que el cambio fue oficialmente publicado en la maquina soldadora y se retiro la que se dio de baja.

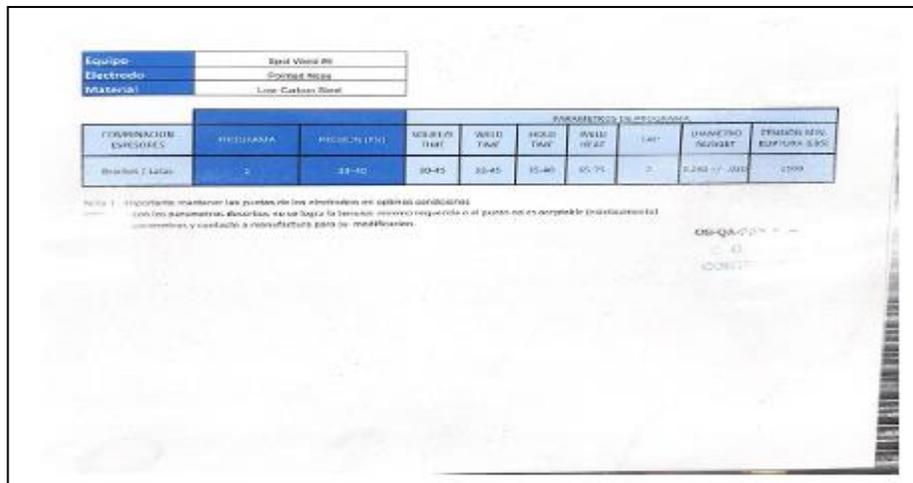


Figura 5.7 Evidencia de parametria. Fuente: elaboración propia.

Con estas implementaciones se dio por terminada la fase de la implementación de las mejoras con las cuales se dejo pasar un periodo de 3 meses para poder empezar a revisar los resultados y poder asegurar que las mejoras que se realizaron si ayudaron a reducir el tiempo muerto que se tenia en la maquina soldadora. En caso de tener tiempo muerto se

tendría que regresar a las otras causas restantes para implementar la mejora y volver a revisar los resultados para ahora si poder cerrar la fase de mejora y continuar con la fase de control.

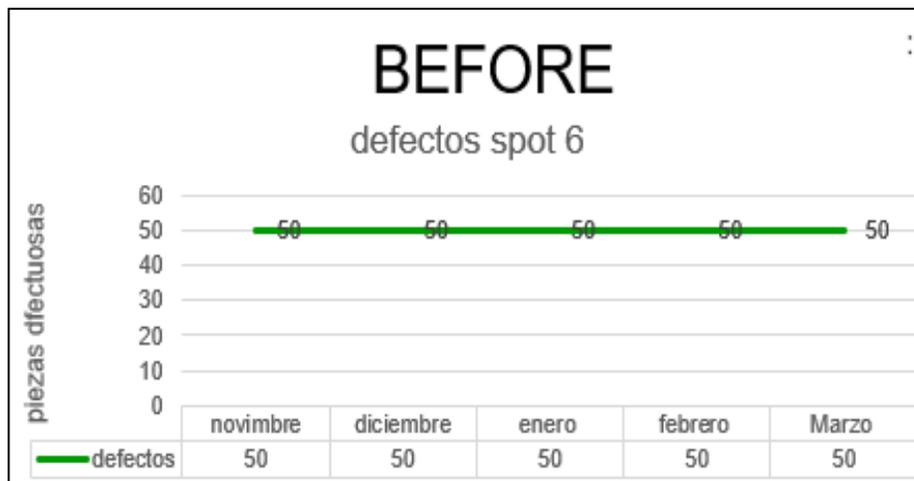
3. RESULTADOS

E) Controlar. *“El foco de este paso es controlar las acciones del plan de acción para que no se pierda. Para ello, es fundamental que usted defina criterios de control como, por ejemplo, checklists, metas y estadísticas para servir como fuente de información para el monitoreo de la implementación de las acciones.”* (Minetto, Qualiex, 2019)

En esta ultima fase de DMAIC se empieza a monitorear los datos en cuestión de que avanza el tiempo para poder confirmar que las mejoras realizadas sin influyeron en el cambio o las causas que se consideraron como mayor contribuyente son las acertadas.

