



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA
LÍNEA DE INODOROS A TRAVÉS DEL CONTROL DE CALIDAD EN UNA
EMPRESA DE SANITARIOS

AUTOR

PABLO PAZ Y MIÑO BORJA

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA
DE INODOROS A TRAVÉS DEL CONTROL DE CALIDAD EN UNA EMPRESA
DE SANITARIOS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

M.B.A. Natalia Alexandra Montalvo Zamora

Autor

Pablo Paz y Miño Borja

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Propuesta de mejora del proceso de producción de la línea de inodoros a través del control de calidad en una empresa de sanitarios, a través de reuniones periódicas con el estudiante Pablo Paz y Miño Borja, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Natalia Alexandra Montalvo Zamora

Magister en administración de empresas mención en gerencia de la calidad y
productividad

CC: 1803540598

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Propuesta de mejora del proceso de producción de la línea de inodoros a través del control de calidad en una empresa de sanitarios, del estudiante Pablo Paz y Miño Borja, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Máster en Ingeniería Industrial

CC: 1705310280

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mí auditoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Pablo Paz y Miño Borja

CC: 171752257-5

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los directivos de Edesa S.A., especialmente a Diego Fernández Salvador y a Jaime Almendariz, por la apertura y el apoyo brindado a lo largo de mi trabajo de titulación.

Agradezco a mis profesores por haber sido mis mentores durante los cinco años de mi carrera universitaria.

Agradezco a mis amigos por haber transformado estos cinco años en una aventura inolvidable.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por su apoyo incondicional y por todos los sacrificios hechos para poder darme la mejor educación.

A mis hermanos por siempre ser mi guía, mi inspiración y mi ejemplo a seguir, en especial a mi hermano Andrés por motivarme a dar lo mejor de mí hasta el final.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación es una propuesta de mejora del proceso de producción de la línea de inodoros a través del control de calidad en la empresa Edesa S.A. Se aplicaron varias herramientas de la calidad para determinar donde se generaban los defectos del modelo y cuáles eran sus causas.

El trabajo comienza con un análisis de la situación actual de la empresa donde se levantó cada parte del proceso productivo utilizando herramientas como el mapa de procesos, flujogramas, caracterización de procesos y descripciones de los procesos. Durante este paso también se recolectó la información necesaria para poder construir el Mapa de la Cadena de Valor (VSM) y para realizar una simulación del proceso.

Observando el proceso de producción y usando hojas de control y diagramas de Pareto, se encontraron y cuantificaron los defectos generados en el modelo a lo largo de la línea. Estas herramientas ayudaron a determinar cuáles eran los defectos críticos que se debían atacar. Se utilizaron diagramas causa-efecto para analizar las causas raíz de los defectos más críticos y se propusieron herramientas y métodos de la calidad para atacarlas.

Se propuso cambiar una herramienta utilizada en un proceso para disminuir uno de los defectos críticos y aumentar la cantidad de productos conformes. Además, se plantearon varios controles a lo largo de todo el proceso para mantener controlado el ambiente y las materias primas con el fin de eliminar las variabilidades que causaban defectos.

Finalmente, con la ayuda de una nueva simulación, se analizó el impacto que generarían las mejoras. Se compararon los resultados actuales con los obtenidos a partir de la implementación de las mejoras y, después de un análisis económico que verifica la viabilidad de las propuestas, se obtuvo que la línea aumentaría aproximadamente 250 unidades conformes por mes.

ABSTRACT

The following study is an improvement proposal of the production process of the toilets line throughout quality control in the company Edesa S.A. Numerous quality tools were used to determine where the defects of the model were being generated and what their causes were.

The study begins with an analysis of the current situation of the company by gathering information and understanding each part of the production process of one of the models with the highest demand, using tools such as process map, flowcharts, process characterizations and process descriptions. During this part, all the necessary information was gathered to be able to build the Value Stream Mapping (VSM) and to perform a simulation of the process.

By observing the production process and using control sheets and Pareto diagrams, it was possible to find and quantify the defects generated along the production line. These tools also helped determine which were the most critical defects that needed to be solved. Ishikawa diagrams were used to analyze the root causes of the most critical defects and quality tools and methods were proposed to attack them.

It was proposed to change a tool used in a process to reduce one of the critical defects, increasing the number of finished products. In addition, several controls were proposed throughout the process to keep the environment and raw materials under control in order to eliminate the variability that causes defects.

Finally, with the help of a new simulation, an analysis of the impact that these improvements will generate was made. The current results were compared with those obtained from the implementation of the improvements and, after an economic analysis that verifies the viability of the proposals, the line would increase approximately 250 units per month.

ÍNDICE

Introducción	1
1. Marco Teórico	12
1.1 Gestión por Procesos	12
1.1.1 Definición de Proceso.....	12
1.1.2 Mapa de Procesos.....	13
1.1.3 Caracterización.....	15
1.1.4 Flujograma.....	16
1.2 Herramientas de la calidad para la mejora continua de los procesos.....	19
1.2.1 Diagrama causa-efecto.....	21
1.2.2 Hojas de verificación.....	23
1.2.3 Diagrama de Pareto.....	26
1.2.4 Gráficas de control.....	27
1.3 VSM.....	30
1.3.1 Familia de productos	30
1.3.2 Tiempo de ciclo.....	31
1.3.3 Tack Time.....	32
1.3.4 Balanceo de líneas	32
1.3.5 OEE	33
1.3.6 Pasos para realizar un VSM.....	35
1.4 Mejora Continua.....	38
1.5 Simulación del Proceso.....	40

2. Análisis de la Situación Actual	42
2.1 Mapa de Procesos	43
2.2 Levantamiento del proceso de producción.....	44
2.2.1 Vaciado.....	44
2.2.2 Secado	46
2.2.3 Inspección Cruda.....	49
2.2.4 Esmaltado.....	51
2.2.5 Horno.....	53
2.2.6 Inspección Final.....	56
2.2.7 Embalaje.....	60
2.3 VSM actual.....	61
2.3.1 OEE	62
2.4 Simulación actual	66
3. Análisis del Problema	71
3.1 Pareto.....	72
3.2 Gráficas de control	84
3.3 Diagramas Ishikawa.....	86
4. Desarrollo de la Propuesta.....	96
4.1 Oportunidades de mejora del defecto 22.....	96
4.1.1 Cambio de herramienta	96
4.1.2 Instalación de filtros	99
4.1.3 Regulación de presión de aire	101
4.1.4 Reunión de operarios	102
4.1.5 Mantenimiento	105

4.1.6	Resumen de propuestas de mejora.....	106
4.2	Oportunidades de mejora para los defectos 28 y 29	108
4.2.1	Control de humedad y temperatura	108
4.2.2	Humectación de núcleos	109
4.2.3	Control de ingreso al secadero.....	110
4.2.4	Desarrollo de indicadores	111
4.2.5	Diseño del molde	112
4.2.6	Resumen de propuestas de mejora.....	112
5.	Análisis de Resultados.....	114
5.1	VSM después de la mejora	114
5.2	Simulación después de la mejora.....	117
5.3	Análisis Económico	120
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	125
6.1	Conclusiones	125
6.2	Recomendaciones.....	127
	REFERENCIAS	129
	ANEXOS	132

Introducción

A lo largo de su evolución, el ser humano ha buscado maneras de adaptarse a los diferentes entornos a los que ha estado expuesto. En cada uno de ellos los recursos variaban y las necesidades no eran las mismas, por lo que su forma de vivir dependía del ambiente en el que estaba. Esto cambió cuando dejaron de ser nómadas y comenzaron a formar las primeras civilizaciones, convirtiendo la constante búsqueda de supervivencia en búsqueda de confort económico y social.

Se desarrollaron las primeras ciudades y con ellas vino la estabilidad, el crecimiento y la comodidad. Las prioridades del ser humano cambiaron y el ámbito social tomó fuerza dentro de la sociedad. En la Antigua Roma, uno de los espacios que más se utilizaba para socializar eran los baños públicos. Sin embargo, la necesidad de tener privacidad creció con el tiempo y se perdió la costumbre del baño colectivo. Los espacios destinados al aseo y a las necesidades humanas se volvieron más íntimos por varios motivos, el más importante: la higiene. Los nobles de los siglos XIX y XX comenzaron a diseñar espacios dentro de sus hogares destinados a la limpieza corporal a los cuáles fueron incorporando diferentes artefactos, cada uno utilizado para una necesidad diferente. Así nacieron los sanitarios que se conocen y, con ellos, los modernos cuartos de baño que hoy están presentes en todos lados (Soriano, 2018).

En la actualidad, con una sociedad en crecimiento cada vez más acelerado, la construcción de nuevos hogares es inevitable. Las nuevas familias que se van formando requieren un lugar donde vivir y estos espacios siempre tendrán la necesidad de tener un cuarto de baño. A medida que la población va aumentando, también lo hace la demanda por accesorios y productos de baño. Pero las exigencias de los humanos también han evolucionado con el tiempo y cada vez son más estrictas, por lo que la calidad de estos productos debe ser indiscutible. Existen corporaciones que ven este suceso como un reto, mientras que la empresa Edesa S.A. lo ha visto como una oportunidad de negocio por

más de 40 años.

Antecedentes de la empresa

La empresa Edesa S.A. comienza sus actividades en el año 1974 cuando un grupo de inversionistas ecuatorianos y venezolanos asocian para fundar la primera planta de sanitarios del Ecuador. La fábrica, ubicada en el sur de Quito, Ecuador, ha pasado por cuatro ampliaciones a lo largo de su historia, proporcionando trabajo a más de 1000 personas actualmente. En 1994 pasó a formar parte del grupo chileno Cerámicas Industriales S.A. (CISA) donde se alió con empresas importantes del mercado.

En 1998 fue la primera empresa sudamericana de producción de sanitarios en certificarse bajo la norma ISO 9001. Según el Ministerio de Trabajo del Ecuador, esta compañía de gran tamaño se encuentra dentro de un sector de alto riesgo para los operarios por pertenecer a una industria manufacturera. Sin embargo, para contrarrestar este hecho, Edesa consiguió la certificación OHSAS 18001 en el año 2011 con el fin de proporcionar seguridad a sus empleados. Ese mismo año, se certificó bajo la norma ISO 14001 comprometiéndose con el cuidado medioambiental.

Desde entonces, ha ido coleccionando premios y reconocimientos debido a su excelente gestión. En 2013 obtuvo el primer lugar en el concurso *Responsible Care* otorgado por la Asociación de Productos Químicos del Ecuador (Aproque). En el 2014 obtuvo el sello Primero Ecuador, reconocimiento a la Mejor Empresa en Innovación Tecnológica entregado por Fedexpor, obtuvo el premio General Rumiñahui por su destacada responsabilidad social y, este mismo año, pasa a formar parte de *Ecuador Green Building Council*. En el 2015 consiguió por segunda vez consecutiva el premio General Rumiñahui, el sello Mucho Mejor Ecuador y se convirtió en miembro del Consejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable. (Edesa, 2019)

La planta, aparte de producir su marca de inodoros, también maquila para marcas internacionales como Fanalozza (Chile), Alfa (Colombia), Briggs (USA) y Toto (Japón). Esta última, es comercializada en Estados Unidos y es considerada la más prestigiosa porque la exigencia de la calidad en este mercado es mayor a la de cualquier otro, por lo que los estándares son más estrictos. Esto implica que cualquier mejora en los procesos de los productos de la marca Toto pueden ser replicables a los demás modelos porque siguen el mismo proceso de producción.

Toto tiene dos modelos de inodoros, el 1243 y el 1244. Este último es un inodoro elongado, también conocido como Taza Toto EF Copa Verde, que tiene una demanda de aproximadamente 3.300 unidades al mes a comparación del modelo 1243 que solo tiene aproximadamente 350 unidades al mes. Cualquier mejora en el proceso productivo de este modelo tendrá un impacto económico mayor que en el del modelo 1243. Además, las aproximadas 3.300 unidades generan un gran ingreso para la empresa debido a su volumen de producción.

Sin embargo, el modelo 1244 tiene el nivel de disconformidad más alto de todos los modelos de inodoros debido a los parámetros de calidad que maneja. En la siguiente tabla se puede observar el índice de unidades conformes vs la cantidad de unidades terminadas del 1244 por cada mes.

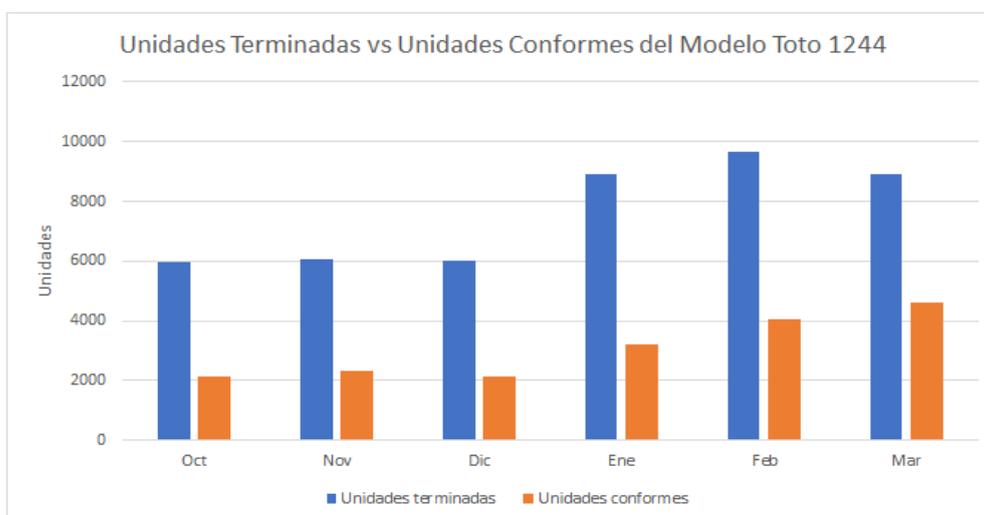


Figura 1. Unidades terminadas vs unidades conformes del modelo Toto 1244

Cartera de productos

Edesa comenzó produciendo inodoros, pero ha ido diversificado su cartera de productos y, en la actualidad, también fabrica lavamanos, tanques, bidets, pedestales y urinarios. Sin embargo, su producto estrella sigue siendo el inodoro con casi el 50% de la producción total de la fábrica.

Porcentaje de Producción de Edesa S.A.

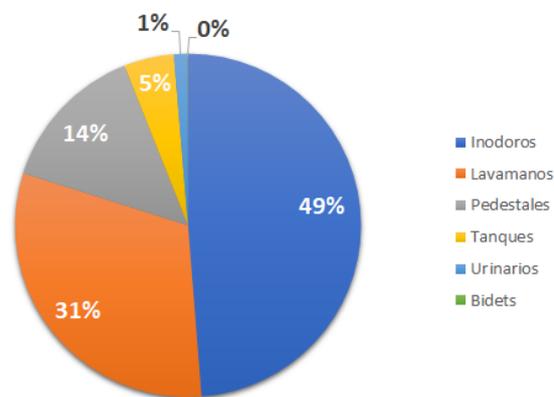


Figura 2. Porcentaje de producción de Edesa S.A.

Además, son conocidos en el mercado por abordar el 30% en los negocios de grifería, bañeras y accesorios de cerámica para baños. Se pueden observar algunos ejemplos de los productos de Edesa en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Cartera de productos de Edesa S.A.

Producto	Nombre	Imagen
Inodoro	Málaga	

Lavamanos	Malibú	
Bañera	Nueva Europa 170	
Grifería	Vittoria	
Urinario	Colby Plus	

Accesorios	Accesorios adhesivos	
------------	----------------------	--

Tomado de (Edesa, 2019)

Cartera de clientes

Esta empresa ecuatoriana ha logrado ocupar más del 50% del mercado con clientes locales como Comercial El Rosado, Ferretería Kiwi o Ferretería El Hierro; sin embargo, su fuerte está en las exportaciones. Edesa cuenta con una amplia lista de clientes internacionales, pero entre sus principales se encuentran las empresas Gumisa (Perú), Alfa (Colombia), Freund (El Salvador), Cemento Rocafuerte (Guatemala) y Toto (USA). Esta última otorgó la representación de su marca a Edesa en el año 2011. Es considerada una de las marcas más prestigiosas en el mercado internacional por lo que Toto se ha convertido en su cliente más importante; además, es el más fuerte que tiene Edesa en la venta de inodoros en el extranjero.

Ventas Internacionales de Inodoros 2018

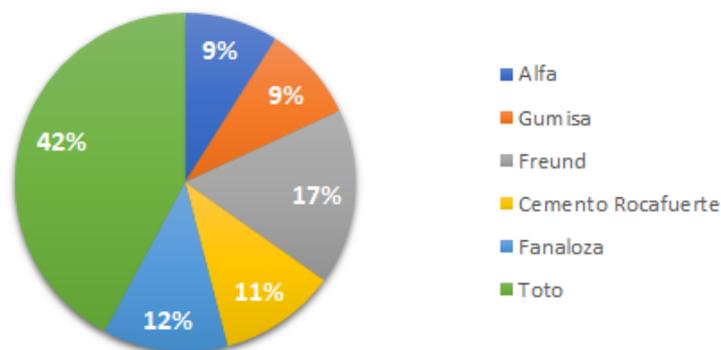


Figura 3. Ventas internacionales de inodoros 2018

Localización

La planta de Edesa S.A., así como sus oficinas, están ubicadas en la Av. Morán Valverde Oe3-191 y Av. Teniente Hugo Ortiz, en el sur de Quito, Ecuador. Las bodegas de producto terminado y la planta donde se ensambla la grifería están ubicadas en Guajaló, cerca de la planta principal.

Hace 40 años, esta parte de Quito era considerada zona industrial y contaba con accesos a carreteras como la Av. Simón Bolívar. Sin embargo, con el crecimiento de la ciudad, la planta de Edesa quedó rodeada por construcciones como casas, centros comerciales e incluso universidades. Si bien todavía existen los accesos a la Av. Simón Bolívar, el tráfico dificultad la movilidad de los camiones que transportan la materia prima y los productos terminados. En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de la planta de Edesa S.A.

