

## Creación de Proceso de Remanufactura para Renovación de Bomba Electro-Hidráulica EHPS

**Luis Gerardo Rodríguez Amador<sup>1</sup>**

[gerryrdz100@gmail.com](mailto:gerryrdz100@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-4921-1180>

Tecnológico Nacional de México,  
Campus Matamoros  
H. Matamoros Tamaulipas, México

**Apolinar Zapata Reboloso**

[apolinar.zr@matamoros.tecnm.mx](mailto:apolinar.zr@matamoros.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2590-8368>

Tecnológico Nacional de México,  
Campus Matamoros  
H. Matamoros Tamaulipas, México

**José Javier Treviño Uribe**

[jose.tu@matamoros.tecnm.mx](mailto:jose.tu@matamoros.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3811-9379>

Tecnológico Nacional de México,  
Campus Matamoros  
H. Matamoros Tamaulipas, México

**Claudio Alejandro Alcalá Salinas**

[claudio.as@matamoros.tecnm.mx](mailto:claudio.as@matamoros.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-9441-7971>

Tecnológico Nacional de México,  
Campus Matamoros  
H. Matamoros Tamaulipas, México

### RESUMEN

La necesidad de ampliar la gama de productos ofrecidos en una empresa de re manufactura automotriz, obliga a la creación de un proceso para la renovación e introducción al mercado de unidades electro-hidráulicas, esto de la mano que la competencia de la empresa ya se encuentra distribuyendo esta clase de unidades. Al ser un producto desconocido e híbrido (Hidráulico y electrónico) se ve la necesidad de conjuntar a equipos de trabajo de diferentes plantas de la empresa especializados en ambas ramas. Aplicando conocimientos de procesos existentes en la empresa y de la metodología de planeación avanzada de la calidad (APQP) hace que permita la diseño, creación y validación de producto y de proceso. Analizaremos a fondo la estructura del producto y las partes que lo conforman. Como parte de los requerimientos el proceso debe cumplir con una producción de 15 unidades por día, por lo cual se emplearán herramientas como toma de tiempos y takt time con el fin de comparar y comprobar si el proceso es capaz de cumplir con los niveles de producción establecidos.

**Palabras clave:** APQP; proceso; diagrama de flujo; tiempos y movimientos.

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [gerryrdz100@gmail.com](mailto:gerryrdz100@gmail.com)

# Remanufacturing Process Creation for Electronic-Hydraulic Pump Renewal

## ABSTRACT

The need to expand the range of products offered in an automotive remanufacturing company, forces the creation of a process for the renovation and introduction to the market of electro-hydraulic units, this hand in hand with the fact that the company's competition is already distributing this kind of units. Being an unknown and hybrid product (hydraulic and electronic), it is necessary to bring together work teams from different plants of the company specialized in both branches. Applying knowledge of existing processes in the company and the methodology of advanced quality planning (APQP) allows the design, creation and validation of product and process. We will thoroughly analyze the structure of the product and its component parts. As part of the requirements, the process must comply with a production of 15 units per day, so tools such as time and takt time will be used in order to compare and check if the process is able to meet the established production levels.

**Keywords:** *APQP; process; flow chart; times and movements.*

*Artículo recibido 14 agosto 2023  
Aceptado para publicación: 10 setiembre 2023*

## **INTRODUCCIÓN**

En toda empresa se tiene la meta de seguir superando las expectativas de los clientes, ampliar su gama de productos, ofrecer mejores servicios y abarcar la mayor parte del mercado en su giro. Esto a su vez promueve que las empresas sigan innovándose, aumentando la competitividad, por lo cual, los consumidores finales tendrán más opciones al momento de adquirir un producto. Este proceso fue desarrollado en el corporativo Tridonex S. de R.L de C.V ubicada en la ciudad de H. Matamoros Tamaulipas, México, la cual está dedicada a la re manufactura de partes automotrices. Debido a que la empresa no contaba con experiencia previa en la re manufactura de este producto y que la competencia directa ya se encontraba posicionada en este rubro dentro del mercado, este proceso surgió de la necesidad de ampliar la gama de productos ofertados y mantenerse competitivos. Uno de los objetivos principales de la empresa es tener regulado su sistema de gestión de calidad, esto con el fin de mantener su certificación ISO 9001, (QC, 2022) menciona que las empresas que implementan el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) ISO 9001:2015 están dando un paso estratégico, principalmente porque conocen la necesidad de estar a la vanguardia de todas las herramientas que permitan el correcto funcionamiento del negocio a corto y largo plazo.