El primer parámetro por revisar es la cuestión de piezas rechazadas por calidad internamente. En las siguientes imágenes se muestran los resultados obtenidos antes de realizar las mejoras y el después, al igual la cantidad de scrap que se redujo en cuestión monetaria por defectos tablas (6.1,6.2 y 6.3).

Tabla 6.1 piezas defectuosas antes.

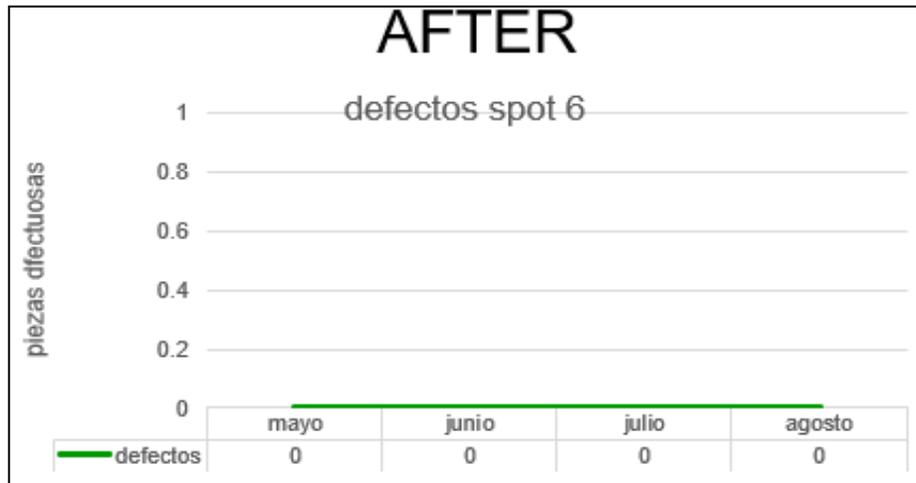


Fuente: elaboración propia.

Anteriormente en promedio por mes se tenia una cantidad de 50 piezas defectuosas por mes esto por defectos de mal soldado o variaciones en las mediciones entre solera y

bracket estos datos fueron proporcionados por calidad la cual lleva un registro de todos estos defectos del mes de noviembre 2019 hasta el mes de marzo 2020.

Tabla 6.2 Piezas defectuosas después.



Fuente: elaboración propia.

En esta imagen se muestra después de la mejora la reducción de Scrap a 0 piezas defectuosas por mes, cabe mencionar que el proyecto se finalizó el final del mes de marzo y el mes de abril no se registraron datos ya que por la situación de la pandemia la empresa tuvo que cerrar el mes de abril y se reanudaron las actividades hasta mediados del mes de mayo, pero en los siguientes meses se mantuvo el registro en 0 piezas lo que nos dice que las mejoras realizadas si ayudaron.

Tabla 6.3 Ahorros por año.

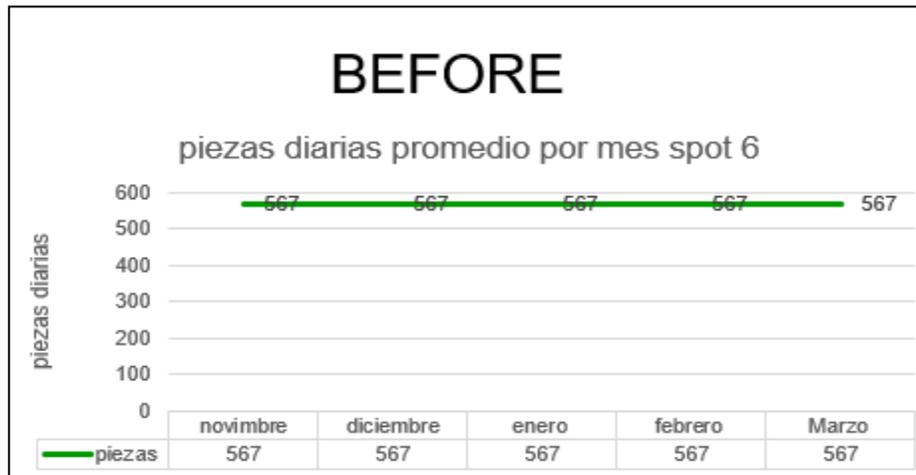
cost piece (dlls)	defects per month	total savings (month)	defects per year	total savings (year)
3	50	150	600	1800

Fuente: elaboración propia.