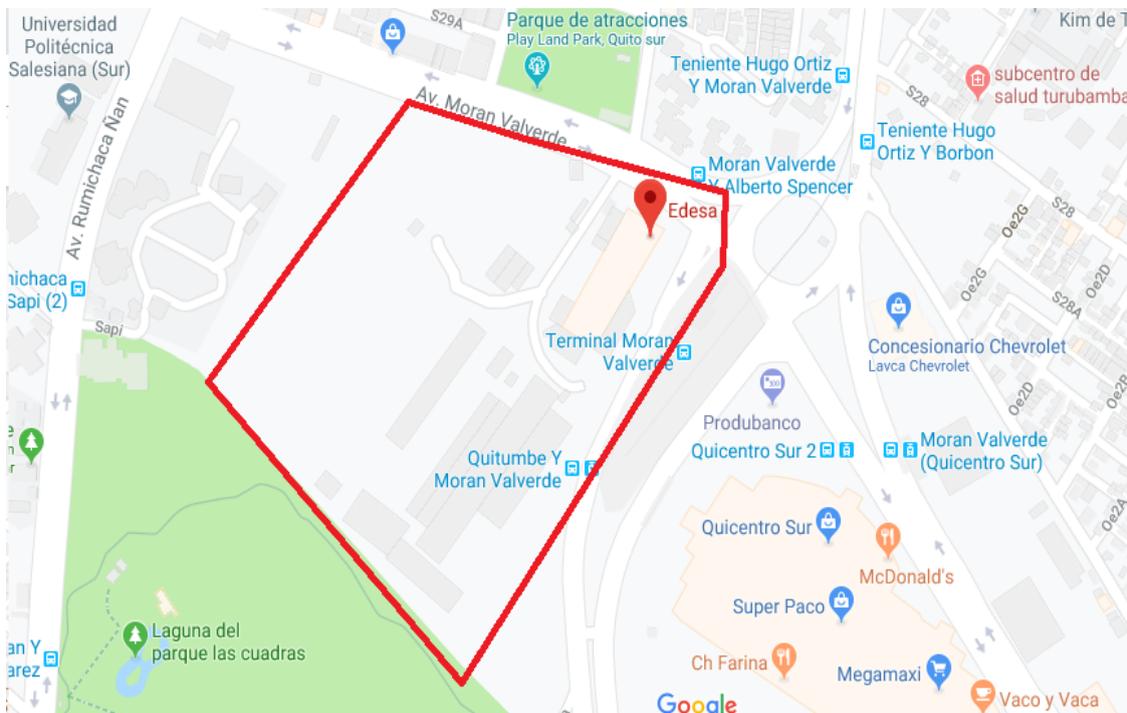


Figura 4. Ubicación de la empresa Edesa S.A.

Tomado de (Google Maps, sf.)

Descripción del problema

Se sabe que la cerámica es un material difícil de controlar debido a la gran cantidad de variables que intervienen en su proceso como la temperatura, la humedad, la presión, el personal, la maquinaria, las materias primas, otros. Si bien Edesa ha conseguido controlar muchas de estas variables, existen vacíos a lo largo del proceso productivo que provocan ciertas impurezas o defectos en los productos, causando el incumplimiento de los estándares mínimos de calidad para ser admitidos como producto conforme. A lo largo del proceso existen dos puntos de control de calidad donde se identifica si el producto cumple con los parámetros de calidad necesarios para poder avanzar. Si no cumple, será desechado generando un costo para la empresa.

En este giro de negocio, si un producto no cumple con los estándares de calidad necesarios para clasificar en el mercado, y no es posible reparar el defecto, pasa a formar parte de un grupo de productos destinados a desecho, Edesa los califica como "rotura". Lastimosamente, una vez que la cerámica pasa por los hornos, son muy pocos defectos los que se pueden corregir. En la actualidad, el índice de rotura que tiene la empresa es alto y es uno de los principales rubros en la tabla de costos de producción.

Después de analizar los informes de producción presentados por Edesa en los últimos seis meses, se ha encontrado un comportamiento recurrente en todos los productos: el nivel de conformidad es bajo. A lo largo de todo el proceso se van generando diferentes defectos que causan la rotura de la pieza porque no cumple con los estándares mínimos de calidad, disminuyendo la cantidad de productos conformes y aumentando los costos de producción. Para comprender mejor el problema, se presenta, como ejemplo, una tabla de la producción de inodoros conformes vs el total de producidos en los últimos seis meses.

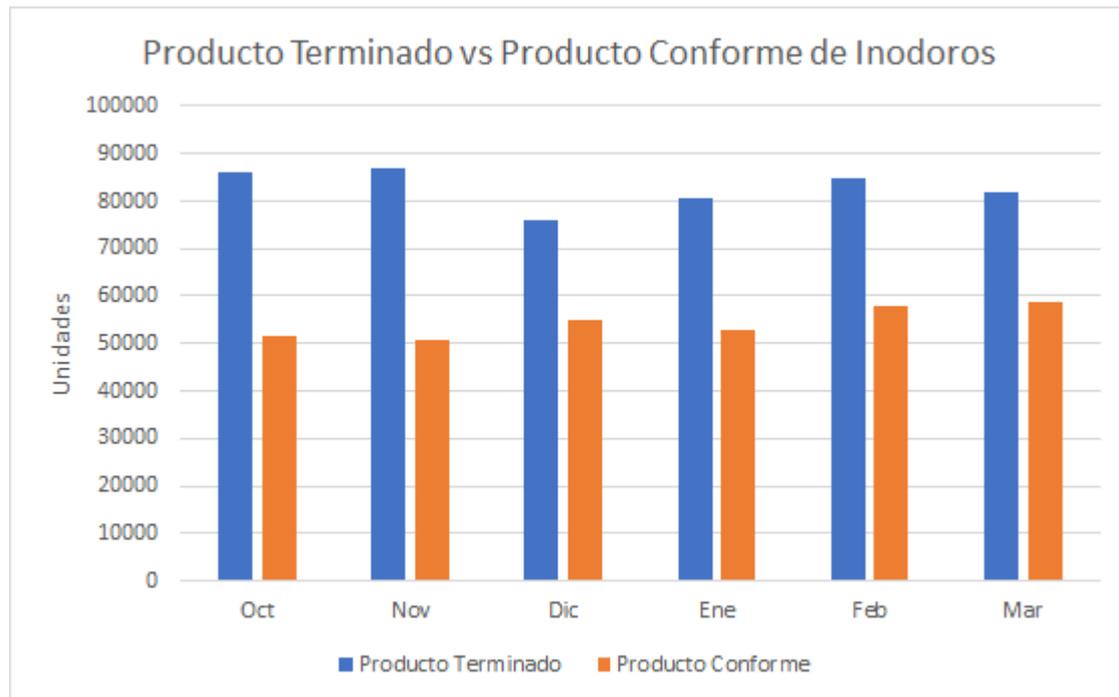


Figura 5. Producto terminado vs producto conforme de inodoros

Si bien es cierto que la definición de “calidad” tiene muchas versiones, en el mundo de los sanitarios, calidad puede definirse como el cumplimiento del valor mínimo de un parámetro para que la pieza no vaya rotura. Lastimosamente, en Edesa, el manejo del concepto calidad es muy discutible porque, actualmente, solo el 66% del total de producción de inodoros cumple con los parámetros mínimos establecidos para ser considerado producto terminado; el 34% restante va a rotura generando costos altos para la compañía.

Justificación

Las empresas deben tener la filosofía de mejora continua, pero no todas la aplican correctamente. En el caso de Edesa, los números de sus reportes exponen que efectivamente existen oportunidades de mejora. Se han impulsado varios proyectos con el objetivo de optimizar las líneas de producción o corregir problemas existentes en la empresa. Lastimosamente, a muchos de estos proyectos no se les dio el debido seguimiento y no generaron el impacto suficiente.

Edesa S.A. tiene una producción mensual de aproximadamente 160.000 piezas sanitarias conformes. Sin embargo, su producto estrella son los inodoros con una producción de aproximadamente 80.000 piezas al mes, equivalente al 50% de la producción total de la empresa. Después de analizar los reportes de los últimos seis meses, se encontró que el inodoro es el producto que más se fabrica, pero el que tiene la menor cantidad de productos conformes, generando costos de producción que se podrían eliminar.

La principal razón que justifica este estudio es que, según los datos del SRi, el Impuesto a la Renta Causado por Edesa en los último seis años ha ido disminuyendo notablemente, por lo que se puede inferir que las ganancias netas también han disminuido. Este suceso se debe, en parte, por la caída del sector de la construcción en el país. Pero, cuando la demanda baja, se deben tomar decisiones; una de esas es impulsar proyectos de mejora como el presente estudio.

Año fiscal ↕	Impuesto a la Renta Causado	Impuesto a la Salida de Divisas
2019	Período Fiscal en curso	\$435,357.74
2018	\$4,528.97	\$889,506.59
2017	\$146,352.20	\$676,412.93
2016	\$128,011.00	\$650,968.85
2015	\$348,993.60	\$898,793.88
2014	\$615,766.98	\$1,128,237.62
2013	\$687,149.54	\$996,303.39
2012	\$581,964.95	\$1,310,025.28
2011	\$441,004.25	\$481,597.97
2010	\$400,975.27	\$306,963.33

Figura 6. Impuesto a la Renta Causado por Edesa según el SRi

Tomado de (SRi, 2019)

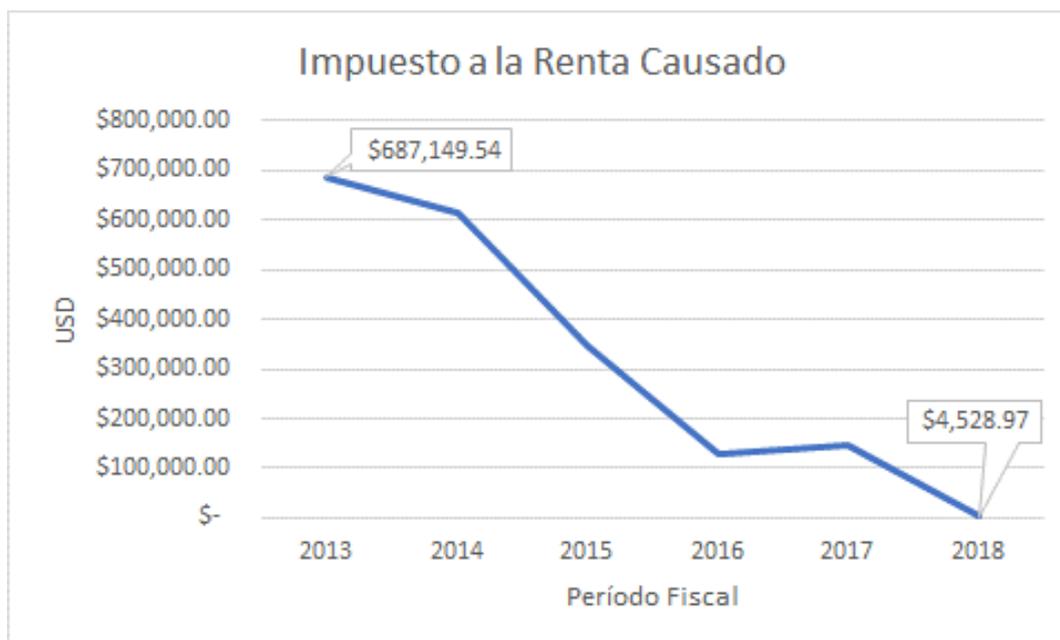


Figura 7. Impuesto a la Renta Causado por Edesa según el SRI

Tomado de (SRI, 2019)

Alcance

Este estudio se centrará en la línea de producción del modelo Toto 1244, desde el proceso de vaciado hasta el proceso de embalaje, listo para ingresar a bodega.

Objetivos

Objetivo general

Proponer una mejora del proceso de producción de la línea de inodoros Toto 1244 a través de herramientas de control de calidad.

Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de la línea del modelo Toto 1244 a través del levantamiento del proceso de producción.

- Analizar las principales causas críticas de la generación del producto no conforme.
- Aplicar herramientas metodológicas del control de la calidad para cuantificar el producto no conforme.
- Proponer acciones de mejoramiento.
- Realizar un análisis del impacto económico de la propuesta de mejora.

1. Marco Teórico

1.1 Gestión por Procesos

1.1.1 Definición de Proceso

La mayoría de las personas siguen una misma rutina todos los días, levantarse, bañarse, vestirse, desayunar, lavarse los dientes, otros. Todas estas son actividades que parecen ser independientes y no relacionarse entre sí, pero al agruparlas forman un conjunto denominado “proceso de estar listo”. Es decir, todo lo que una persona hace todas sus mañanas puede resumirse con una única palabra o frase para simplificar su entendimiento.

Un proceso es una serie de actividades o acciones realizadas para conseguir un objetivo determinado. En el caso anterior, el objetivo del proceso es que la persona este “lista” por las mañanas y todas las actividades que realiza están encaminadas en esa dirección. Sin embargo, no toda la gente sigue las mismas actividades ni se toman el mismo tiempo para estar listas; incluso, puede que haya una persona que su objetivo final no sea estar listo, por cualquiera que fuere la razón. Si bien todos pueden tener el mismo objetivo, las actividades no son las mismas, los recursos son diferentes y la persona es otra. Es decir, el proceso de “alistarse” puede tener varias entradas diferentes y el resultado final puede variar dependiendo de las actividades.

De una forma resumida, se puede definir un proceso como un conjunto de actividades interconectadas y dependientes por las cuales unas entradas se transforman en unas salidas, conocidas también como resultados. Dentro de las empresas, los procesos están presentes en todos lados y se los utiliza todos los días. Un ejemplo de un proceso podría ser el de compra de materiales:

- El proceso empieza cuando uno de los materiales necesarios para la producción se termina.
- Se realizan una serie de actividades como avisar al departamento de compras, determinar la cantidad necesaria del material, contactar a los proveedores, cotizar las diferentes opciones, realizar la compra, otros.
- Para que las actividades puedan desarrollarse normalmente, se necesitan entradas como información, insumos, capital, otros.
- El resultado final o la salida del proceso es el material comprado para el área que lo solicitó, conocida también como cliente.

Las actividades de este proceso no son independientes, están interrelacionadas y son repetitivas porque, cada vez que comienza el proceso, se sigue la misma secuencia. Además, todas las actividades deben estar destinadas a agregar valor porque deben ir transformando las entradas en un resultado final (Pardo, 2017).

Todos los procesos deben contar con una serie de requisitos para poder ser considerado como tal. Las entradas del proceso son suministradas por proveedores, pueden ser proveedores internos (de la misma organización) o externos. Por otro lado, el resultado final del proceso, o las salidas, se entrega a un cliente que, de igual manera, puede ser interno o externo a la organización. Además, todo proceso debe contar con controles para que el resultado final sea el esperado.

1.1.2 Mapa de Procesos

Los procesos se pueden clasificar en tres diferentes categorías dependiendo de su función o tamaño. Esta clasificación se la puede representar de una forma gráfica llamada mapa de procesos. De una manera más formal, un mapa de procesos es una representación gráfica global de todos los procesos de una organización que muestra la secuencia y la interacción entre ellos. Un mapa de procesos también se puede utilizar para representar los procesos de una determinada área de la organización, de un producto específico o de un departamento (Pardo, 2012).

- **Procesos Estratégicos:** también se los conoce como procesos directivos, gerenciales, gobernantes o de dirección. Algunos ejemplos son los procesos de revisión por la dirección, planificación estratégica, gestión de la calidad, otros.
- **Procesos Operativos:** también conocidos como procesos misionales, son los que generan los productos o servicios de la organización. Estos procesos son los que, en conjunto, forman la llamada cadena de valor y son propios para cada negocio. Un ejemplo es el proceso de evaluación de profesores de un instituto de educación.
- **Procesos de Soporte:** se los conoce también como procesos de apoyo o auxiliares. Están destinados a ayudar a los procesos misionales y gobernantes aportando recursos o servicios y suelen ser muy parecidos en todas las empresas. Algunos ejemplos son el proceso de compras, mantenimiento, selección del recurso humano, otros.

Un mapa de proceso, la entrada general son los requisitos y las necesidades del cliente como impulso para la activación de todos los procesos; estos normalmente se ubican a la izquierda del mapa. En el lado derecho, se coloca la meta o el resultado esperado, por lo general es la satisfacción que tiene el cliente con el producto o servicio. La representación de un mapa de procesos se puede observar en la siguiente figura (Pardo, 2012).

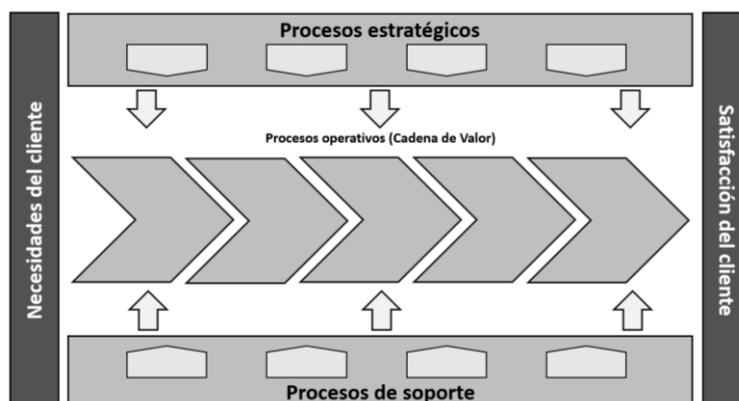


Figura 8. Ejemplo de un mapa de procesos

Adaptado de (Pardo, 2012)

1.1.3 Caracterización

Un mapa de procesos es una herramienta que permite visualizar todos los procesos de una organización de una forma visual; existe otra herramienta que permite desglosar y describir todos los elementos de cada uno de los procesos. La caracterización de un proceso es un documento, conocido también como la hoja de vida, el cuál describe el alcance, los objetivos, las entradas y las salidas de un proceso. Además, este instrumento también incluye elementos como los responsables, los documentos asociados, los recursos necesarios, la normativa, los métodos de control, otros (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015).

A continuación, se presenta el formato que se va a utilizar en este estudio para caracterizar los procesos.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:		VERSIÓN:		EMISIÓN:	
NOMBRE DEL PROCESO:			DUEÑO DEL PROCESO:		
OBJETIVO:					
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN

Figura 9. Formato de caracterización de procesos

1.1.4 Flujograma

Si bien una caracterización ayuda a entender todos los elementos que interfieren en el proceso, no es suficiente para entender la lógica del mismo. Un flujograma no es más que una representación gráfica de un proceso que ayuda a hacer más evidente y visible este concepto tan abstracto. Un flujograma es una alternativa apropiada para la documentación de procesos porque define claramente las responsabilidades y funciones que tiene cada uno de los actores intervinientes. Además, es útil para establecer indicadores operativos y para diseñar nuevos procesos.

Existen varias maneras de representar un proceso visualmente, la más común es el flujograma de tipo matricial. Los matriciales muestran el flujo de tareas que tiene cada agente interviniente, evidencia cada punto de contacto y define cargas de trabajo; existen dos tipos, vertical y horizontal.

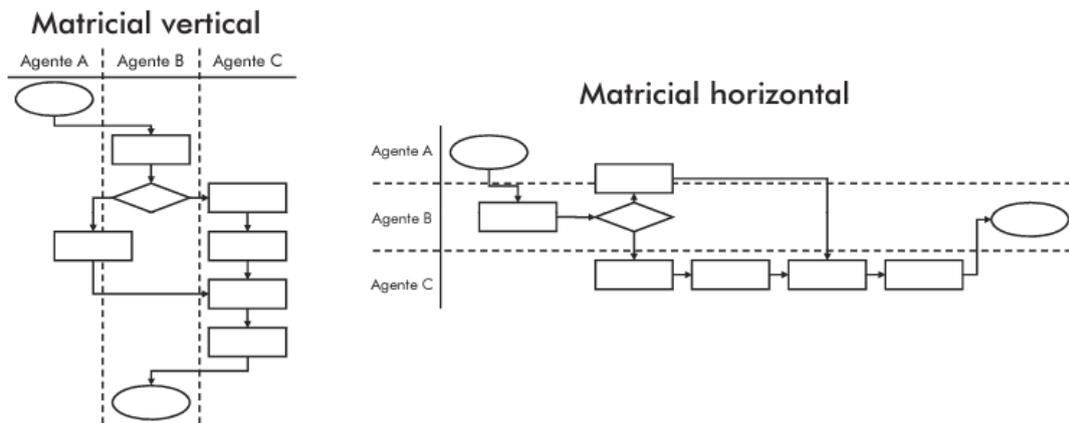


Figura 10. Tipos de flujogramas matriciales

Tomado de (Pardo, 2012)

El diagrama de flujo o flujograma, aparte de ser utilizado en la gestión por procesos, también es una importante herramienta para el control de la calidad porque permite entender, analizar y mejorar los procesos de una organización.