Para el desarrollo de un producto, creación y validación de un proceso y producto, se aplicarán aspectos de la metodología APQP (Planeación Avanzada de la Calidad de Producto). Observaremos paso a paso el desarrollo en la creación de este proceso, en cada una de las metodologías (elaboración de diagrama de flujo, distribución de estaciones, estudio de tiempos, cálculo de takt time), todo esto para garantizar que la implementación de dichos procesos haya sido llevada de una forma eficiente y correcta.

## **METODOLOGÍA**

### **Este tipo de estudio es de tipo: mixto**

La creación de este proceso fue realizada de forma presencial en las instalaciones de la empresa Tridonex S. de R.L de C.V planta 52. Para entender un poco sobre el giro de la empresa es necesario tener en cuenta el concepto de remanufactura, la remanufactura consiste en la restauración de un producto o componente desgastado a un nivel de prestación y rendimiento

igual -o incluso superior- a su estado original (Remanufacturing, 2018). Por otra parte (Lagos, 2018) menciona en su informe que la remanufactura es un proceso que se encarga de transformar productos usados que han presentado una falla a lo largo de su vida útil. El desarrollo de este proyecto abarca desde la apreciación del producto hasta la aplicación de metodología de APQP y herramientas como estudio de tiempos, distribución de instalaciones y layout.

Haremos especial énfasis en la metodología APQP, la Planificación Avanzada de la Calidad (APQP) es una metodología estructurada para desarrollar productos y servicios, cuya finalidad es asegurar el cumplimiento de los requisitos del cliente involucrando a los proveedores y al cliente, facilitando así la comunicación entre todas las partes implicadas (AIAG, 2008).

### **Diagrama de Flujo**

El diagrama de flujo es una representación gráfica que muestra a detalle la secuencia que siguen los distintos elementos de un proceso. Consta de un listado de descripciones de cada uno de los pasos que conforman el trabajo, registrando el símbolo que corresponde a cada actividad (Urbina, 2014). Los diagramas de flujo además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta según (Niegel, 2009).

Para el desarrollo del Diagrama de flujo fue necesaria la colaboración del departamento de Ingeniería de Producto y Salvage, debido a que cuentan con un mayor conocimiento acerca de los componentes que conforman la unidad electro-hidráulica. Se tomó como base los procesos de manufactura de unidades meramente hidráulicas que ya se encuentran establecidos dentro de la empresa, así como también los procesos de partes electrónicas como sensor MAFS, Motores y distribuidores. Como primer paso fue necesario el análisis de todas las partes que conforman la unidad electro-hidráulica *Figure 1*.

Con el conocimiento reforzado sobre cada uno de los componentes, y dadas las especificaciones de renovación por ingeniería de producto se definieron las partes que conformarían el proceso y que serían ilustradas en el Diagrama de flujo.

### **De una forma más amplia el proceso será dividido en tres etapas:**

**Desensamble:** En esta parte las unidades serán probadas mediante un equipo especial que mide el rendimiento de la parte electrónica de la unidad. Las unidades que cuenten con un buen rendimiento serán sometidas a proceso, mientras que las unidades rechazadas serán enviadas a residuo. En esta parte la unidad será desarmada en su totalidad, después de esto cada uno de los componentes tendrá un proceso distinto de renovación (recuperación).

**Limpieza:** En esta parte cada uno de los componentes son sujetos a procesos de limpieza diferentes, como ejemplo los componentes internos de la parte hidráulica se limpiarán utilizando cepillo y químico Dasco (derivado de agua y químico de jabón). El reservior se limpia con químico desengrasante a cierta temperatura además se utiliza un equipo con sistema de tómbola.

Mientras que la parte electrónica es limpiada únicamente con alcohol.