Esta la imagen (6.3) se muestra el costo de la pieza y el total de defectos aproximados por un año para poder obtener al final el total de ahorros por año que se obtuvieron con la mejora que fueron 1800 dlls por año. Estos datos también son proporcionados por el departamento de calidad y fueron aprobados por finanzas para oficializar el ahorro.

El siguiente parámetro que se midió es la productividad haciendo una comparación de antes y después de la mejora en las tablas (6.4 y 6.5) se muestran los resultados obtenidos.

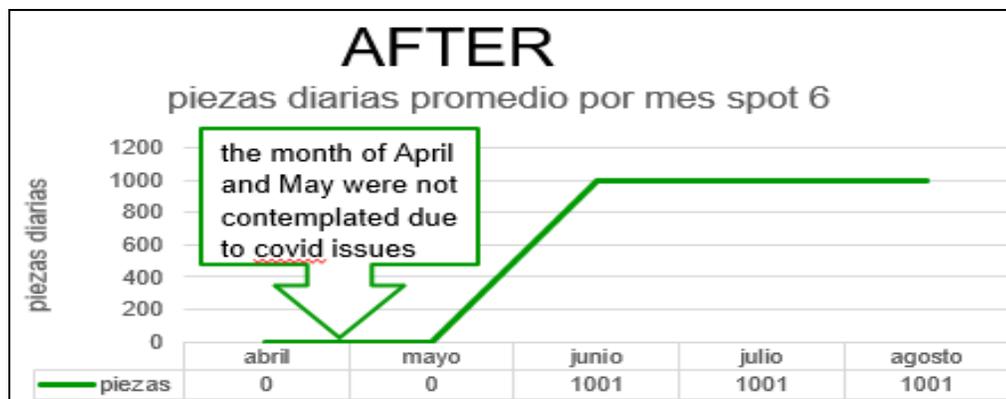
Tabla 6.4 Producción diaria antes.



Fuente: elaboración propia.

Como se menciona al principio de este proyecto el total de piezas que se obtenía era de 567 piezas diarias por promedio en los meses de noviembre 2019 a marzo 2020 estos datos son el historial que tiene producción, estos datos se promediaron para tener una mejor visión de los datos y entender en la situación en la que se encontraba.

Tabla 6.5 Producción diaria después.



Fuente: elaboración propia.

Revisando los datos después de la mejora se notó un aumento en la producción la cual es de 1001 piezas diarias en los meses de abril, mayo y parte de junio 2021. Se nota el aumento y se llegó a la meta de producción utilizando una sola máquina.

Al final de este proyecto se definió algunas lecciones aprendidas que se vieron durante se fue desarrollando en el proyecto las cuales ayudan como experiencia para otros problemas que puedan ocurrir y así mismo para compartir con otras áreas que pudieran tener un problema similar el cual podría escapar alguna idea o información que les puede ayudar a solucionar el problema. En la siguiente imagen (6.6) se muestra las lecciones aprendidas.