1.1.4.1 Simbología

Los flujogramas fueron desarrollados en la década de 1940 por programadores informáticos y han ido evolucionando desde entonces. Una de las cosas que casi no ha cambiado es su simbología. A continuación, se presenta una tabla con los principales símbolos de un flujograma extraídos del programa *Bizagi Modeler*, mismo que se utilizará en este estudio para la realización de flujogramas (Pardo, 2012).

Tabla 2.

Símbolos de Bizagi Modeler para flujogramas

Símbolo	Definición
 Inicio	Indica donde un proceso particular va a empezar

 <p>Tarea simple</p>	<p>Tarea incluida en un proceso</p>
 <p>Tarea manual</p>	<p>Tarea ejecutada sin ninguna ayuda externa</p>
 <p>Tarea de usuario</p>	<p>Tarea ejecutada con la ayuda de una aplicación o programa</p>
 <p>Compuerta exclusiva</p>	<p>Puntos donde el flujo puede tomar dos o más caminos</p>
 <p>Compuerta paralela</p>	<p>Crear y sincronizar flujos paralelos</p>
 <p>Evento intermedio</p>	<p>Indica si una actividad empieza entre el principio y el final del proceso</p>
 <p>Fin</p>	<p>Indica donde un proceso particular termina</p>
 <p>Secuencia de flujo</p>	<p>Enseña el orden de las actividades</p>

 <p>Asociación</p>	<p>Sirve para asociar información dentro del flujo</p>
 <p>Objeto de datos</p>	<p>Proveen información acerca de cómo los documentos y datos se van actualizando durante el proceso</p>
 <p>Piscina</p>	<p>Representa un proceso</p>
 <p>Calles</p>	<p>Es una subpartición de una piscina</p>
 <p>Fases</p>	<p>Representa un segmento de un proceso</p>

Tomado de (Bizagi Modeler, 2019)

1.2 Herramientas de la calidad para la mejora continua de los procesos

El movimiento por la calidad es una evolución que se ha venido dando a largo de la historia. Sin embargo, recién fue tomando fuerza a partir del siglo XIX, y no fue hasta la década de 1930 que a la calidad se le dio un enfoque de control

como la orientación principal. En esta época, a la calidad se la veía como un problema a resolver, pero se buscaba la uniformidad del producto para poder reducir las inspecciones al final del proceso productivo. Es entonces cuando surgen herramientas y metodologías para poder controlar la calidad.

Se define control de calidad como un sistema de métodos y herramientas para el suministro coste-eficaz de servicios o bienes cuya calidad es apropiada para el cliente. Se sabe que la alta dirección es responsable de los productos y servicios de la empresa, pero los encargados de la calidad son todos los miembros de la empresa, desde los gerentes hasta los operarios. Cuando todos los empleados de una compañía, en conjunto con todos los departamentos de la misma, ponen en práctica eficazmente el control de calidad, se lo conoce como control de calidad total. Pero, eso solo puede alcanzarse por el uso masivo de técnicas y herramientas como métodos estadísticos, reglamentos y normas, métodos computarizados, controles automáticos, controles de medidas, investigaciones de mercado, otros. (Ishikawa, 1994).

El control de calidad genera varias ventajas competitivas en las empresas. Por ejemplo, permite disminuir la cantidad de productos defectuosos y los vuelve más uniformes, disminuyendo también la cantidad de reclamos. Se adquiere la confianza de los clientes porque mejora la confianza del producto aumentando la fiabilidad. La uniformidad disminuye los costos y la confianza permite aumentar el precio de los productos o servicios. También, se aumenta la cantidad de productos conformes y el valor agregado de cada producto, volviéndolo más competitivo. Además, disminuye los reprocesos y los desperdicios mejorando la eficiencia. Introducir el control de la calidad total en una empresa ayuda a racionalizar los aspectos de la alta dirección y se benefician todos: los clientes, los empleados y los accionistas. (Ishikawa, 1994)

Existen siete herramientas principales para el control de calidad: diagrama causa-efecto, diagramas de flujo, hojas de verificación, diagrama de Pareto, gráficas de control, histogramas y diagramas de dispersión; para este estudio se

utilizarán únicamente las primeras cinco.

1.2.1 Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto, conocido también como espina de pescado o gráfico de Ishikawa, es un método gráfico que permite representar y analizar la relación que existe entre un problema (efecto) y las posibles causas. Esta herramienta es útil para promover la mejora del proceso dando prioridades, acumulando y organizando la tecnología y los conocimientos. Además, reúne y consolida las ideas de los trabajadores sobre las actividades relacionadas al control, facilitando las discusiones y la toma de decisiones. Se lo puede utilizar para cualquier actividad referente a la calidad, plazos de entrega, control de costos, investigación y desarrollo de nuevos productos, otros. Este diagrama es una de las herramientas más importantes para la promoción del control de la calidad debido a su fácil entendimiento.

Por lo general, para construir un diagrama causa-efecto se toma como base del análisis las 6M porque definen, de forma global, a todo proceso aportando parte de la variabilidad del producto final. A continuación, se detallan las 6M de la calidad y algunos aspectos que las conforman (Gutiérrez, 2010).

- **Mano de Obra:**
 - Conocimiento
 - Habilidad
 - Entrenamiento
 - Capacidad
 - Motivación
- **Métodos:**
 - Estandarización
 - Excepciones
 - Definición de operaciones
- **Maquinaria:**
 - Capacidad

- Condiciones de operación
- Herramientas
- Mantenimiento
- **Material:**
 - Cambios
 - Variabilidad
 - Proveedores
 - Tipos
- **Mediciones:**
 - Definiciones
 - Disponibilidad
 - Repetibilidad
 - Calibraciones
 - Reproducibilidad
- **Medio Ambiente:**
 - Cultura organizacional
 - Clima organizacional
 - Luz
 - Ruido
 - Temperatura

Una vez analizadas las 6M, juntamente con todos los aspectos que pueden alterar el producto final, se procede a sentar todas las ideas en un solo gráfico; el formato de un diagrama de Ishikawa puede verse algo así:

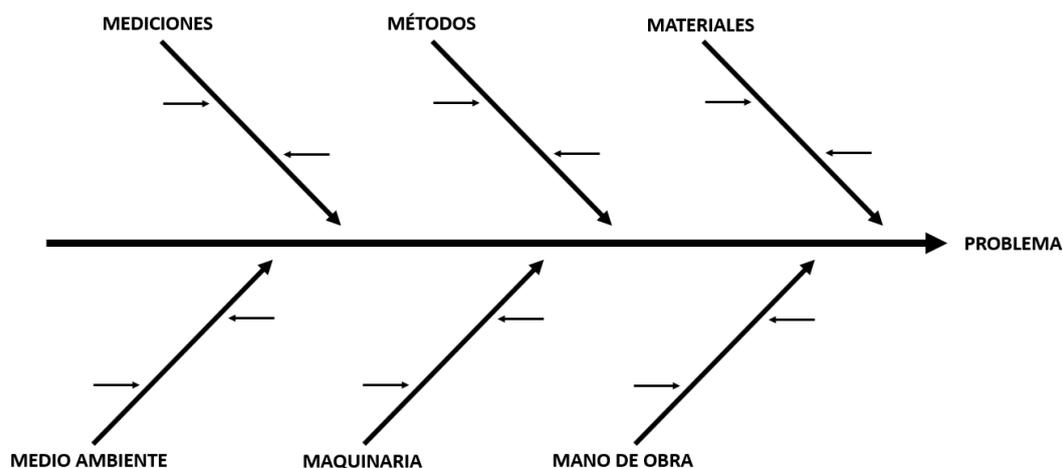


Figura 11. Ejemplo de formato de diagrama Ishikawa

Adaptado de (Angarita, 2011)

1.2.2 Hojas de verificación

Es común que en las empresas no se levanten todos los datos necesarios para poder tomar decisiones. También puede suceder que la organización se maneje un exceso de datos que no permiten tomar decisiones con claridad; los archivos se confunden, se registran tarde, se pierden o simplemente no se llegó a analizarlos. En ambos casos, la situación es similar: no se tiene la información correcta para dirigir la empresa.

Por ejemplo, dos empresas con el mismo giro de negocio pertenecen a un sector productivo considerado como de alto riesgo. La una empresa no recolectó nada de datos de los accidentes que ha tenido en los últimos años. Por otro lado, la otra empresa documentó y registró durante los últimos cinco años todos los accidentes con datos como el día, la hora, el lugar, el área y el tipo de lesión. Lastimosamente, no se sabía con exactitud cuántos accidentes sucedían al mes, cuál era el accidente más frecuente, que tipo de lesión perjudicaba más y así. En ambas situaciones, no se tenía la suficiente información para mejorar los esfuerzos de prevención de accidentes.

Tomando como referencia el ejemplo anterior, es necesario contar con herramientas y métodos que faciliten la obtención y análisis de datos con el fin de poder convertirlos en información relevante para poder tomar decisiones. Uno de esos métodos son las hojas de registro o de verificación. Una hoja de verificación es un formato que se crea para levantar datos con el fin de que el registro sea sencillo y se vuelva sistemático. Existen varios formatos de hojas de verificación, pero una característica importante de una buena hoja permite realizar el primer análisis de forma visual, magnificando y localizando los principales defectos. Las hojas de verificación se pueden utilizar para inspecciones, clasificación de fallas, confirmación de posibles causas de problemas de calidad, evaluación de proyectos de mejora, otros. En las hojas se pueden incluir factores como turno, máquina, tipo de defecto, área, producto, fecha, otros (Gutiérrez, 2010).

Para el presente estudio se utilizará la siguiente hoja de verificación que permitirá recoger todos los defectos que se generan a lo largo del proceso productivo.

PROCESO		CANTIDAD				TOTAL
DEFECTO		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
1	Craquelado					
2	Mal acople tanque y tapa					
3	Mal marcaje					
5	Dimensional					
6	Mal Trabajado					
18	Golpe crudo					
21	Aire					
22	Sucio de pasta bajo esmalte					
23	Sucio de pasta sobre esmalte					
25	Rotura anaquel					
26	Rotura anillo					
27	Rotura pega					
28	Rotura adentro					
29	Rotura pozo					
31	Rotura cuerpo					
32	Rotura borde					
34	Rotura cima					
35	Rotura fondo					
36	Rotura pata					
39	Rotura interior					
40	Rotura hueco					
43	Rotura base					
54	Rotura en coche					
60	Martillado					
61	Esmalte sucio					
62	Pitting					
63	Manchas de esmalte					
64	Separado					
65	Liviano					
66	Espeso					
67	Fuera de tono					
68	Borrado					
69	Pinholes					
80	Raja fina					
81	Astillado					
82	Alúmina					
83	Hervido					
84	Flash					
85	Crudo					
86	Precalentamiento					
87	Rotura en embalaje					
89	Sucio de horno					
92	Alabeo/roqueo					
96	Roto después de quema					
97	Estallado					
98	Mal funcionamiento					
99	Rayado					
PIEZAS INSPECCIONADAS			NO CONFORMES		DEFECTOS	

Figura 12. Formato de hoja de verificación

1.2.3 Diagrama de Pareto

Uno de los errores más comunes que se comete cuando se inicia un proyecto de control de la calidad es pretender atacar al mismo tiempo a todos los problemas que puede tener un proceso; es impráctico y casi imposible. Es por eso que se deben filtrar y clasificar los problemas para poder centrarse en los más importantes. El diagrama de Pareto es un gráfico de barras que permite encontrar el o los problemas más críticos al igual que sus posibles causas.

El diagrama se llama de esa manera porque se acoge al principio descubierto por el economista italiano Wilfredo Pareto, también conocido, como la ley del "80-20". Esta ley dicta que la mayoría de los defectos (80%) son generados por solo unos pocos elementos (20%). Es decir, de todos los problemas que puede tener una organización o un proceso, pocos son realmente significativos.

Los diagramas de Pareto pueden ser aplicados en problemas de cualquier ámbito: calidad, conservación de materiales, seguridad, eficiencia, ahorro de energía, otros. Además, ayuda a comunicar, motivar la cooperación y recordar de forma permanente a toda la comunidad cuál es el problema principal que se debe resolver. Una vez que se tomaron medidas correctivas para solucionar problema más importante, el diagrama permite observar de manera gráfica el impacto que ha tenido el proyecto; es decir, se puede ver como la barra del defecto disminuye, o aumenta, según sea el caso. El diagrama de Pareto permite tomar decisiones de manera subjetiva utilizando datos como la principal fuente de análisis (Gutiérrez, 2010).

Construir un Pareto es una tarea sencilla siempre y cuando se siga un orden o una metodología, caso contrario puede resultar frustrante diagramar uno. Para evitar tener problemas en la construcción se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a. Tener claro cuál es el objetivo que se busca cumplir y delimitar el área o

- proceso donde se va a aplicar la herramienta.
- Decidir los tipos de datos se necesitarán y los factores que podrían intervenir. Se recomienda construir una hoja de verificación que esté bien diseñada para el levantamiento de esta información.
 - Definir cuál va a ser el período que se levantarán los datos y quién va a ser el responsable de esta actividad.
 - Una vez obtenidos los datos, realizar una tabla donde se cuantifique la frecuencia que tiene cada defecto, su porcentaje, el valor y el porcentaje acumulado.
 - Representar los datos construyendo una gráfica de barras.
 - Analizar el Pareto. Si es necesario, construir un diagrama de segundo nivel para determinar los factores que más influyen en el defecto.

El resultado final después de haber seguido todos los anteriores pasos se verá algo así como el siguiente gráfico:

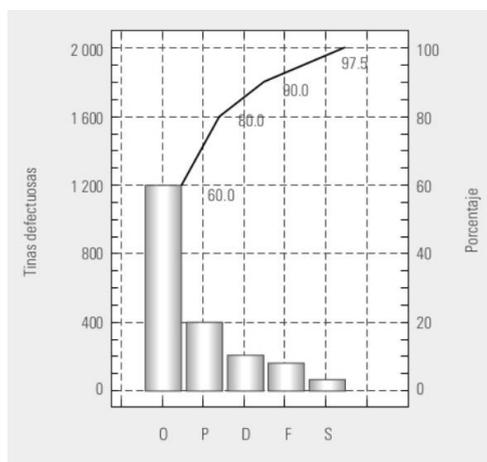


Figura 13. Ejemplo de un diagrama de Pareto

Tomado de (Gutiérrez, 2010)

1.2.4 Gráficas de control

Dentro de una organización, así como en su proceso productivo, existen demasiadas variables que pueden producir cambios en los resultados

esperados. Por ejemplo, un operario puede que no tenga el mismo rendimiento de siempre si está enfermo o que una máquina no esté funcionando al nivel óptimo porque no tiene suficiente aceite. En las empresas, continuamente se observan variaciones, es por eso que uno de los aspectos más críticos en el manejo de cualquier organización es decidir ante cuáles de ellas se debe actuar antes de que las cosas se salgan de control.

Existen dos tipos de variaciones que pueden afectar al resultado final de un proceso, las variaciones aleatorias o al azar y las de causas especiales o asignables. Las variaciones conocidas como aleatorias son las que se repiten eventualmente dentro del rango predecible. Por otro lado, las especiales son necesarias identificarlas, investigarlas y ponerlas bajo control ya que pueden ser factores que afecten más al proceso. Existe una herramienta llamada gráfica o diagrama de control que permite identificar las variaciones que existen dentro de un proceso, y de que tipo son, utilizando la estadística. Estas gráficas utilizan datos de operación con el fin de establecer límites que indican el rango dentro del cual se espera hacer futuras observaciones para saber si el proceso es afectado por alguna variación o se mantiene estable estadísticamente hablando.

El objetivo de un diagrama de control es estudiar y analizar cómo se comporta un proceso a lo largo del tiempo. Estas sirven para diagnosticar posibles variaciones, controlar un proceso, o confirmar la mejora de un cambio. Existen dos tipos de gráficas de control: para variables y para atributos. Los diagramas para variables son aplicables a características, normalmente de calidad, que requieren un instrumento de medición por ejemplo volumen, peso, longitud, voltaje, humedad, resistencia, temperatura, otros. Algunos ejemplos de diagramas de control para variables son:

- \bar{X} (de medias)
- R (de rangos)
- S (de desviación estándar)
- X (de medidas individuales)

Por otro lado, los diagramas de control por atributos representan características que no son medidas de forma continua o numérica sino por “conforme” o “no conforme” dependiendo si posee o no ciertos atributos. También se puede contar el número de no conformidades o defectos que tiene el producto. Algunos ejemplos de diagramas de control son:

- p (fracción o proporción de artículos defectuosos)
- np (número de unidades defectuosas)
- c (número de defectos)
- u (número promedio de defectos por unidad)

Todos los diagramas de control siguen el mismo concepto, manejan tres líneas horizontales, una al medio del gráfico conocido como límite de control (LC), una línea en la parte superior conocida como límite superior de control (LSC) y otra en la parte inferior llamada límite inferior de control (LIC). Mientras más cerca está el dato de LC menos variabilidad existe, si el valor se encuentra entre el LSC y el LIC significa que el proceso esta estadística estable, pero si el valor se encuentra fuera del rango entre LSC y LIC significa que algo está ocurriendo y se deben tomar acciones correctivas. A continuación, se observa un ejemplo de un diagrama de control.

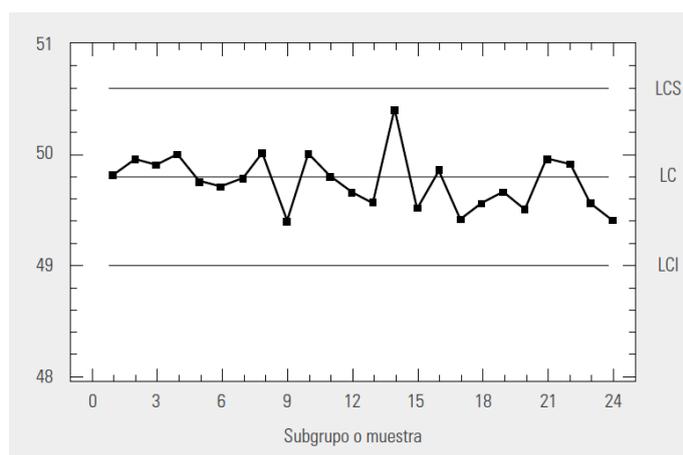


Figura 14. Ejemplo de una gráfica de control

Tomado de (Gutiérrez, 2010)

1.3 VSM

Antes de pretender iniciar un proceso de implementación de control de calidad, es necesario conocer el estado actual de la empresa para entender cómo funciona el flujo de materiales e información dentro de la organización. Existe una herramienta llamada *Value Stream Mapping* (VSM) o “Mapa de la Cadena de Valor” que no es más que una gráfica que detalla el flujo de información y materiales necesarios para que un servicio o producto llegue al cliente, permitiendo entender el proceso en sí. El objetivo principal de esta gráfica es determinar qué actividades del proceso no están agregando valor al producto o servicio para poder eliminarlas. Además, este método permite analizar la relación que existe entre el tiempo total de entrega y el valor agregado con los niveles de inventarios y tiempos de ciclo.