**Renovación:** Se refiere al proceso de recuperación de los componentes, esto puede incluir reparaciones, cambio de componentes, aplicación de químicos etc. Para los componentes de la parte hidráulica el proceso de renovación consta de la aplicación de grasa especial y cambio de empaques (o-rings, hules), para la parte electrónica, se realiza cambio de circuitos integrados y cambio de conectores en caso de daño.

**Ensamble:** Como su nombre lo dice se trata de la unificación de todas las partes de la unidad una vez que hayan completado su proceso de renovación. Posteriormente la unidad es enviada a proceso de pintura y empaque.

Explicado esto, se realiza el desarrollo del diagrama de flujo de proceso ver **Figure 2**.

### **Diseño de Layout y distribución de Instalaciones**

Hay muchos conceptos que están relativamente relacionados al layout, uno de los que se consideran mas importantes es la distribución de instalaciones o tambien conocida como distribución de planta. La distribución de planta es una técnica de ingeniería industrial que estudia la locación física ordenada de los medios industriales, como el movimiento de materiales, equipo, trabajadores, espacio requerido para el movimiento de materiales y su almacenamiento (García, 2014). El término significa el replanteamiento de la disposición existente, el nuevo plan propuesto de distribución de planta. El layout de piso es la representación y ubicación del área dónde se

encuentra el proceso productivo, equipos y servicios.

Para el proceso de renovación de unidades EHPS contaremos con un espacio de asignado de 25' (ft) 6''(inch) de ancho por 54' (ft) 7''(inch) de largo. La distribución de la estaciones es realizada en forma de "U", esto para facilitar el transporte de los materiales y aprovechar el espacio asignado para la línea de producción. Por lo cual teniendo ya analizado el modo por el cual será realizada la renovación del producto, ordenaremos las estaciones siguiendo el diagrama de flujo ver *Figure 3*.

### **Estudio de Tiempos y elaboración de Bill of Labor**

Un estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo, la cual se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos (pasos a seguir) de una actividad definida, efectuada bajo condiciones determinadas. Los pasos a seguir y los tiempos en que se realiza una actividad determinan el tiempo requerido para efectuar una tarea (Arteaga, 2020). Uno de los conceptos que mas se mencionan entorno al estudio de tiempos es el tak time, éste se refiere a la cadencia o velocidad en el que se debe producir un producto para satisfacer la demanda del cliente. Mohammed (Soliman, 2020) menciona que el takt time es uno de los cálculos más importantes para uno o una familia de productos dentro de la manufactura esbelta o pensamiento lean. A diferencia de los sistemas MRP (dónde cada proceso recibe un plan de producción), en el caso de una implementación de sistemas de planeación Pull solo hay un lugar en el que se planea la producción. Este será el último de los procesos de la planta. El ritmo al que este proceso trabaje, determinará los pedidos a procesos previos en la cadena productiva y detonará la velocidad de producción de la fábrica (Pérez, 2020).

Para el estudio de tiempos desarrollamos la herramienta llamada BOL (Bill of Labor, Billeto de Labor) donde se especifican todos los tiempos de ciclo de cada una de las estaciones que conformen el proceso de renovación de la bomba electro-hidráulica. Esta herramienta nos permite definir si el proceso es capaz de cumplir con la demanda del cliente. Dentro del estudio de tiempos tenemos la siguiente clasificación:

Labor: se refiere a toda actividad realizada por el operario dentro del proceso de transformación del producto.

Tiempo de maquina: se refiere a toda actividad dentro del proceso que es realizada por equipo o maquinaria de forma automatizada sin interacción del operario.

Para la toma de tiempos, se toma el promedio de todas las muestras, a esto se le agrega el 20% de fatiga del operario. Una vez tomado los tiempos se desarrolla el BOL. Una de las metas de la compañía es que el proceso pueda cumplir con un requerimiento de 15 pz por día, para esto es necesario el cálculo del Takt-Time de EHPS ver siguiente fórmula:

$$\textit{Takt Time} = \frac{\textit{T tiempo disponible}}{\textit{Unidades demandas por el cliente}}$$

Sustituyendo los valores obtenemos lo siguiente:

$$\textit{Takt - Time} = \frac{32400 \textit{ Seg}}{15 \textit{ pz}} = 2160 \textit{ Seg/pz}$$