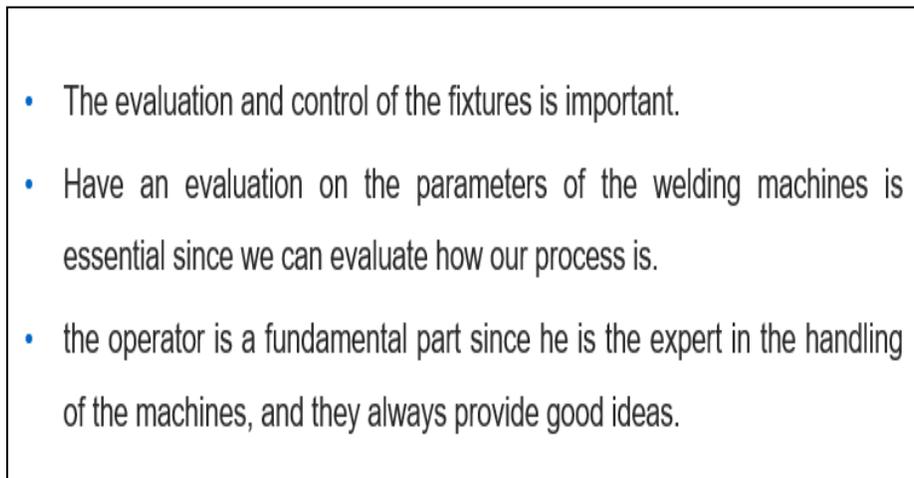
- 
- The evaluation and control of the fixtures is important.
 - Have an evaluation on the parameters of the welding machines is essential since we can evaluate how our process is.
 - the operator is a fundamental part since he is the expert in the handling of the machines, and they always provide good ideas.

Figura 6.6 Lecciones aprendidas. Fuente: elaboración propia.

Entre las lecciones aprendidas es bueno mencionar que esto ayuda en el futuro, aun se tiene cosas que mejorar.

4. CONCLUSIONES

En conclusión durante el proyecto se vieron bastantes puntos débiles en los cuales se dejó pasar y eso dio a que se tuvieran problemas con máquinas detenidas que al final de todo afectan en la producción de las piezas, a veces se piensa que con solo una reparación por parte de mantenimiento se pueden mejorar las cosas pero no lo es así, es necesario llegar más a fondo para ver el verdadero problema que nos está afectando como en este caso que se tuvieron que rediseñar algunas cosas para poder obtener mejores resultados, uno de los puntos importantes es que involucrar a el personal con experiencia o que pasa la mayor parte de tiempo en la máquina en este caso el operador nos puede ayudar bastante para ver puntos que a la mejor ignoramos, es por eso que se eligió bien las causas potenciales. Otro punto para resaltar es sobre la importancia de siempre dar un seguimiento a los cambios ya que a veces se hacen mejoras, pero después de un tiempo no se le da seguimiento lo que provoca que vuelvan los mismos problemas, es por eso el cual se diseñó el sistema de evaluación de fixturas para que se le de el seguimiento necesario a las fixturas para no volver a tener el mismo problema. Es por eso por lo que en este proyecto se tuvo el éxito esperado.

REFERENCIAS (bibliografía)

- Acosta, J. d. (2017). *HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS*. san luis: Área de Innovación y Desarrollo.
- Andrés, D. (15 de 10 de 2017). *cuidate plus*. Obtenido de cuidate plus: <https://cuidateplus.marca.com/salud-laboral/2017/10/15/-ergonomia-afecta-salud-rendimiento-laboral-145816.html>
- Bembibre, C. (DICIEMBRE de 2010). *Definicion ABC*. Obtenido de Definicion ABC: <https://www.definicionabc.com/comunicacion/lluvia-de-ideas.php>
- Haworth, S. (15 de 1 de 2021). *dpm*. Obtenido de dpm: <https://thedigitalprojectmanager.com/es/grafico-raci-manera-mas-simple/>
- MANUALES, E. (2 de 1 de 2020). *emanuales*. Obtenido de emanuales: <https://www.emanuales.com/diagrama-sipoc-definicion-y-pasos/>
- Minetto, B. (12 de febrero de 2019). *Qualiex*. Obtenido de blog de la calidad: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>
- Minetto, B. (2 de 12 de 2019). *Qualiex*. Obtenido de Blog de la calidad : <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>
- murcia, u. d. (1 de 1 de 2021). *CMN*. Obtenido de universidad de murcia: <https://www.um.es/web/biblioteca/contenido/publicacion-y-difusion-cientifica/plan-de-gestion-de-datos-de-investigacion>
- Peiró, R. (19 de 11 de 2017). *ECONOMIPEDIA*. Obtenido de ECONOMIPEDIA: <https://economipedia.com/definiciones/enfoque-smart.html>
- Pérez, A. (25 de 4 de 2021). *obs*. Obtenido de obs: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>