Un VSM abarca todos los procesos de producción, desde la recepción de materia prima hasta la entrega final al cliente, incluso se lo puede expandir hasta incluir a los proveedores de la cadena y a los clientes. La construcción de un VSM trae muchos beneficios para la organización. Al ser una representación gráfica y simple de entender, permite determinar donde están las actividades que no generan valor agregado a la empresa o al producto para poder eliminarlas, volviendola más eficiente. Al vincular el flujo de materiales con el flujo de información en un mismo mapa se está utilizando un mismo lenguaje para todos que permite obtener un método estructurado para implementar mejoras. Antes de construir un VSM, es necesario conocer algunos conceptos que este maneja.

1.3.1 Familia de productos

Siempre que se realiza un estudio de la cadena de valor, se debe escoger primero el producto que se va a analizar dependiendo de las necesidades que se tenga. Algunos ejemplos de necesidades que pueden accionar la construcción de un VSM son tiempos elevados de procesos, sobreproducción, cantidad de desperdicios, otros. Es importante tratar de escoger un producto que comparta

la mayor cantidad de características con otro, cómo operaciones y procesos, porque así el estudio puede referenciarse a ambos. Cuando dos o más productos responden a las mismas características se los conoce como familia de productos.

		PROCESOS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTOS	A	X	X		X	X	X	X	X
	B	X	X	X	X	X		X	X
	C	X		X	X	X		X	X
	D		X		X			X	
	E		X				X	X	
	F	X		X					X
	G		X	X		X		X	

Familia de productos

Figura 15. Familia de productos

Adaptado de (Rajadell & Sánchez, 2010)

1.3.2 Tiempo de ciclo

Para conocer el estado del proceso de producción de un producto, es necesario determinar cuánto tiempo demora su ejecución. El tiempo de ciclo es el tiempo que la empresa se demora en producir una unidad, este puede ser medido en un punto específico o en todo el proceso. Por ejemplo, el tiempo de ciclo del proceso de llenado de una botella de cerveza puede ser de 10 segundos por unidad mientras que el tiempo de ciclo del proceso entero de cada botella de cerveza puede ser de hasta tres días. Es decir, todo depende de la capacidad de la línea de producción (Lean Manufacturing 10, 2019).

El tiempo de ciclo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

1.3.3 Tack Time

Si bien el tiempo de ciclo determina la capacidad del sistema, existe otro tiempo que mide la “velocidad” a la que debería estar trabajando la organización para poder cumplir con la demanda; este tiempo se lo conoce como *Tack Time*. “Tack” es una palabra alemana que significa compás, por lo que este concepto consiste en que alguien marque el tiempo para que todo el proceso este sincronizado. Es decir, el *Tack Time* es un tiempo de referencia que permite que una organización mantenga el ritmo de producción estable y sincronizado con la demanda. Al contrario del tiempo de ciclo, el *Tack Time* calcula cada cuánto tiempo debe producirse una unidad, por lo que debe ser mayor que el tiempo de ciclo, caso contrario se deben tomar medidas (Lean Manufacturing 10, 2019).

El *Tack Time* se calcula con la siguiente fórmula:

$$Tack\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Unidades\ demandadas} \quad (\text{Ecuación 2})$$

1.3.4 Balanceo de líneas

De los anteriores conceptos se deriva uno conocido como balanceo de líneas. Este es un método que se utiliza para determinar el número exacto de operarios que necesita cada estación de trabajo para poder cumplir con el *Tack Time*. El balanceo de línea consiste en agrupar actividades secuenciales de trabajo para poder aprovechar al máximo las instalaciones y la mano de obra. Utiliza datos como el tiempo disponible de trabajo, la demanda y la capacidad de producción de cada estación. Cuando los tiempos de ciclo de cada actividad son iguales, se puede decir que el proceso está balanceado. (Paredes, 2017).

Para poder balancear una línea de producción se deben tomar en cuenta ciertos principios básicos:

- Principio de la mínima distancia recorrida.

- Principio de la división del trabajo.
- Principio del flujo del trabajo.
- Principio de operaciones simultáneas.
- Principio de trayectoria fija.
- Principio de intercambiabilidad.
- Principio de material en proceso.
- Principio del tiempo mínimo.

1.3.5 OEE

Si se desea saber el estado actual de una empresa, se recomienda utilizar indicadores globales que manejen métricas de calificación. Uno indicador de este tipo es el *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) o Eficiencia Global. Como se explicó anteriormente, la eficiencia es la relación entre lo real y lo planificado, por lo que el OEE determina la eficiencia que tiene una empresa, equipo o proceso en función de sus pérdidas y cuellos de botella. Además, este indicador es uno de los requisitos de calidad y mejora continua que exige la certificación ISO 9000.

Esta es una herramienta integral que combina varios aspectos de la producción, así como puntos de referencia que proporcionan información sobre el proceso. El OEE se enfoca en las pérdidas que se van generando a lo largo del proceso, estas se dividen en tres tipos:

- **Pérdidas por calidad:** productos no conformes y reprocesos
- **Pérdidas por rendimiento:** la máquina produce a una velocidad inferior a la teórica, también se incluyen microparos y reducción de velocidad por problemas de calidad
- **Pérdidas por disponibilidad:** averías de la máquina, cambios de matriz, falta de material, arranque de la máquina, falta de personal.

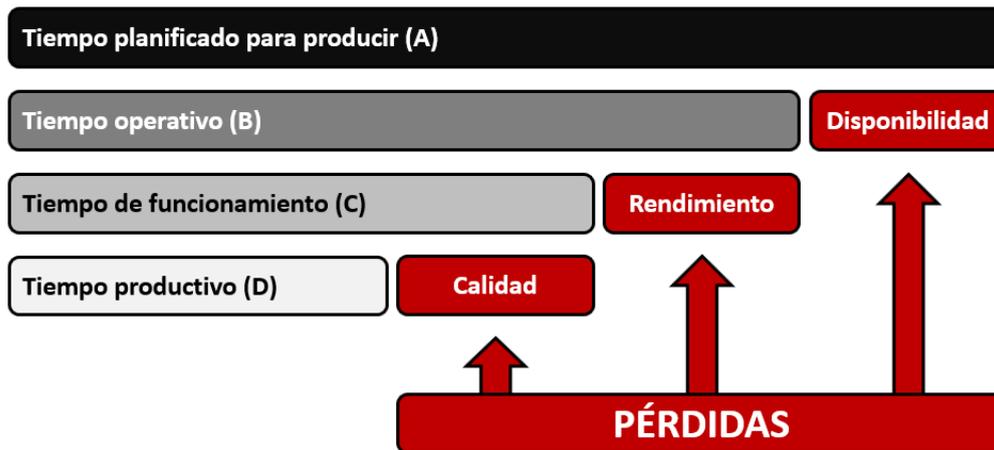


Figura 16. OEE

Adaptado de (Socconini, 2014)

El OEE se obtiene con la multiplicación de los tres tipos de pérdidas. A su vez, a este indicador se lo puede descomponer en tres grandes grupos de pérdidas y cada uno se calcula de diferente forma. A continuación, se detallan las fórmulas del OEE (Socconini, 2014).

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Disponibilidad = \frac{(B)}{(A)} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Planificado}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$Rendimiento = \frac{(C)}{(B)} = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Tiempo Operativo}} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Teórica}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Calidad = \frac{(D)}{(C)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo de Funcionamiento}} = \frac{\text{Piezas Buenas}}{\text{Producción Real}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

El valor obtenido del OEE permite clasificar el proceso, la máquina o toda la empresa, utilizando ciertos parámetros que utilizan las mejores empresas.

OEE	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<65%	Inaceptable	Muy baja competitividad, importantes pérdidas económicas
≥65% <75%	Regular	Pérdidas económicas, baja competitividad, se acepta solo si está en proceso de mejora
≥75% <85%	Aceptable	Competitividad ligeramente baja, pocas pérdidas económicas
≥85% <95%	Buena	Buena competitividad
≥95%	Clase Mundial	Excelente competitividad

Figura 17. Calificación del OEE

Adaptado de (Socconini, 2014)

1.3.6 Pasos para realizar un VSM

Para poder realizar correctamente el estudio de la cadena de valor, primero se debe seleccionar el producto de interés. Los principales parámetros que se deben tener en cuenta para seleccionar el producto son el tiempo elevado del proceso, reprocesos, sobreproducción, otros. La elección del producto será más interesante si este pertenece a una familia de productos que compartan las mismas características o un proceso de producción similar. Una vez seleccionado el producto, se procede a levantar el proceso, siguiendo paso a paso el flujo de materiales e información.

Al mismo tiempo, se puede ir tomando nota de todos los datos numéricos que aparecen en cada parte del proceso. Algunos ejemplos de estos datos son el tiempo necesario de producción, la distancia recorrida, la cantidad de piezas utilizadas, la superficie ocupada, otros. Además, se anotan los datos referentes a la línea de producción como los tiempos de ciclo, los indicadores, la cadencia de trabajo, otros. Toda esta información será necesaria para poder construir el VSM y se la puede recopilar utilizando la siguiente tabla.

Familia:		Producto:	
DATOS			
Proceso			
Número de personas			
Número de máquinas			
Tasa de defectos			
Tiempo de ciclo			
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad

Figura 18. Hoja de datos de proceso

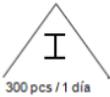
Adaptado de (Rajadell & Sánchez, 2010)

Finalmente, el último paso sería la construcción del VSM. Para lograr este objetivo, es necesario conocer toda la simbología que se utiliza para construir esta herramienta. La simbología del VSM puede llegar a ser muy complejo dependiendo del proceso analizado, pero, en este caso, solo se utilizaron símbolos simples y comunes. A continuación, se detalla la simbología del VSM.

Tabla 3.

Símbolos del VSM relacionados con materiales

SÍMBOLOS RELACIONADOS CON MATERIALES	
Símbolo	Descripción
	Proceso de producción o realización de servicio
	Fuentes externas (proveedor o cliente)
	Recuadro de datos importantes

	Inventario almacenado entre dos procesos
	Movimiento de material por empuje o PUSH
	Movimiento de material al siguiente paso del proceso

Tomado de (Jimenez, 2014)

Tabla 4.

Símbolos del VSM relacionados con la información

SÍMBOLOS RELACIONADOS CON INFORMACIÓN	
Símbolo	Descripción
	Flujos manual de información (informes o notas)
	Flujos electrónicos de información
	Información

Tomado de (Jimenez, 2014)

Tabla 5.

Símbolos del VSM de carácter general

SÍMBOLOS DE CARÁCTER GENERAL	
Símbolo	Descripción
	Burbuja de mejora

☺	Operador
⌚	Horas consumidas o línea de tiempo
⏸	Tiempo total

Tomado de (Jimenez, 2014)

En definitiva, después de seguir todos los pasos para construir un VSM, el resultado final se vería algo así como la siguiente imagen.

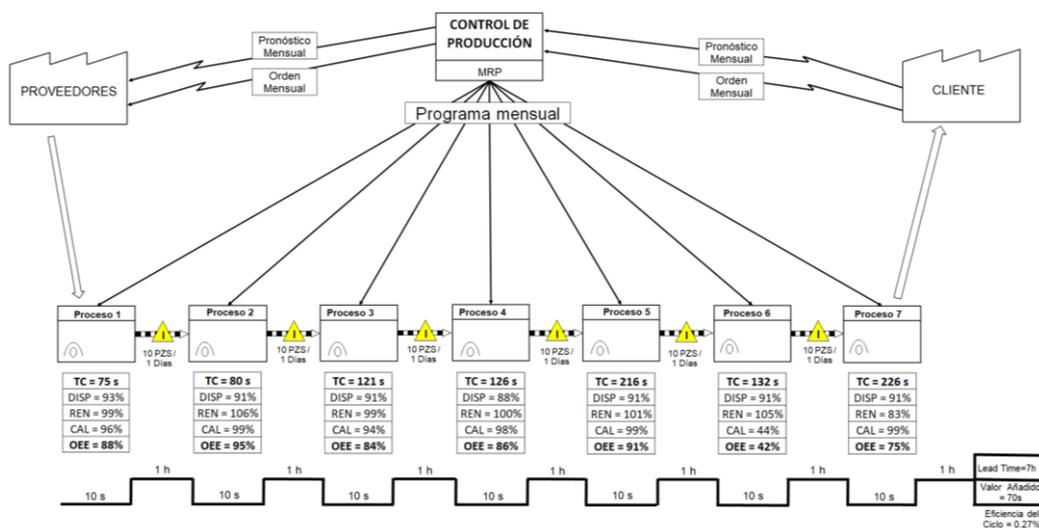


Figura 19. Ejemplo de un VSM

Adaptado de (Rajadell & Sánchez, 2010)

1.4 Mejora Continua

Al administrar y mejorar los procesos de una forma ordenada, impulsando nuevas ideas, identificando causas o restricciones, estableciendo nuevos proyectos de mejora, ejecutando planes de trabajo y replicando y estandarizando los efectos positivos se obtiene lo que se conoce como mejora continua. Como

se observó anteriormente, existen varias herramientas que permiten determinar la situación actual de la calidad y, desde ese punto, sea posible intervenir en los aspectos y puntos más críticos para la organización (Gutiérrez, 2010).

La mejora continua es uno de los principios en los que se debe basar un sistema de gestión de calidad (SGC). Este SGC lo que busca es incrementar las posibilidades de aumentar la satisfacción del cliente y de las diferentes partes interesadas. Es por eso que existen varias acciones que son destinadas para la mejora continua:

- Analizar y evaluar la situación actual para la identificación de áreas para la mejora.
- Establecer objetivos para mejorar.
- Buscar posibles soluciones para cumplir los objetivos.
- Evaluar dichas soluciones y seleccionar la mejor.
- Implementar la solución escogida.
- Medir, verificar, analizar y evaluar los resultados de la implementación para ver si se alcanzaron los objetivos.
- Formalizar los cambios.

Todas estas acciones se deben repetir constantemente como un ciclo. Este ciclo se resume en cuatro diferentes etapas conocidas como planear, hacer, verificar y actuar (PHVA). El PHVA es una metodología creada por Edwards Deming, basada en los conceptos de Walter Shewart, y se la utiliza para estructurar e impulsar proyectos de mejora continua y de la calidad en cualquier nivel jerárquico de una empresa. Para aplicar esta metodología primero se debe establecer de forma consciente y objetiva un plan (planificar) para aplicarlo en pequeña escala o como un plan piloto (hacer). Después, se deben evaluar los resultados obtenidos (verificar) para, finalmente, tomar una decisión de generalizar el plan si funcionó o reestructurarlo si los resultados no fueron los esperados (actuar); al reestructurar el plan se repite el ciclo PHVA (Gutiérrez, 2010).

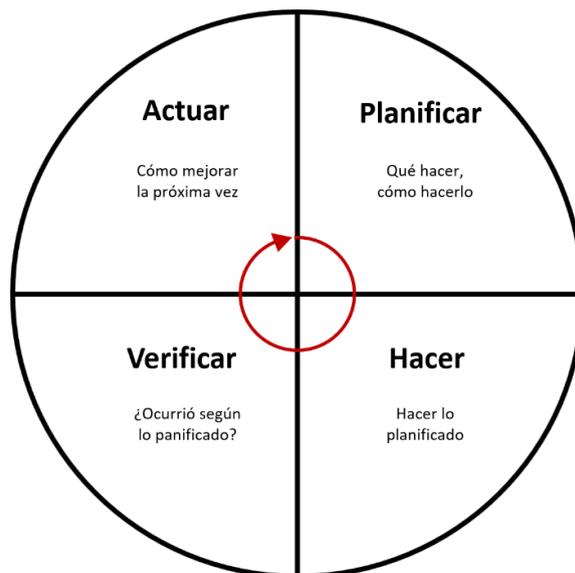


Figura 20. Ciclo PHVA

Adaptado de (Quesada, 2005)

1.5 Simulación del Proceso

Una de las herramientas más poderosas que puede tener cualquier ingeniero es la simulación porque puede representar el estado real del proceso o simular uno ficticio. Las simulaciones permiten analizar los diferentes comportamientos y variaciones que se le puede implementar a una línea de producción o a un servicio. También permite determinar cuál va a ser el impacto generado por las variaciones. La ventaja de las simulaciones es que si los cambios propuestos afectan negativamente al proceso la empresa no se vería perjudicada. Es decir, la simulación permite predecir el resultado de un cambio antes de implementarlo de forma real en el proceso, ahorrando a la empresa dinero.

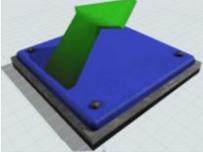
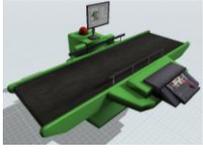
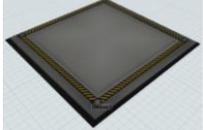
Existen varios softwares de simulación que se pueden utilizar para este tipo de estudios; en este caso se utilizó un software especializado en líneas de producción llamado *FlexSim*. Este programa permite manipular datos como tiempos de producción, tiempos de espera, tiempos de fallos, capacidad de las máquinas, distancias recorridas por diferentes objetos, capacidad de bodegas, otros. El objetivo del software es simular una realidad de la manera más

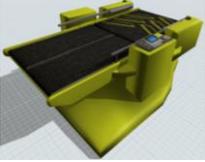
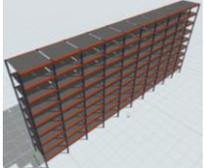
aproximada posible. Las posibilidades de simulación pueden ser infinitas porque, si bien el software está diseñado para simular líneas de producción, se pueden manipular los datos introducidos para simular un servicio.

Se decidió utilizar el software *FlexSim* en este estudio para realizar la simulación del estado actual del proceso de producción. Después de proponer las mejoras, se realizará una segunda simulación con las mejoras ya implementadas en el proceso con el fin de comparar los resultados y determinar cuál sería el impacto de las mismas. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los objetos que utilizarán dentro de este estudio.

Tabla 6.