Para comprobar si el proceso es capaz de cumplir con el Takt-Time se debe realizar el mismo cálculo para cada una de las estaciones. Para el cálculo del Takt-Time por estaciones necesario dividir el tiempo disponible entre la cantidad de piezas a procesar:

$$\textit{Takt - Time Operation} = \frac{32400 \textit{ Seg}}{24 \textit{ pz} + \textit{ dropout}} = 1350 \frac{\textit{ Seg}}{\textit{ pz}}$$

**Donde:**

*Seg* es el tiempo disponible en 1 turno

*pz + dropout* son las piezas requeridas más el porcentaje de unidades que pueden salir defectuosas, como ejemplo en la operación de pre-tester, para cumplir la meta de 15 piezas se agrega el 60% de las unidades, es decir  $15 * 0.60 = 9$ ,  $9 + 15 = 24$  unidades totales a procesar.

Realizamos este cálculo para todas las operaciones del proceso, y analizando los resultados tenemos que cada uno de los Takt-Time es menor al el Takt-Time general del proceso. Por lo cual se cumple la meta de cumplir con los niveles de producción requeridos ver

Bill of Labor - EHPS										Calculate			
Product Line		EHPS		Production Level				15					
MP Req.		3		Takt Time				2160.0 Sec/pc		Balanced Area			
Available Time		32400		UPP Goal				4.76					
Product Line				W/S				Manpower	W/S	MP Proposal	Time Proposal	Pieces that can make	
#	Station	Checkpt	Flow %	Dropout	Std	Sec / Pc	Sec/pc + 20%	Takt Time	Req'd	Req'd			
1	Pre-Tester	15	160.0%	24	425	63.58	76.3	1350.00	0.06	0.319971556	1	431.96	75.00666726
2	Desensamble	15	160.0%	24	91	296.39	355.7	1350.00	0.26				
3	Vibradora	15	160.0%	24	360	75.00	90.0	1350.00	0.07	0.18088	1	244.19	132.6846528
4	Lavado de Casco	15	160.0%	24	210	128.49	154.2	1350.00	0.11				
5	Lavadora Vikinga Reservoir	15	160.0%	24	1350	20.00	24.0	1350.00	0.02	0.307751111	1	415.46	77.98509618
6	Renovación de parte hidráulica	15	160.0%	24	83	326.22	391.5	1350.00	0.29				
7	Renovación de parte electrónica	15	160.0%	24	70	386.59	463.9	1350.00	0.34	0.378549333	1	511.04	63.39992674
8	Sorteo e inspección de reservoir	15	160.0%	24	687	39.28	47.1	1350.00	0.03				
9	Ensamble Final	15	100.0%	15	357	75.63	90.8	2160.00	0.04	0.125656667	1	271.42	119.3728944
10	Blaster	15	100.0%	15	179	150.55	180.7	2160.00	0.08				
11	Prueba Final	15	160.0%	24	195	138.54	166.3	1350.00	0.12	0.304899556	1	558.83	57.97798554
12	Pintura	15	160.0%	15	83	327.15	392.6	2160.00	0.18				
13	Amortiguación por aire y prueba final	15	120.0%	18	1008	26.79	32.1	1800.00	0.02	0.077922698	1	161.88	200.144019
14	Empaque	15	100.0%	15	250	108.11	129.7	2160.00	0.06				
15	Water Spider	15	100.0%	15	10	2700.00	3240.0	2160.00	1.50	1.5	1	3240	10
					Total	5834.8		3	3.20	8	5834.8	10.00	

Figure 4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte de los resultados en la creación, desarrollo y validación del proceso se obtuvieron beneficios en cuanto a la documentación del proceso, esto nos permite tener un control en cuanto al proceso en la línea EHPS, además que nos permite actuar en caso de percance dentro del proceso ver *Tabla 1*.

Tabla 1 Resultados

Documento/Métrico	Antes	Después
Diagrama de flujo	Documento no existía	Documento Existente 2001H-FC-001
Layout de piso	Documento no existía	Documento Existente
Estudio de tiempos	No existía	Bill of Labor desarrollado
Balaneo de Línea	Operaciones desproporcionadas	Balaneo realizado, cumplimiento con Takt Time general.



ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Figure 1 Componentes de bomba elctro-hidráulica

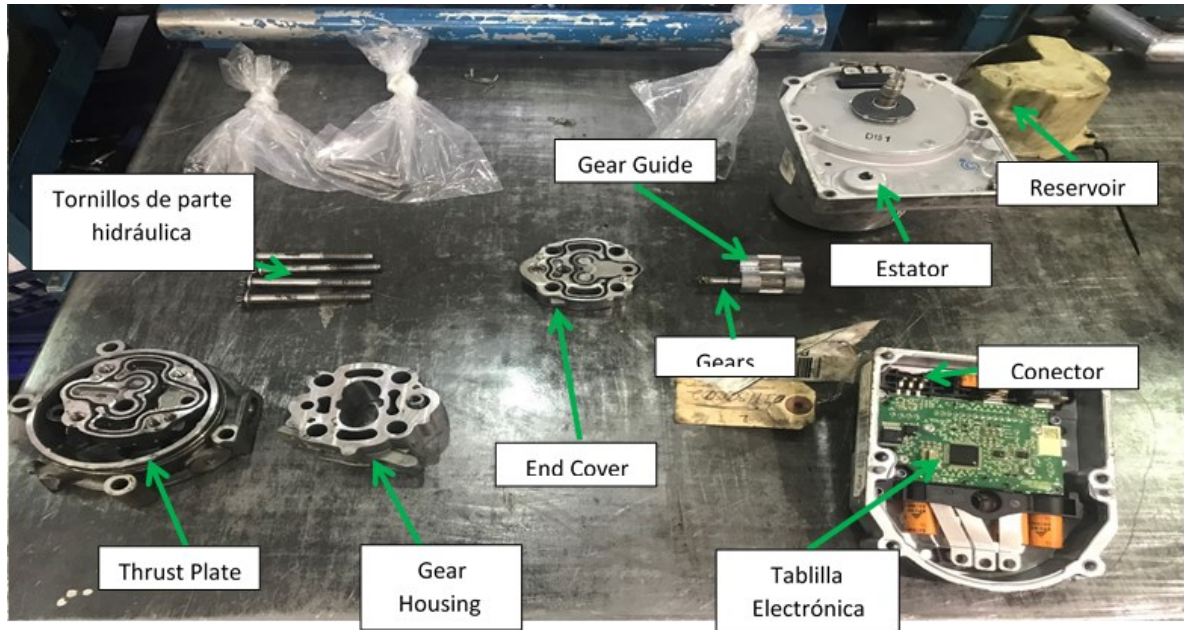