Simbología del software FlexSim

Símbolo	Descripción
 <p data-bbox="395 1335 630 1368"><i>Source</i> – Fuente</p>	<p data-bbox="810 1160 1351 1249">Generador de material de entrada de un proceso.</p>
 <p data-bbox="339 1606 686 1639"><i>Processor</i> – Procesador</p>	<p data-bbox="810 1442 1351 1532">Procesa los elementos de la línea de producción.</p>
 <p data-bbox="389 1865 636 1899"><i>Queue</i> – Bodega</p>	<p data-bbox="810 1718 1351 1807">Representa un espacio físico donde se almacena el producto.</p>

 <p><i>Combiner</i> - Combinador</p>	<p>Representa un proceso de combinación de elementos provenientes de dos diferentes fuentes.</p>
 <p><i>Rack</i> - Estante</p>	<p>Estante donde se almacenan los elementos terminados.</p>

Tomado de (FlexSim, 2017)

2. Análisis de la Situación Actual

El primer paso del presente estudio es analizar la situación actual de la empresa. Para cumplir con este objetivo, es necesario detallar todo el proceso productivo del modelo Toto 1244 y recopilar los datos que lo acompañan. Luego, toda esta información se deberá ordenar, entender y analizar para poder presentarla en forma de tablas, gráficos e imágenes con el fin de simplificarla. Estos elementos serán claves para poder analizar el estado actual del proceso productivo.

Para comenzar, se analizará el mapa de procesos de la organización para poder entender cómo funciona Edesa de manera global. Se tomará en cuenta los procesos gobernantes, misionales y de soporte, así como sus interacciones.

Luego, se procederá a levantar todas las actividades del proceso productivo y los datos de cada subproceso utilizando flujogramas y caracterizaciones de procesos. El propósito de este paso es entender y analizar qué actividades se están realizando y cuáles son realmente las que agregan valor o no.

2.1 Mapa de Procesos

Antes de comenzar a investigar el proceso de producción, es necesario tener una idea general de como se maneja Edesa. Como toda empresa manufacturera, esta centra su giro de negocio en la producción de sanitarios; sin embargo, no es su único medio de ingresos. La compañía cuenta con diferentes unidades de negocio, tiene una división que importa y comercializa sanitarios, aparte, maneja una tienda de accesorios y productos para el hogar conocida como Bathcenter y tiene otra planta manufacturera que produce asientos de plástico para inodoros que, incluso, provee a la competencia. Teniendo claro este panorama, y después de varias entrevistas con miembros de la empresa, se procedió a contruir el mapa de procesos de Edesa.

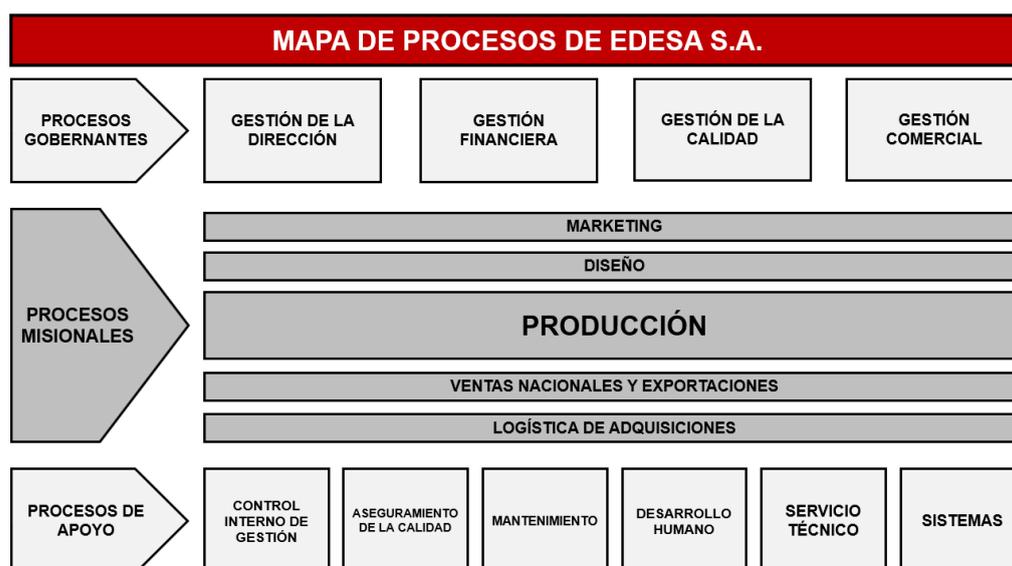


Figura 21. Mapa de procesos de Edesa S.A.

Este mapa recoleta las cuatro unidades de negocio de Edesa y las combina; por esa razón es que se hace tanto énfasis en la parte financiera y comercial de la empresa, ambas consideradas dentro de los procesos gobernantes. Además, dentro de los procesos misionales se encuentra la parte de marketing, algo que usualmente no sucede. Esto se debe a que el marketing es uno de los ejes más fuertes que maneja Edesa para las dos divisiones de comercialización de

productos, y desde el punto de vista manufacturero, cada cierto tiempo, Edesa realiza investigaciones de mercado que utiliza para el diseño y desarrollo de nuevos productos.

Dentro de los procesos misionales también se encuentran las ventas nacionales e internacionales y el proceso de logística de adquisiciones. Nuevamente, ambos hacen énfasis a la parte comercial de Edesa y no tanto a la parte manufacturera. Sin duda, dentro de los procesos misionales se encuentra el proceso de producción (se encuentra resaltado porque es el que se va a analizar en este estudio) y para respaldarlo, en los procesos misionales se incluyó el mantenimiento, el servicio técnico, el aseguramiento de la calidad, los sistemas que necesita la empresa para poder operar, desarrollo humano y el control interno de gestión. Para englobar todas las unidades de negocio que tiene Edesa, dentro de los procesos misionales está la gestión de la directiva y la gestión de la calidad, procesos indispensables en el manejo de cualquier empresa.

A partir de este punto, este estudio se centrará únicamente en la unidad de negocio que produce sanitarios, específicamente en el proceso de producción del modelo Toto 1244. A continuación, se procedió a levantar meticulosamente el proceso productivo del modelo mencionado.

2.2 Levantamiento del proceso de producción

2.2.1 Vaciado

El nacimiento de los productos sanitarios se da durante el proceso de vaciado. En este proceso, la pasta utilizada entra en forma líquida a unos moldes que están colocados sobre unos soportes de metal. Estos soportes, junto con las instalaciones de bombeo y extracción de la pasta, son conocidos como las máquinas de vaciado. Cada máquina tiene una capacidad de 50 moldes y cada molde está dividido en dos partes básicas: cuerpo y anillo. El molde del cuerpo

cuenta con 4 partes: dos partes laterales, la base inferior y el núcleo. Por otro lado, el molde del anillo cuenta únicamente con dos partes: concha del anillo y el núcleo. Los moldes del cuerpo están ubicados en una estructura anclada al piso mientras que los moldes del cuerpo están sujetos por una estructura vertical.

El modelo 1244 se fabrica en cinco máquinas y en cada una trabajan un operario y dos ayudantes. Este proceso, al igual que la mayoría de los procesos de Edesa, es prácticamente manual porque las tres personas que trabajan en cada máquina utilizan únicamente herramientas básicas como:

- Lijas
- Sacabocados
- Paletas
- Mallas
- Esponjas
- Brochas
- Dispensadores de pega
- Formaletas



Figura 22. Imagen del proceso de vaciado

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de vaciado se puede apreciar en el Anexo 1. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de vaciado donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	VCD001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Vaciado		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Vaciado	
OBJETIVO:	Fabricar piezas en crudo.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Preparación de pasta 2. Preparación de moldes 3. Planificación 4. Bodega de suministro	1. Pasta 2. Información técnica de pasta 3. Moldes 4. Plan de producción 5. Materiales	1. Revisar moldes, equipos y herramientas 2. Preparación de la moldura 3. Llenado de la moldura 4. Llenado del testigo 5. Registrar tiempo de formación 6. Esperar tiempo de formación 7. Verificar testigo 8. Drenado 9. Presionado y secado 10. Registro de tiempos de presionado y secado 11. Apertura de moldes 12. Realizar agujeros 13. Juntar anillo y cuerpo 14. Acabados internos 15. Desconche 16. Acabado de la pieza en verde 17. Colocar piezas en coches. 18. Transportar al parqueadero asignado 19. Lijar piezas 20. Limpieza de mangueras y moldes 21. Desechar piezas de rotura		1. Piezas húmedas 3. Reportes 4. Piezas para rotura 5. Retorno de pasta 6. Retorno de recortes	1. Secado 2. Planificación 3. Pasta 4. Contabilidad
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operario, ayudantes 2. Áreas climatizadas y cubiertas 3. Máquinas de vaciado 4. Herramientas de vaciado 5. Insumos		1. Capacitaciones 2. Cronograma de mantenimiento 3. Plan de producción 4. Reporte diario de vaciado	1. Hoja de registro de tiempos 2. Reporte del supervisor 3. Reporte de humedad y temperatura por circuito	1. Piezas con 15% de humedad 2. Piezas sin rajaduras	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
>98%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Productividad	Coordinador de Vaciado
<2.5%	% de rotura en verde	piezas no conformes / piezas fabricadas	Mensual	Calidad	Coordinador de Vaciado

Figura 23. Caracterización del proceso de vaciado

2.2.2 Secado

El proceso de secado es el más simple de todos los procesos productivos que tiene Edesa, pero sin duda es uno de los más importantes. La pieza llega al

proceso de secado con una humedad de aproximadamente un 15% del peso total; al final del proceso, la pieza no debe tener más del 1%. Esta extracción de humedad sucede dentro de los secaderos que no son más que unas cámaras divididas en tres secciones: precalentamiento, zona de secado y enfriamiento. Las tres secciones tienen la temperatura controlada a diferentes temperaturas. A continuación, se presenta la curva de temperatura dentro de la cámara de secado,

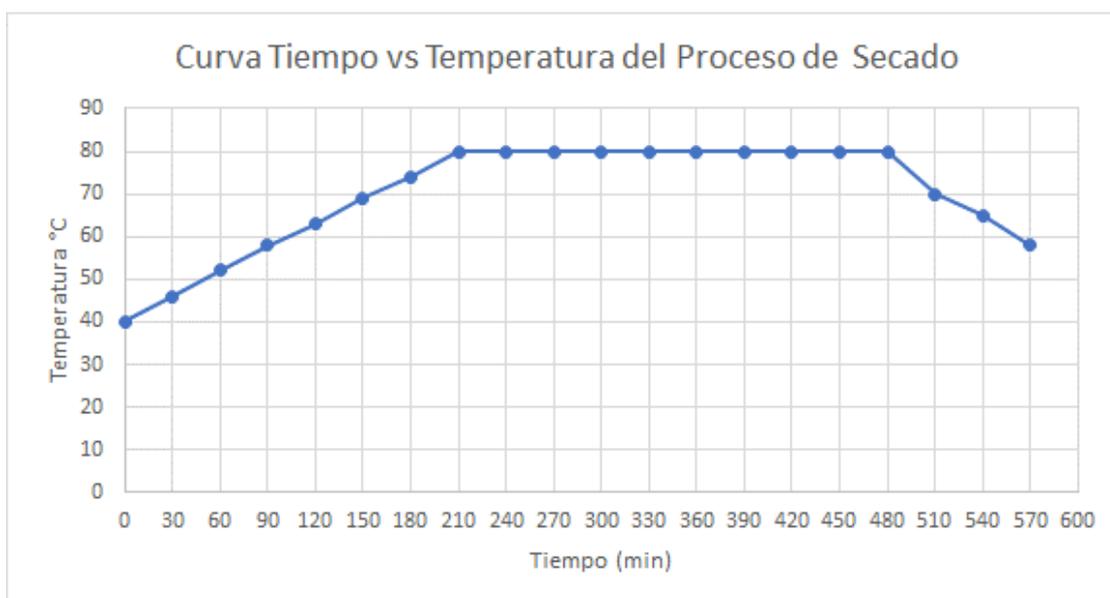


Figura 24. Curva tiempo vs temperatura del proceso de secado

La pieza permanece en estos secaderos cerca de 10 horas y, durante este tiempo, pasa por un fenómeno conocido en el mundo de las porcelanas como la contracción crítica. Este fenómeno básicamente indica que, si la pieza pierde humedad demasiado rápido, su contracción va a ser igual de brusca, por lo que puede producirse una grieta. Por esta razón, la humedad dentro de la cámara también debería ser controlada, pero lastimosamente el sistema de control de humedad dejó de funcionar hace algunos años.



Figura 25. Imagen de la entrada y salida de la cámara del proceso de Secado

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de secado se puede observar en el Anexo 2. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de secado donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	SEC001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Secado		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Secado	
OBJETIVO:	Retirar la humedad necesaria antes de ingresar la pieza al horno.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Vaciado 2. Planificación	1. Piezas húmedas 2. Plan de secado	1. Revisar el estado de los equipos 2. Revisar el producto a secar 3. Separar y desechar piezas en mal estado 4. Reportar el producto de rotura 5. Ingresar coche al secadero 6. Iniciar el programa de secado 7. Controlar el cumplimiento del ciclo de secado 8. Apagar el secadero 9. Descargar el secadero 10. Desechar piezas rotas 11. Reportar el producto de rotura 12. Transportar producto a inspección cruda		1. Piezas secas 2. Información 3. Piezas para rotura	1. Inspección cruda 2. Planificación 3. Contabilidad 4. Pasta
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operador, ayudantes 2. Secadero 3. Coches para secado		1. Capacitaciones 2. Cronograma de mantenimiento 3. Plan de producción 4. Procedimiento operacional de carga de secaderos 5. Control de ingreso al secadero	1. Registro de producción	1. Menos del 1% de humedad en la pieza	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
<2%	Diferencia de inventario	piezas no registradas / piezas fabricadas	Mensual	Calidad	Coordinador de Secado
>98%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Productividad	Coordinador de Secado

Figura 26. Caracterización del proceso de secado

2.2.3 Inspección Cruda

La inspección cruda es el primer control de calidad que tiene el proceso de producción del 1244. En este proceso, cada operario cuenta con su propia cabina de inspección que cuenta con un extractor de polvo, suficiente luz para poder observar las rajadas más finas y aire a presión para poder limpiar cualquier impureza. El operario de este proceso busca e identifica todos los defectos que tiene la pieza; si el defecto se puede corregir lo hace, sino separa la pieza y la coloca en un coche destinado a rotura. Cada operario debe inspeccionar 60

unidades en cada turno ayudandose de las siguientes herramientas e insumos:

- Lijas
- Esponja
- Brocha
- Galgas de medición
- Diesel para identificar defectos
- Pasta y fibra de vidrio para corregir defectos
- Esmalte para reforzar tapones

Sin embargo, la mejor herramienta que puede tener un inspector es su vista ya que la mayoría de los defectos se los detecta visualmente. En este proceso se inspeccionan aspectos como grietas, golpes, dimensiones, suciedades y acabados. Cada inspector es previamente capacitado y en cada cabina existen hojas de control donde puede consultar cualquier parámetro que no esté seguro.



Figura 27. Proceso de inspección cruda

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de inspección cruda se lo puede apreciar en el Anexo 3. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de inspección cruda donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	INC001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Inspección Cruda		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Inspección Cruda	
OBJETIVO:	Inspeccionar y clasificar las piezas que han cumplido con los estándares de calidad requeridos.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Secado 2. Bodega de suministro 3. Planificación	1. Piezas secas 2. Materiales 3. Plan de producción	1. Revisar la cabina 2. Revisar las herramientas 3. Colocar pieza en cabina 4. Colocar sello de inspector 5. Revisar y reparar grietas 6. Revisar medidas críticas con galgas y nivel 7. Revisar orificios y eliminar rebabas 8. Identificar y reparar defectos estéticos 9. Pulir/lavar zonas específicas 10. Colocar la pieza inspeccionada en coche 11. Registrar el producto inspeccionado en informe diario 12. Transportar de producto inspeccionado al parqueadero de cuarentena 13. Desechar piezas de rotura		1. Piezas buenas 2. Información 3. Piezas para rotura	1. Esmaltado 2. Planificación 3. Preparación de pasta
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operario, ayudante 2. Área cubierta 3. Cabinas de inspección 4. Herramientas de inspección 5. Insumos		1. Capacitaciones 2. Plan de producción 3. Procedimiento operacional de inspección cruda 4. Producción diaria en inspección cruda	1. Registro de piezas inspeccionadas	1. Cumplimiento de los estándares de calidad	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
<15%	Índice de rotura	piezas no conformes / piezas inspeccionadas	Mensual	Calidad	Coordinador de Inspección Cruda
>95%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Productividad	Coordinador de Inspección Cruda

Figura 28. Caracterización del proceso de inspección cruda

2.2.4 Esmaltado

El proceso de esmaltado se divide en dos partes, esmaltado de sifón y esmaltado de cuerpo. El responsable de ejecutar la primera parte del proceso es el ayudante del área, donde lo único que hace es llenar el sifón de esmalte, lo drena y después limpia el exceso. La segunda parte del proceso es un poco más complicada ya que requiere de más experiencia; el operario se encarga de colocar el esmalte al resto del cuerpo, incluyendo las zonas más críticas,

utilizando una pistola que emplea aire a presión para esparcirlo. Debe colocar con precisión tres capas de esmalte que suman un espesor de aproximadamente 1.2 milímetros.



Figura 29. Proceso de esmaltado

Si no ejecuta correctamente este proceso, puede generar ocho diferentes tipos de defectos que resultarían en reprocesos o en rotura. El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de esmaltado se lo puede observar en el Anexo 4. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de esmaltado donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	ESM001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Esmaltado		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Esmaltado	
OBJETIVO:	Esmaltar las piezas que pasaron la inspección cruda.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Inspección cruda 2. Planificación 3. Preparación esmalte 4. Bodega de suministro	1. Piezas inspeccionadas 2. Plan de esmaltado 3. Esmalte 4. Materiales	1. Revisar cabina de esmaltado y herramientas 2. Transportar el coche de producto inspeccionado junto a la cabina de esmaltado 3. Colocar pieza en torno 4. Realizar prueba de presión de la pistola de esmalte 5. Aplicar capas de esmalte manual 6. Colocar sellos de esmaltador 7. Colocar pieza esmaltada en coche 8. Transportar producción esmaltada al parqueadero de cuarentena 9. Desechar piezas de rotura		1. Piezas esmaltadas 2. Información 3. Piezas esmaltadas para rotura 4. Esmalte recuperado	1. Hornos 2. Planificación 3. Preparación pasta para rotura 4. Preparación esmalte
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operario, ayudante 2. Área cubierta 3. Cabinas de esmaltado 4. Herramientas		1. Informe diario de producción esmaltada 2. Programa de esmaltado por cabina 3. Plan de producción 4. Capacitaciones 5. Cronograma de mantenimiento	1. Registro de producción 2. Registro de medición de espesor 3. Registro de peso específico 4. Registro de presión en la línea	1. Cumplimiento de los estándares de calidad	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
>95%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Productividad	Coordinador de Esmaltado
<1%	Índice de rotura	piezas no conformes / piezas esmaltadas	Mensual	Calidad	Coordinador de Esmaltado

Figura 30. Caracterización del proceso de esmaltado

2.2.5 Horno

El proceso del horno es similar al proceso de secado solo que utiliza temperaturas bastante más elevadas. La pieza llega lista de esmaltado y en los parqueaderos destinados para hornos se coloca el sello o marcaje Toto entre los agujeros de anclaje del tanque. Los operarios cargan las vagonetas y realizan una última limpieza utilizando aire a presión antes de ingresar las piezas al horno. Una vez transcurrido el ciclo de hornos que dura aproximadamente 13 horas un

operario recibe y clasifica por modelos las diferentes piezas para su debida inspección final.

Edesa cuenta con 9 hornos que se dividen en dos tipos: hornos de túnel y hornos intermitentes. Los primeros se mantienen prendidos todo el tiempo y la producción entra de forma continua mientras que los segundos, como su nombre lo dice, se encienden y se apagan a medida que se los necesita y la producción ingresa por lotes. Los hornos continuos miden cerca de 50 metros de largo y pueden albergar hasta 31 vagonetas que se mueven a una velocidad cerca de 16.5cm/min en su interior. El modelo 1244 ingresa únicamente al horno 3 que es de tipo túnel; los demás hornos están destinados para la producción del resto de modelos menos el 6 y el 8 que se les utiliza para reprocesos o “requema”.

A una presión aproximada de 0.9 mm H₂O, la temperatura a lo largo del horno sigue un patrón parecido al de la curva de secado, pero se divide en cuatro zonas: precalentamiento, zona de quema, enfriamiento rápido y enfriamiento lento. La temperatura dentro del horno se mide en 22 diferentes puntos obteniendo una curva como la que se presenta a continuación.

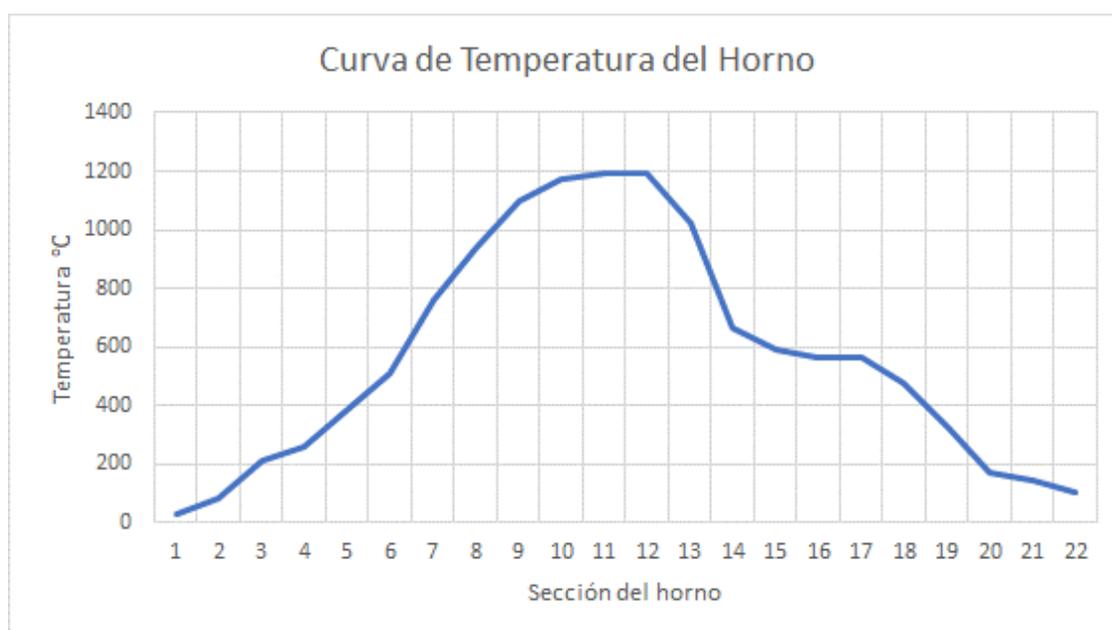


Figura 31. Curva de la temperatura dentro del horno



Figura 32. Imagen de la entrada y de la salida del horno 3

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso del horno se puede observar en el Anexo 5. A continuación, se presenta la caracterización del proceso del horno donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	HOR001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Horno		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Hornos	
OBJETIVO:	Controlar y preparar las piezas que entran al horno así como las piezas que salen.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Esmaltado 2. Planificación 3. Bodega de suministro	1. Plan de quema 2. Piezas esmaltadas 3. Piezas clasificadas para requema 4. Insumos 5. Materiales	1. Transportar producto al área de cargue 2. Revisar el producto a quemar 3. Separar producto defectuoso 4. Realizar marcaje de producción 5. Preparar vagoneta 6. Realizar cargue de la producción 7. Sopletear piezas 8. Colocar conos pirométricos 9. Ingresar vagonetas al horno 10. Iniciar quema 11. Esperar ciclo de quema del producto 12. Colocar identificador de vagoneta 13. Clasificar producto de salida		1. Piezas quemadas 2. Información de cantidad de productos que sale del horno	1. Inspección final 2. Planificación 3. Contabilidad 4. Insumos de requema
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Operario, ayudantes 2. Área cubierta 3. Hornos y vagonetas 4. Herramientas 5. Insumos		1. Capacitaciones 2. Cronograma de mantenimiento 3. Procedimiento Operacional de hornos 4. Bitácora de condiciones de operación 5. Normas ambientales para fuentes abiertas de combustión 6. Reporte de salida de producción	1. Registro de piezas horneadas	1. Cumplimiento de los estándares de calidad	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
12h	Ciclos de quema	conteo	Diario	Eficacia	Coordinador de Hornos
>7,000	Piezas de requema	conteo	Mensual	Eficacia	Coordinador de Hornos
>95%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Productividad	Coordinador de Hornos

Figura 33. Caracterización del proceso de hornos

2.2.6 Inspección Final

El proceso de inspección final es el más crítico de todos porque es el último control de calidad que hay antes de que el producto llegue al cliente. En este punto es donde se deben identificar todos los defectos que tiene cada unidad,

por lo que el operario debe ser muy experimentado. Como se mencionó anteriormente, el modelo 1244 es el que tiene los mayores estándares de calidad de todos los modelos de inodoros, por lo que el proceso de inspección es bastante más complicado que el de cualquier otro modelo.

El modelo 1244 es el único que tiene una mesa de inspección destinada únicamente para él, al igual que tres operarios especializados. La mesa de inspección está equipada con luces blancas que permiten identificar cualquier defecto visual, recubrimiento de caucho para evitar cualquier golpe o raya y un computador donde se ingresan los datos de cada pieza una vez que termina el proceso de inspección, independientemente si pasó o no la prueba. Las herramientas que utiliza el inspector son galgas diseñadas para medir los diámetros, separaciones y dimensiones de todas las zonas de la pieza.

Una de las actividades más particulares que tiene este proceso es la búsqueda de rajadas finas o internas porque el operario golpea levemente el cuerpo de la pieza con una piedra y escucha el sonido que emite. Si el sonido es parecido al choque de dos metales está bien, pero si suena diferente quiere decir que existe una rajada interna por donde se podría filtrar el agua, por lo que la pieza iría inmediatamente a rotura.

Nuevamente, en este proceso se controla parámetros como grietas, golpes, dimensiones, suciedades, rajadas internas, rajadas externas y acabados. Los inspectores tienen unas hojas de control en cada cabina donde se detalla cada aspecto de la inspección, los límites de tolerancia, las zonas donde se permite tener errores y cuáles no, otros. Sin embargo, los inspectores de la línea 1244 son los más experimentados por lo que ya se saben de memoria todos los parámetros de la inspección.

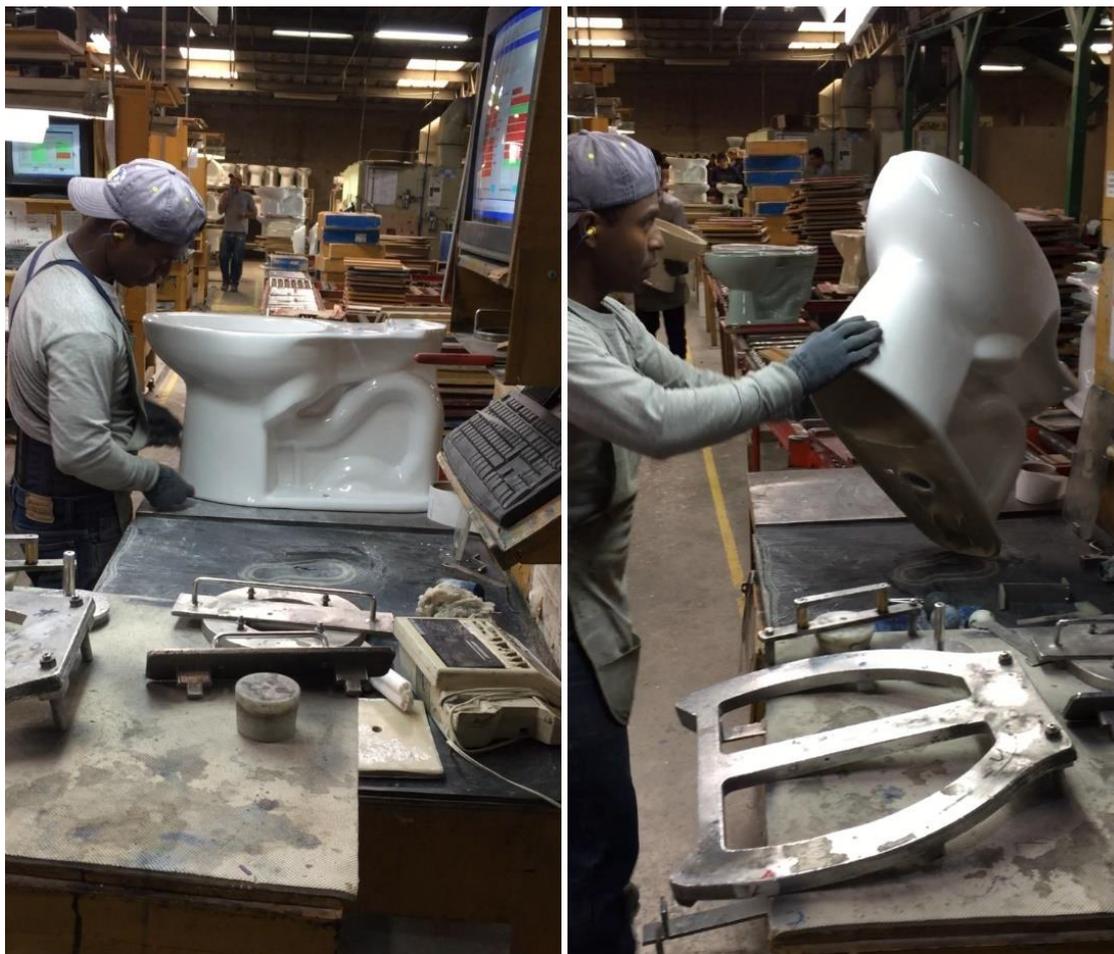


Figura 34. Imagen del proceso de inspección final

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de inspección final se puede observar en el Anexo 6. Cabe recalcar que las actividades que hace el operario durante la inspección son las más complejas y probablemente las de mayor responsabilidad porque una falla de él significa una potencial queja del cliente. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de inspección final donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	INF001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Inspección Final		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Inspección Final	
OBJETIVO:	Inspeccionar y clasificar las piezas que han cumplido con los estándares de calidad requeridos.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Hornos 2. Planificación 3. Bodega de suministro	1. Piezas salidas del horno 2. Plan de producción 3. Herramientas 4. Materiales	1. Revisar la cabina y las herramientas 2. Transportar producción a mesa de inspección 3. Inspección visual general 4. Medir tamaño de agujeros del tanque, asiento y anclaje 5. Medir dimensiones de la pieza 6. Medir diámetros y alturas de las entradas de agua 7. Medir las inclinaciones 8. Colocar código de inspector 9. Ingresar datos de la pieza en el sistema 10. Eliminar rebabas 11. Esmerilar 12. Realizar prueba de vacío 13. Fotocurar 14. Realizar prueba de lavado 15. Despachar pieza a la zona de embalaje 16. Despachar piezas de rotura		1. Piezas buenas 2. Información 3. Piezas para rotura	1. Embalaje 2. Planificación 3. Contabilidad
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operario, ayudantes 2. Área cubierta 3. Mesa de inspección 4. Cabinas de esmerilado 5. Cabinas de fotocurado 6. Equipos para pruebas 7. Herramientas de inspección 8. Insumos		1. Capacitaciones 2. Procedimiento operativo de inspección final 3. Plan de producción	1. Registro de piezas inspeccionadas	1. Piezas hechas	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
>1% de asistencia comparado al año anterior	Capacitaciones	asistentes año actual / asistentes año anterior	Anual	Seguridad	Coordinador de Inspección Final
>95%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Calidad	Coordinador de Inspección Final
<0.1%	Cumplimiento del índice de reclamos funcionales	reclamos funcionales / piezas vendidas	Mensual	Calidad	Coordinador de Inspección Final
disminuir 3%	Cortes	cortes año actual / cortes año anterior	Anual	Seguridad	Coordinador de Inspección Final

Figura 35. Caracterización del proceso de inspección final

2.2.7 Embalaje

El proceso de embalaje es el último de todos. En este proceso, se limpian todas las manchas de marcador o de impurezas que pueda seguir teniendo la pieza. Además, se hace lima todas las rebabas sobrantes de la parte de abajo de la pieza porque la cerámica puede ser muy filuda y Edesa no quiere que ninguno de sus clientes, ni sus operarios sufra un accidente. Las cajas llevan toda la información que el cliente necesita: fecha, lote, modelo y marca. Por otro lado, también se pone cierta información que Edesa necesita: código de embalador y en el pallet se incluye también una hoja de ingreso a bodega.



Figura 36. Proceso de embalaje

El flujograma de las actividades que corresponden al proceso de embalaje se puede observar en el Anexo 7. A continuación, se presenta la caracterización del proceso de embalaje donde se recolectan los datos relacionados al mismo.

 CARACTERIZACIÓN DE PROCESO					
CÓDIGO:	EMB001	VERSIÓN:	001	EMISIÓN:	jun 2019
NOMBRE DEL PROCESO:	Embalaje		DUEÑO DEL PROCESO:	Coordinador de Embalaje	
OBJETIVO:	Embalar las piezas que pasaron la inspección final y prepararlas para bodega.				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESO		SALIDA	CLIENTE
1. Inspección final 2. Bodega de materiales 3. Planificación 4. Bodega de suministro	1. Piezas buenas inspeccionadas 2. Plan de embalaje 3. Insumos 4. Herramientas 5. Equipos	1. Trasladar piezas a zona de embalaje 2. Pegar lengüeta en la parte inferior 3. Colocar pieza boca abajo en mesa 4. Lijar imperfecciones 5. Reparar grietas 6. Limpiar pieza 7. Colocar sticker de consumo de agua 8. Armar caja 9. Colocar pieza dentro de caja 10. Colocar etiqueta de modelo 11. Cerrar la caja 12. Colocar fecha y código de embalador 13. Paletizar 14. Colocar hoja de ingreso a bodega		1. Producto embalado 2. Información	1. Bodega 2. Planificación
RECURSOS		CONTROLES	DOCUMENTOS GENERADOS	REQUISITOS	
1. Supervisor, operario, ayudante 2. Área cubierta 3. Mesa de embalaje 4. Herramientas de embalaje 5. Insumos		1. Capacitaciones 2. Plan de producción 3. Procedimiento operativo de embalaje	1. Registro de embalaje	1. Cumplimiento de los parámetros de calidad de inspección final	
MEDICIÓN (INDICADORES)					
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN
>1% de asistencia comparado al año anterior	Capacitaciones	asistentes año actual / asistentes año anterior	Anual	Seguridad	Coordinador de Embalaje
>90%	Cumplimiento del plan de producción	real / planificado	Mensual	Calidad	Coordinador de Embalaje
<0.1%	Cumplimiento del índice de reclamos funcionales	reclamos funcionales / piezas vendidas	Mensual	Calidad	Coordinador de Embalaje
disminuir 3%	Cortes	cortes año actual / cortes año anterior	Anual	Seguridad	Coordinador de Embalaje

Figura 37. Caracterización del proceso de embalaje

2.3 VSM actual

Para determinar la situación actual por la que está pasando Edesa, se decidió construir un mapa de la cadena de valor para analizar cuáles actividades agregaban valor y cuáles no. La familia de productos escogida, en este caso, fue la de los inodoros porque el proceso de producción es prácticamente el mismo;

para seguir con la lógica del estudio, el VSM se centró en el modelo Toto 1244.

Determinado el producto a estudiar, se procedió a analizar el proceso que este seguía para levantar toda la información necesaria. El flujograma y la caracterización de cada parte del proceso se detallaron en el punto anterior mientras que la información del OEE y los tiempos de producción se detallan a continuación.

2.3.1 OEE

Edesa maneja indicadores en cada punto del proceso, el problema es que entre los indicadores de cada proceso no existe ninguna relación porque no se calculan con los mismos datos o de la misma manera. La empresa no utiliza uno de los indicadores más importantes y completos para tomar decisiones, el OEE. Este indicador permite observar el estado de cada parte del proceso utilizando los mismos parámetros. Mientras se levantó el proceso de producción, también se obtuvieron los datos necesarios para construir un OEE por cada punto del proceso y el VSM. También se utilizaron algunos datos de los reportes de producción generados por Edesa. Es importante mencionar que esta información se basa en el reporte de producción de marzo del 2019 y que las fórmulas utilizadas para el cálculo son las mismas mostradas en el capítulo uno. A continuación, se presenta los datos para la construcción del VSM y el OEE calculado para cada parte del proceso.