Figure 2 Diagrama de Flujo de Proceso de EHPS

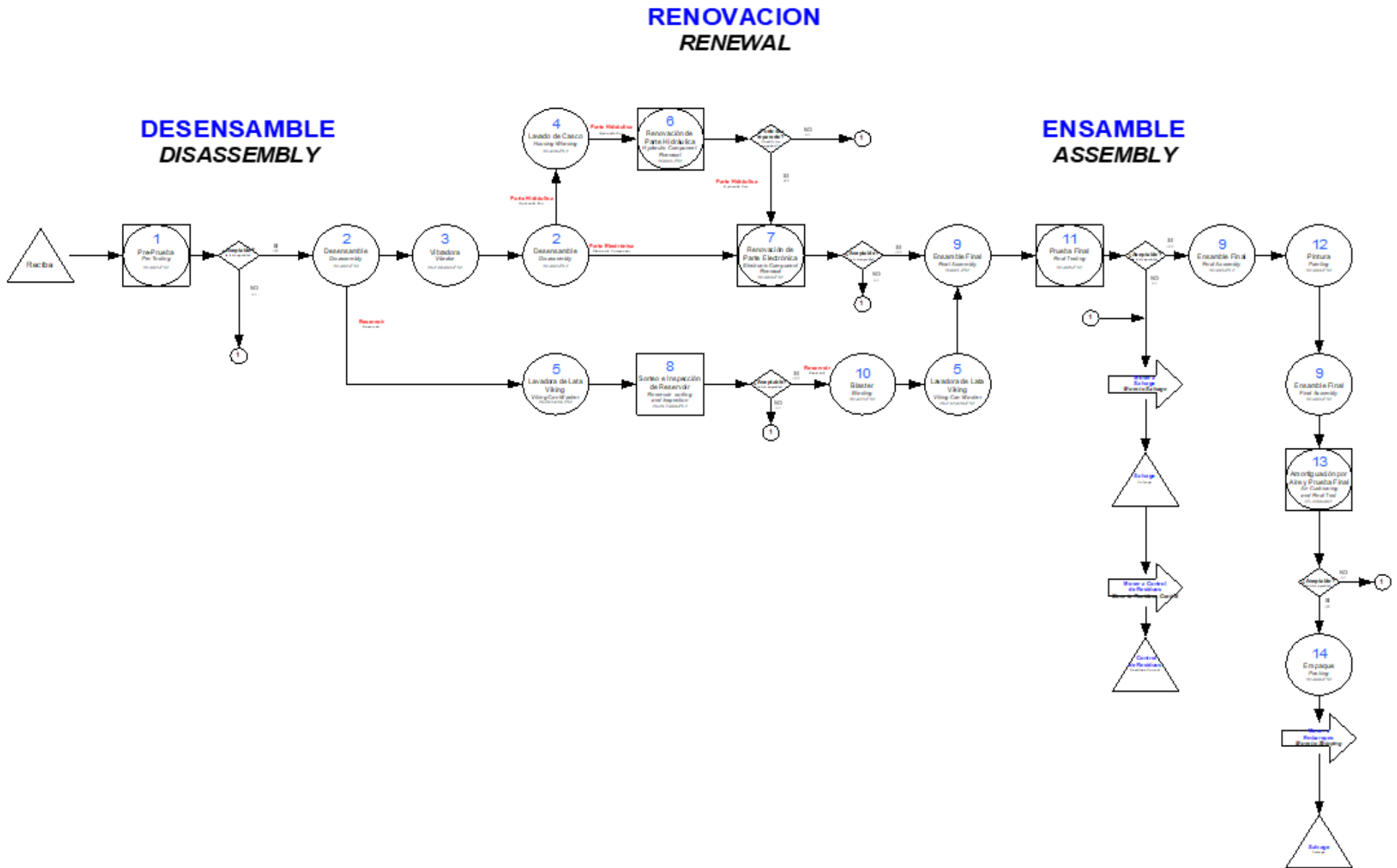
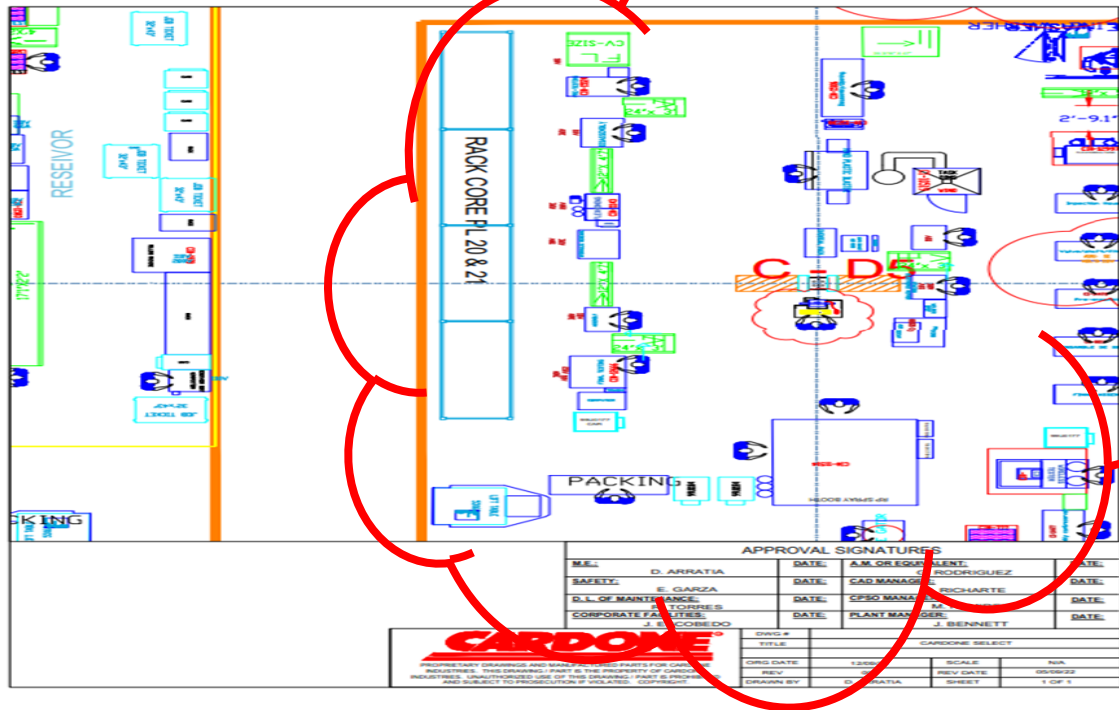