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Vaciado		
Número de personas	15		
Número de máquinas	5		
Tasa de defectos	4%		
Tiempo de ciclo	75 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
88%	0.93	0.99	0.96

Figura 38. Datos del proceso de vaciado

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Secado		
Número de personas	6		
Número de máquinas	1		
Tasa de defectos	1%		
Tiempo de ciclo	80 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
95%	0.91	1.06	0.99

Figura 39. Datos del proceso de secado

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Inspección Cruda		
Número de personas	6		
Número de máquinas	3		
Tasa de defectos	6%		
Tiempo de ciclo	121 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
84%	0.91	0.99	0.94

Figura 40. Datos del proceso de inspección cruda

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Esmaltado		
Número de personas	6		
Número de máquinas	2		
Tasa de defectos	2%		
Tiempo de ciclo	126 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
86%	0.88	1.00	0.98

Figura 41. Datos del proceso de esmaltado

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Horno		
Número de personas	9		
Número de máquinas	1		
Tasa de defectos	1%		
Tiempo de ciclo	216 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
91%	0.91	1.01	0.99

Figura 42. Datos del proceso de horno

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Inspección Final		
Número de personas	6		
Número de máquinas	1		
Tasa de defectos	56%		
Tiempo de ciclo	132 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
42%	0.91	1.05	0.44

Figura 43. Datos del proceso de inspección final

Familia:	Inodoros	Producto:	Toto 1244
DATOS			
Proceso	Embalaje		
Número de personas	6		
Número de máquinas	1		
Tasa de defectos	1%		
Tiempo de ciclo	226 seg		
OEE	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
75%	0.91	0.83	0.99

Figura 44. Datos del proceso de embalaje

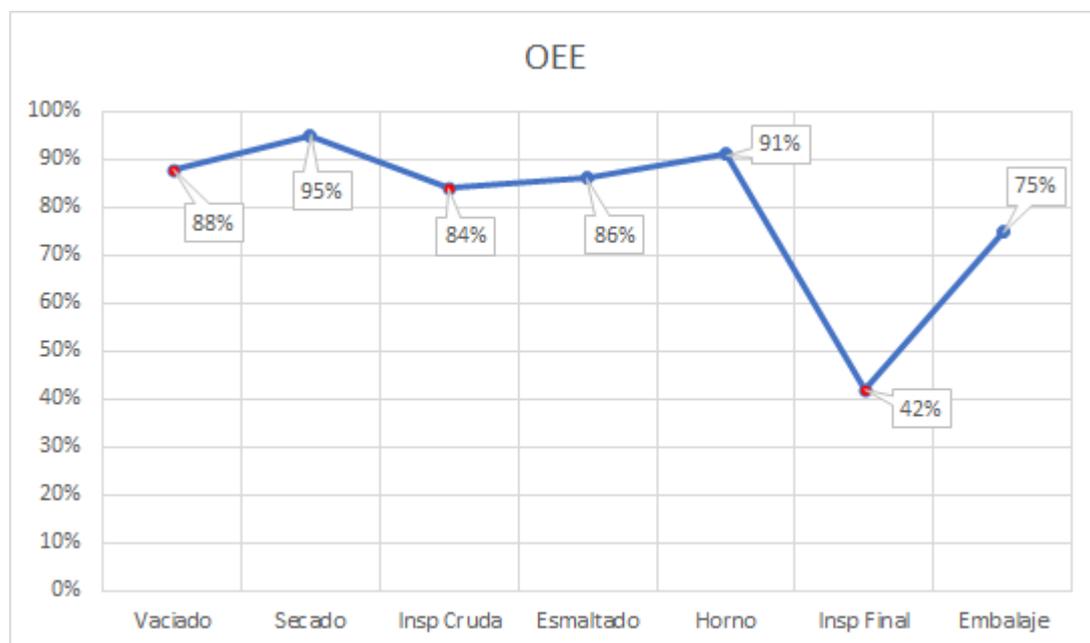


Figura 45. OEE de cada parte del proceso

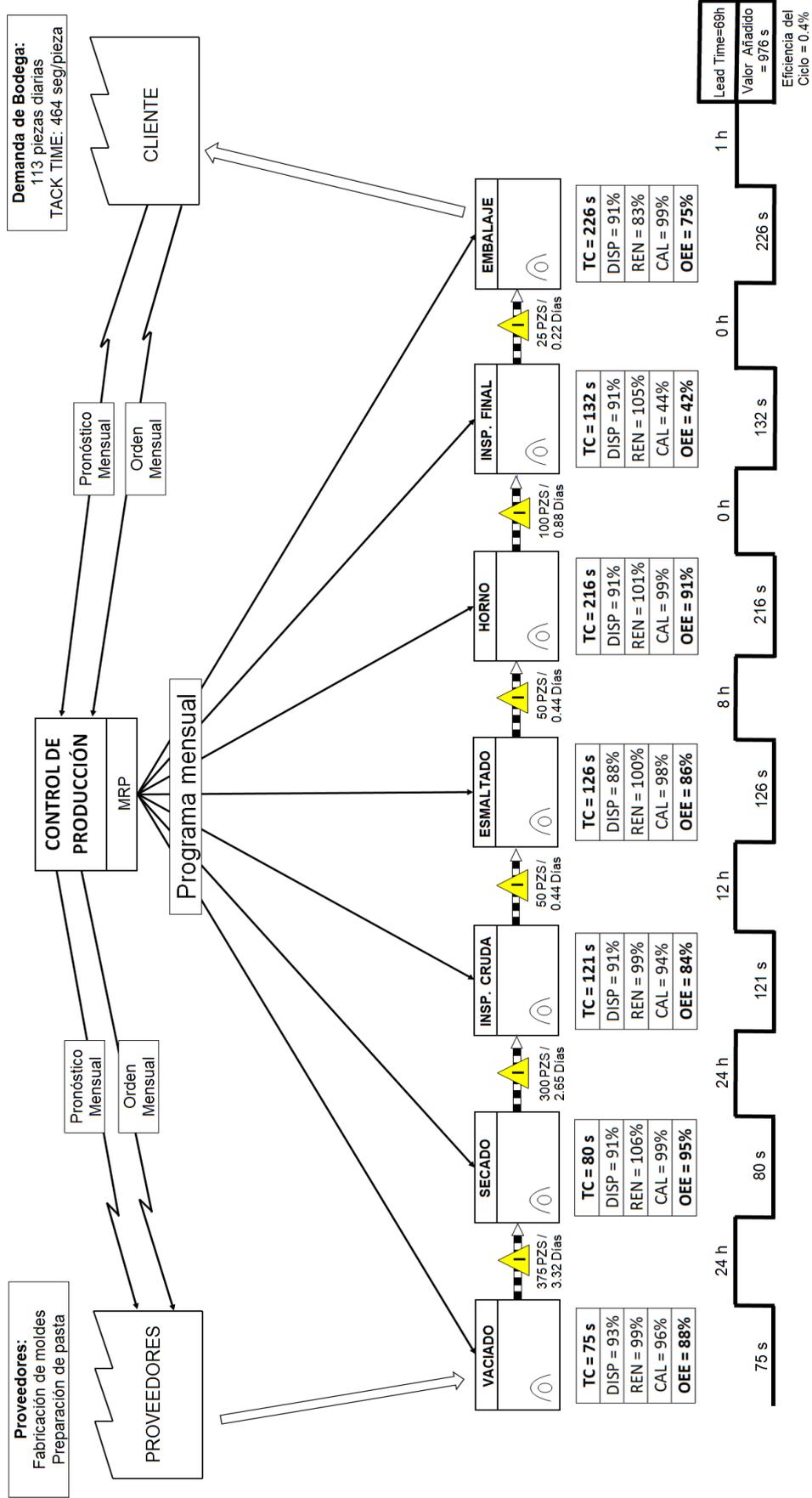


Figura 46. VSM actual de Edesa S.A.

2.4 Simulación actual

Como último punto de la descripción de la situación actual de la empresa se utilizó el programa *Flexsim* para simular el proceso de producción del modelo Toto 1244. El objetivo de esta simulación, al igual que en la mayoría de este estudio, es diferenciar la cantidad de producto no conforme que se genera en la situación actual versus la situación después de la mejora, por lo que no replica la distribución física de la planta, ni las distancias recorridas por el producto, ni los tiempos de espera entre un proceso y otro. Además, los datos de cada maquinaria/proceso son los mismos que se determinaron en la cadena de valor. Cabe recalcar que este estudio no se centra en la mejora de tiempos y movimientos por lo que los tiempos utilizados son aproximados a la realidad, pero no exactos.

La simulación en *Flexsim* utiliza 20 objetos en total, seis procesadores que representan cada parte del proceso, un combinador que representa el proceso de esmaltado, un rack que representa la bodega de producto terminado, dos fuentes que representan la pasta y el esmalte y diez bodegas que representan los espacios de almacenamiento de producto en espera. Una de las diez bodegas se utilizó para representar todas las piezas que son destinadas a roturas por culpa de los diferentes defectos que se van generando a lo largo de la línea; esta se la ubicó en el centro como foco principal de la simulación. Además, la simulación se programó para correr un tiempo de 230,400 segundos, tiempo equivalente a dos turnos de 8 horas durante cuatro días laborales.

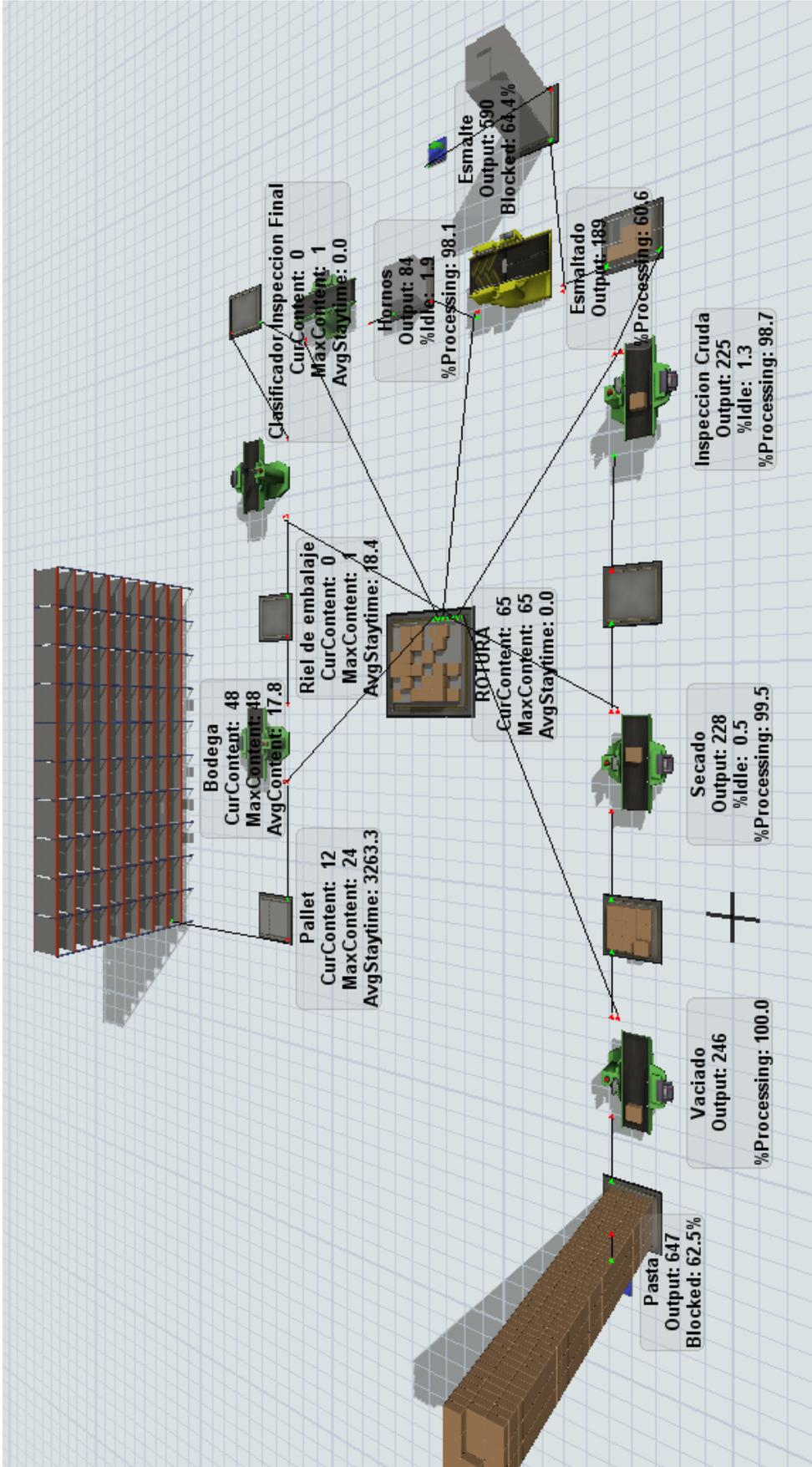


Figura 47. Simulación del proceso de producción del 1244 utilizando Flexsim

Después de correr el programa, se determinó que los datos de la simulación estaban muy cerca a la realidad. El total de piezas que entraron a bodega como producto conforme fueron 768 mientras que la cantidad de piezas que se destinaron para rotura fueron 666, es decir, el modelo tuvo un nivel de conformidad del 54%, lo cual se aproxima a la realidad.

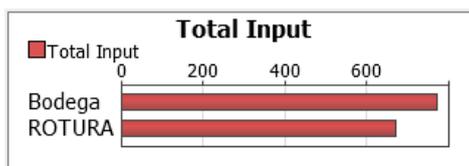


Figura 48. Piezas ingresadas a bodega y a rotura durante la simulación

Por otro lado, se pudo observar un fenómeno muy interesante. Como se puede ver en la siguiente figura, la cantidad de piezas procesadas en cada punto del proceso va disminuyendo conforme avanza por la línea. Esto sucede porque en todos los puntos del proceso se va generando rotura, disminuyendo la cantidad de piezas que llegan al final de la línea. Es normal que el rendimiento de una línea decaiga en cada parte del proceso, pero en esta simulación se puede apreciar que la diferencia del total de piezas producidas es gigantesca. Con un proceso más controlado, esa diferencia debería disminuir.

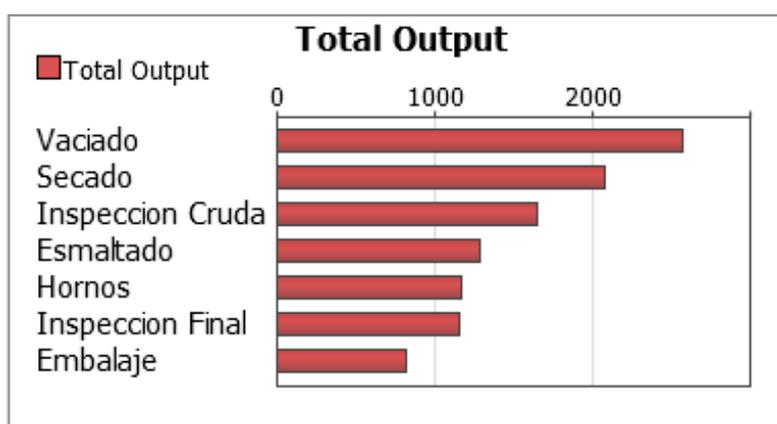


Figura 49. Cantidad total de piezas procesadas en cada punto de la simulación

Otro factor que podría ser interesante tomarlo como referencia son los

porcentajes de uso de máquina de cada parte del proceso obtenidos después de haber corrido la simulación. Si bien no todos los procesos utilizan máquinas, en la simulación se les representa con una para poder ingresar todos los datos. Sin embargo, como los datos ingresados son los mismos del proceso, es posible que el valor obtenido del porcentaje de utilización de cada máquina sea aproximado a la realidad.

Tabla 7.

Porcentaje de uso de máquina de cada parte del proceso

Proceso	Uso de máquina
Vaciado	77.9%
Secado	67.2%
Inspección Cruda	66%
Esmaltado	30.4%
Horno	99.9%
Inspección Final	61.7%
Embalaje	72.8%

Para tener una referencia que se podría utilizar como punto de comparación entre el antes y el después de la propuesta, se muestra la cantidad de piezas destinadas a rotura después de haber corrido la simulación.

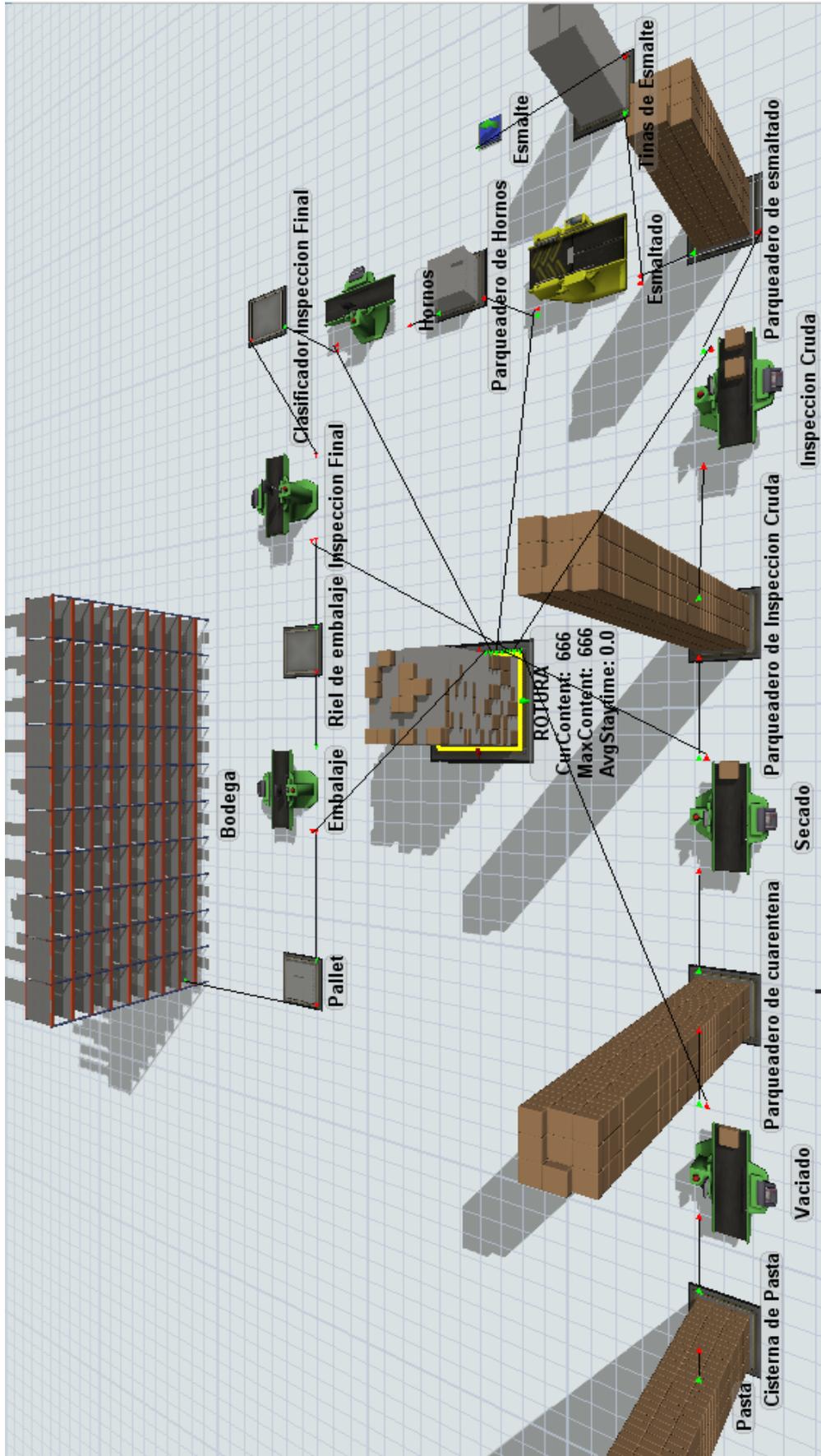


Figura 50. Cantidad de piezas destinadas a rotura después de la simulación

3. Análisis del Problema

Después de entender y analizar el proceso de producción del modelo Toto 1244, se encontró que la conformidad de los productos es baja debido a los diferentes defectos que se van generando a lo largo de la línea. Sin embargo, no es realmente claro donde se generaban los defectos ni cuál era su causa, por lo que se procedió a analizar detenidamente cada parte del proceso. Como se observa en el VSM anterior, la mayoría de los defectos aparecían recién en la inspección final, lo que causaba que el parámetro de calidad del OEE en ese punto sea tan bajo (42%), mientras que el mismo parámetro en los demás procesos era alto. Con esa sospecha, se procedió a levantar la información referente a los defectos.