Figure 3 Layout de Piso de EHPS



Bill of Labor - EHPS										Calculate			
Product Line		EHPS		Production Level				15		Balanced Area			
MP Req.		3		Takt Time				2160.0 Sec/pc					
Available Time		32400		UPP Goal				4.76					
Product Line		W/S				Manpower	W/S		MP	Time	Pieces that can		
#	Station	Checkpt	Flow %	Dropout	Std	Sec / Pc	Sec/pc + 20%	Takt Time	Req'd	Req'd	Propo	Propo	make
1	Pre-Tester	15	160.0%	24	425	63.58	76.3	1350.00	0.06	0.319971556	1	431.96	75.00666726
2	Desensamble	15	160.0%	24	91	296.39	355.7	1350.00	0.26				
3	Vibradora	15	160.0%	24	360	75.00	90.0	1350.00	0.07	0.18088	1	244.19	132.6846528
4	Lavado de Casco	15	160.0%	24	210	128.49	154.2	1350.00	0.11				
5	Lavadora Vikinga Reservoir	15	160.0%	24	1350	20.00	24.0	1350.00	0.02	0.307751111	1	415.46	77.98509618
6	Renovación de parte hidráulica	15	160.0%	24	83	326.22	391.5	1350.00	0.29				
7	Renovación de parte electrónica	15	160.0%	24	70	386.59	463.9	1350.00	0.34	0.378549333	1	511.04	63.39992674
8	Sorteo e inspección de reservoir	15	160.0%	24	687	39.28	47.1	1350.00	0.03				
9	Ensamble Final	15	100.0%	15	357	75.63	90.8	2160.00	0.04	0.125656667	1	271.42	119.3728944
10	Blaster	15	100.0%	15	179	150.55	180.7	2160.00	0.08				
11	Prueba Final	15	160.0%	24	195	138.54	166.3	1350.00	0.12	0.304899556	1	558.83	57.97798554
12	Pintura	15	100.0%	15	83	327.15	392.6	2160.00	0.18				
13	Amortiguación por aire y prueba final	15	120.0%	18	1008	26.79	32.1	1800.00	0.02	0.077922698	1	161.88	200.144019
14	Empaque	15	100.0%	15	250	108.11	129.7	2160.00	0.06				
15	Water Spider	15	100.0%	15	10	2700.00	3240.0	2160.00	1.50	1.5	1	3240	10
					Total	5834.8		3	3.20	8	5834.8	10.00	

Figure 4 Bill of Labor de EHPS

## CONCLUSIONES

En la actualidad resulta fundamental el hecho de contar con un sistema de aseguramiento de calidad dentro de las empresas tanto por requerimientos y exigencias del mercado actual, así como también para mantenerse competitivos, dicho esto (López, 2019) nos menciona que años atrás era común que las Organizaciones se debatieran respecto a que objetivos reforzarían en las estrategias empresariales, si sería el costo, la calidad, el servicio, la flexibilidad o la innovación; sin embargo, hoy por hoy, la calidad no es opcional si se pretende sobrevivir como compañía en un entorno globalizado.

Es importante para las empresas el hecho de continuamente estarse expandiendo en cuanto a la oferta de productos a los clientes, el desarrollo de este proceso por supuesto contribuyó a que la compañía tenga más proyección en el mercado, mayor competitividad, e innovación en cuanto a sus procesos. Como lo menciona (Clavijo, 2022) en su texto “*competitividad empresarial*” la competitividad empresarial permitirá a una empresa mantenerse en pie y alcanzar los objetivos que se proponga. La competitividad empresarial es, por decirlo de un modo, la capacidad de subsistencia de una empresa y por ello también es la base de cualquier desarrollo o crecimiento en un negocio.

Las herramientas empleadas durante el desarrollo del proceso permitieron tener un mejor control del proceso, lograr mejor calidad en el producto, y la mejora en las prácticas operacionales. Es importante mantener la constancia en la mejora continua ya que la competitividad de una empresa deriva de la forma de trabajo y desempeño de todos sus colaboradores desde un operario hasta el gerente de planta, (Laoyan, 2022) menciona en su artículo de la filosofía Kaizen, que debemos mejorar constantemente nuestra vida para que se vuelva cada vez más satisfactoria. Si aplicamos esta filosofía a los negocios, podemos realizar pequeños cambios de forma gradual, para poder lograr grandes cambios a largo plazo. No es menos cabo mencionar que para lograr esto se debe contar con una buena atmósfera de trabajo, constante comunicación y buenas relaciones entre todos los colaboradores, (Raga, 2022) menciona en su artículo que si todos los colaboradores logran trabajar bien en equipo y tener una comunicación asertiva, el éxito de la organización será inminente. La presencia de un clima laboral sano repercute directamente en el desempeño de los

trabajadores (Gómez, 2023) menciona lo siguiente: Mantener un óptimo clima laboral es importante ya que, cuando empleado trabaja en un espacio seguro y que promueve su bienestar, se encontrará más motivado a hacer bien su trabajo, sufre menos estrés, tiene más herramientas para lidiar con los conflictos, está mejor preparado para llevar a cabo las tareas que le corresponden y siente un compromiso mayor por la empresa.

Como contribución personal, el desarrollo de este proyecto me permitió desarrollar la capacidad de análisis, conocer más respecto a la rama de la re manufactura y entender la naturaleza de este tipo de productos, permitiéndome extender los conocimientos respecto a la implementación y desarrollo de procesos.

### **LISTA DE REFERENCIAS**

- AIAG. (2008). Planeación Avanzada para la Calidad de Productos y Planes de Control.
- Arteaga, C. C. (2020). Importancia de un estudio de tiempos y movimientos. *inventio*, 47-52.
- Clavijo, C. (28 de Junio de 2022). HubSpot. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/competitividad-empresarial>
- García, J. A. (2014). Planeación, diseño y layout de instalaciones. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- Gómez, D. (19 de Enero de 2023). HubSpot. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/service/que-es-clima-laboral>
- Lagos, J. A. (2018). La remanufactura aplicada en el mantenimiento del transporte integrado para la reducción de costos. Bogotá.
- Laoyan, S. (8 de Octubre de 2022). Asana. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/continuous-improvement>
- López, B. S. (11 de Septiembre de 2019). Ingeniería Industrial online. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/gestion-y-control-de-la-calidad/>
- Niebel, B. W. (2009). Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo. Mc Graw Hill.
- Pérez, C. M. (21 de Julio de 2020). Ingeniería Industrial online. Obtenido de

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/guia-practica-de-lean-manufacturing-para-el-empresario/>

QC, P. (22 de Agosto de 2022). Ingeniería Industrial Online. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/sistemas-de-gestion-de-calidad-para-las-empresas-latinas/>

Raga, C. (13 de Enero de 2022). Sesame. Obtenido de <https://www.sesamehr.co/blog/por-que-es-importante-contar-con-un-buen-ambiente-laboral/>

Remanufacturing. (2018). Obtenido de <http://www.remanufacturing.fr/es/paginas/principios-remanufactura.html>

Soliman, M. H. (2020). Takt Time.

Urbina, G. B. (10 de Mayo de 2014). Introducción a la Ingeniería Industrial. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de <https://www.redeweb.com/articulos/diagramas-de-flujo/>