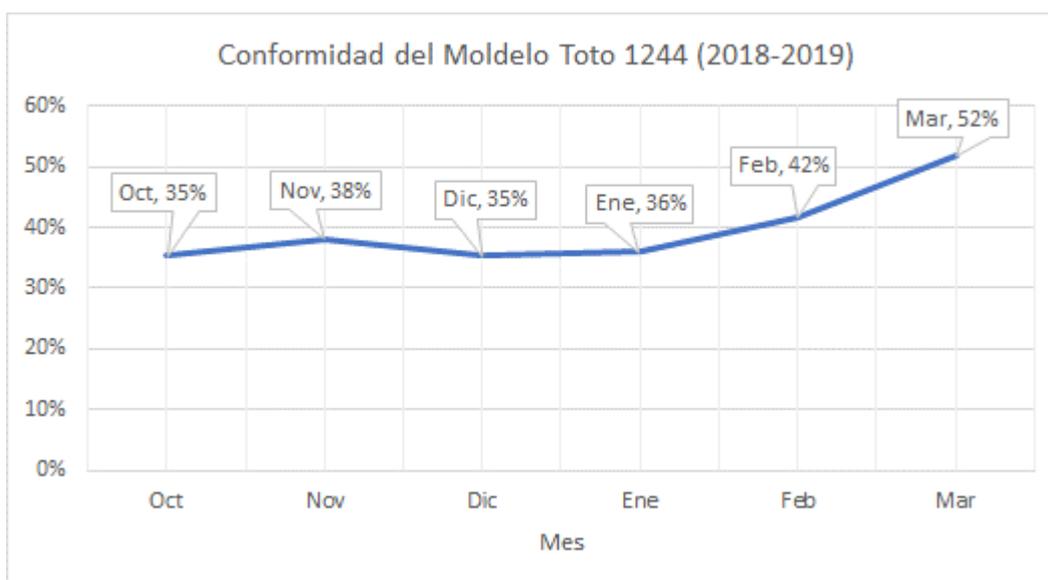


Figura 51. Conformidad del modelo Toto 1244 (2018-2019)

El porcentaje de conformidad de la anterior tabla se calculó dividiendo la cantidad de piezas conformes que entraban a bodega para la cantidad de piezas producidas. Es cierto que los últimos meses ha mejorado la conformidad del 1244 debido a que se están implementando varios proyectos para mejorar disminuir los defectos; sin embargo, sigue siendo baja con un 52% al mes de

marzo. Es evidente que este modelo tiene varios problemas a lo largo de su línea productiva que están generando esos resultados. Para combatir este problema, se procedió a analizar los defectos más críticos, y comunes, que se presentan en el modelo 1244.

3.1 Pareto

Aumentar la cantidad de unidades conformes de este modelo requiere aumentar la cantidad de inodoros que ingresan a bodega cumpliendo todos los estándares de calidad. Para cumplir con este objetivo, se procedió a realizar un levantamiento de defectos en cada parte del proceso. Se identificaron que son tres puntos del proceso donde se generan los defectos que causan la rotura de la pieza: vaciado, inspección cruda e inspección final. Se utilizó hojas de verificación de defectos que permitieron recolectar los datos suficientes para, posteriormente, poder construir un diagrama de Pareto que permitió identificar los defectos más críticos.

El primer proceso donde se levantó la información fue en el proceso de vaciado. Mientras los operarios terminan los acabados finales, hacen una pequeña inspección visual donde se identifican las piezas que tienen algún defecto. Estas se separan y se colocan en un coche destinado a rotura. Las piezas separadas durante los cuatro días que se levantó la información se inspeccionaron una por una para determinar cuál era el defecto que tenían y en qué zona estaba ubicados. Los resultados se presentan en la siguiente hoja de verificación.

Tabla 8.

Hoja de verificación de los defectos de vaciado

PROCESO		Vaciado				TOTAL
DEFECTO		CANTIDAD				
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
1	Craquelado					
2	Mal acople tanque y tapa					
3	Mal marcaje					
5	Dimensional					
6	Mal Trabajado					
18	Golpe crudo	I	I	I		11
21	Aire					
22	Sucio de pasta bajo esmalte					
23	Sucio de pasta sobre esmalte					
25	Rotura anaquel					
26	Rotura anillo	I				1
27	Rotura pega					
28	Rotura adentro		I		I	34
29	Rotura pozo					
31	Rotura cuerpo					
32	Rotura borde					
34	Rotura cima					
35	Rotura fondo					
36	Rotura pata					
39	Rotura interior					
40	Rotura hueco					
43	Rotura base					
54	Rotura en coche					
PIEZAS INSPECCIONADAS		400	NO CONFORMES	46	DEFECTOS	46

Una vez recolectada toda la información de los defectos en el área de vaciado, se procedió a realizar un diagrama de Pareto utilizando el programa *Minitab* para poder identificar cuál de todos los defectos era el más crítico. El diagrama determinó que el defecto 28, conocido como “rotura dentro”, era el más común de todos con una frecuencia de 34 defectos por cada 400 piezas inspeccionadas en cuatro días. Además, la zona donde aparecía este defecto siempre era la misma (zona 22) por lo que no se procedió a realizar otro Pareto del diagrama obtenido.

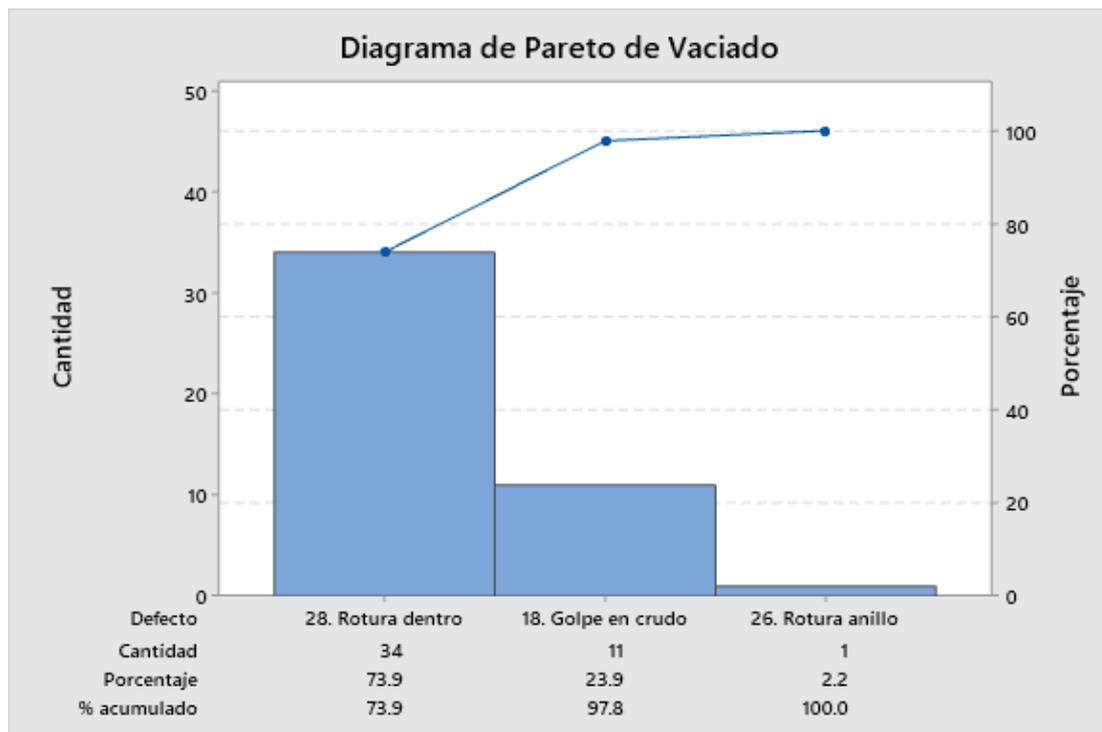


Figura 52. Diagrama de Pareto de los defectos de vaciado



Figura 53. Defecto 28 en zona 22

Para determinar las zonas de la pieza, se utilizó como referencia el documento que maneja Edesa como identificador de zonas, mismo que se presenta a continuación. El número encerrado en un círculo es la zona mientras que el número de al lado es el defecto más común asociado a esa zona.

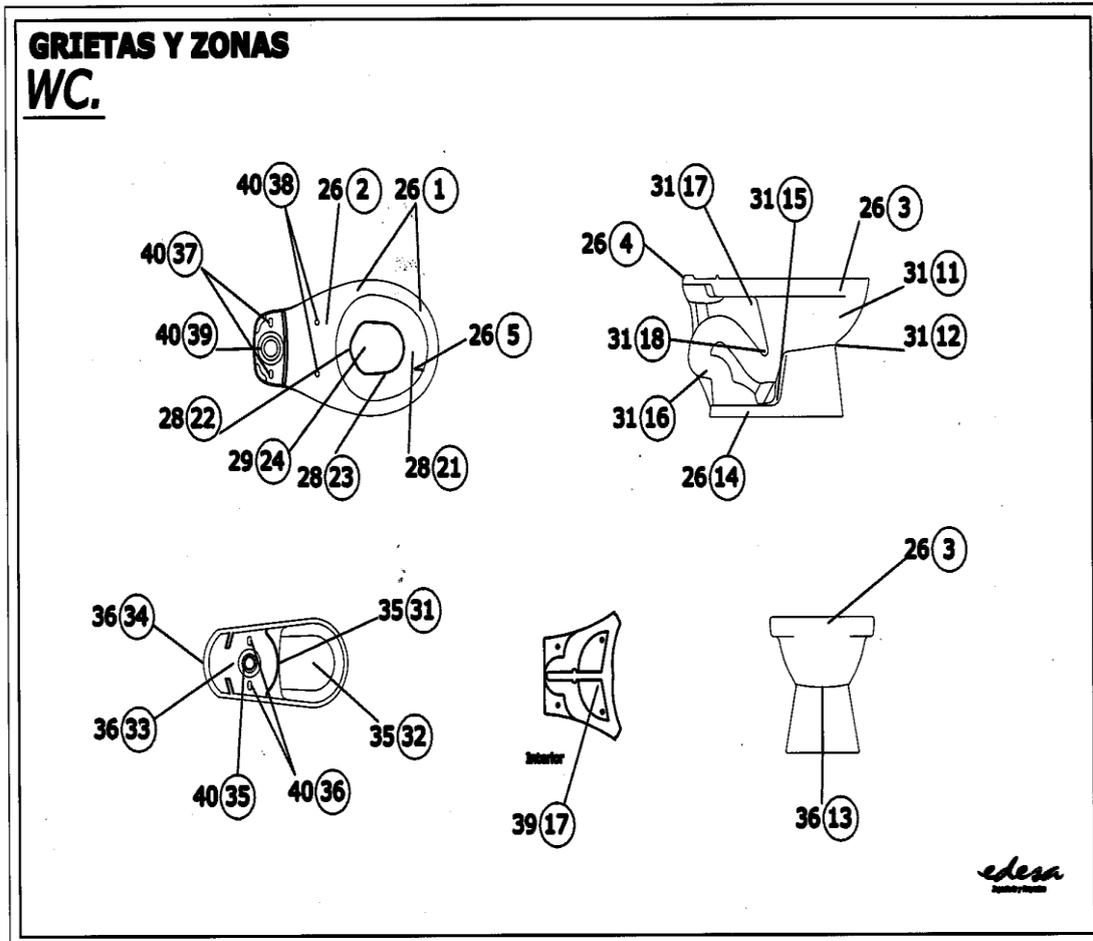


Figura 54. Identificador de grietas y zonas

Después de levantar la información del proceso de vaciado, se continuó a lo largo de la línea hasta llegar al primer punto de control de calidad, conocido también como inspección cruda. En este proceso, como se mencionó anteriormente, se inspecciona la pieza meticulosamente en busca de defectos. Aquellas unidades que presentaban una no conformidad no reparable se separan y se colocan en un coche destinado a rotura. Durante cuatro días, se procedió a inspeccionar una por una todas estas unidades para levantar todos los defectos. En este proceso, en cada unidad no conforme se podía presentar más de un defecto, por lo que, de 400 piezas inspeccionadas, se identificaron 104 piezas no conformes, sumando un total de 145 defectos que las inhabilitaban. La información obtenida se presenta en la siguiente hoja de verificación.

Tabla 9.

Hoja de verificación de los defectos de inspección cruda

PROCESO		Inspección Cruda				
DEFECTO		CANTIDAD				TOTAL
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
1	Craquelado					
2	Mal acople tanque y tapa					
3	Mal marcaje					
5	Dimensional		I		I	6
6	Mal Trabajado				I	14
18	Golpe crudo					
21	Aire					
22	Sucio de pasta bajo esmalte					
23	Sucio de pasta sobre esmalte					
25	Rotura anaquel					
26	Rotura anillo			II		25
27	Rotura pega					11
28	Rotura adentro	I	I			10
29	Rotura pozo					28
31	Rotura cuerpo			I		16
32	Rotura borde					
34	Rotura cima					
35	Rotura fondo					6
36	Rotura pata	I		I	I	3
39	Rotura interior			I		5
40	Rotura hueco					13
43	Rotura base					
54	Rotura en coche		I			8
60	Martillado					
PIEZAS INSPECCIONADAS		400	NO CONFORMES	104	DEFECTOS	145

Por obvias razones, inspección cruda presenta más defectos que el proceso de vaciado por ser un punto de control de calidad. Con la información recolectada se procedió a construir un diagrama de Pareto, utilizando el programa *Minitab*, con el fin de determinar cuál era el defecto más crítico. El resultado fue que el más importante de todos es el defecto 29 conocido también como “rotura de pozo”.

Al igual que el caso anterior, este defecto se presentaba únicamente en una zona de la pieza, la 24 que delimita la entrada de agua al sifón. Por este motivo, no se procedió a realizar otro Pareto del diagrama obtenido. El gráfico resultante se presenta a continuación.

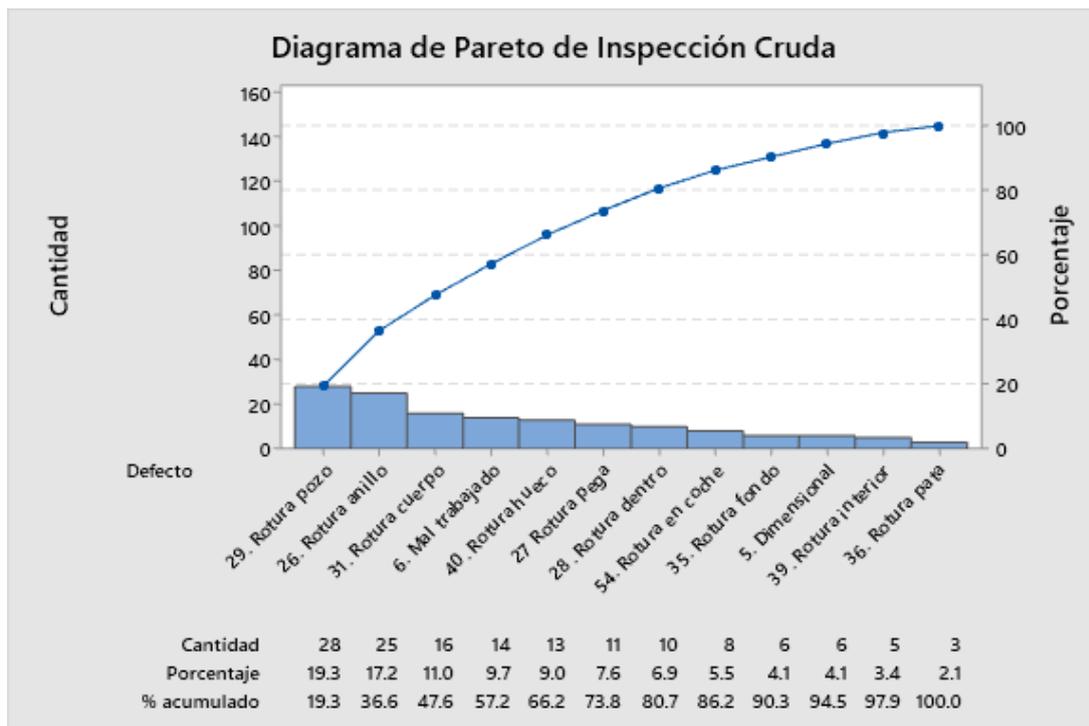


Figura 55: Diagrama de Pareto de los defectos de inspección cruda.

Finalmente, el último proceso donde se levantó información fue el de inspección final. Al igual que el proceso anterior, en este es normal que se identifiquen varios defectos por ser un punto de control de calidad. La ventaja de los dos anteriores procesos es que se producen/inspeccionan un número fijo de unidades por turno, 50 piezas en vaciado y 60 piezas en inspección cruda. Pero en inspección final no sucede lo mismo, por lo que el conteo de las piezas fue diferente. Una vez que el inspector identificaba un defecto en la pieza, se verificaba de que tipo era y en qué zona estaba ubicado. En el caso en que el inspector no encontraba ningún defecto, solo se sumaba una unidad a la cantidad de piezas inspeccionadas. Así fue como en un lapso de cuatro días, se logró levantar la información de 226 piezas inspeccionadas, sumando 144 no conformes con un total de 164 defectos. Nuevamente, en este proceso podía presentarse más de un defecto por pieza. Los resultados del levantamiento de datos se presentan en la siguiente hoja de verificación.

Tabla 10.

Hoja de verificación de los defectos de inspección final

PROCESO		Inspección Final				TOTAL
DEFECTO		CANTIDAD				
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
1	Craquelado					
2	Mal acople tanque y tapa					
3	Mal marcaje	I	I	IIII I	I	9
5	Dimensional	IIII IIII III		II		16
6	Mal Trabajado	I	I	III	IIII III	13
18	Golpe crudo				II	2
21	Aire	III			I	4
22	Sucio de pasta bajo esmalte	IIII IIII I	IIII I	IIII IIII	IIII	32
23	Sucio de pasta sobre esmalte	I		III		4
25	Rotura anaquel					
26	Rotura anillo				III	3
27	Rotura pega			I	II	3
28	Rotura adentro	I				1
29	Rotura pozo	I	I		I	3
31	Rotura cuerpo	IIII	II	IIII III	IIII IIII III	28
32	Rotura borde					
34	Rotura cima					
35	Rotura fondo	I				1
36	Rotura pata	III		II		5
39	Rotura interior		II	II		4
40	Rotura hueco					
43	Rotura base					
54	Rotura en coche					
60	Martillado					
61	Esmalte sucio	II		III		5
62	Pitting		IIII I	III		9
63	Manchas de esmalte	I				1
64	Separado	II		I		3
65	Liviano			I		1
66	Espeso					
67	Fuera de tono					
68	Borrado	IIII		II	III	10
69	Pinholes					
80	Raja fina					
81	Astillado					
82	Alúmina	I				1
83	Hervido					
84	Flash					
85	Crudo					
86	Pre calentamiento					
87	Rotura en embalaje					
89	Sucio de horno	II		II		4
92	Alabeo/rockeo			II		2
96	Roto después de quema					
97	Estallado					
98	Mal funcionamiento					
99	Rayado					
PIEZAS INSPECCIONADAS		226	NO CONFORMES	144	DEFECTOS	164

Una vez obtenida la información se procedió a construir un diagrama de Pareto. Se identificaron un total de 24 diferentes tipos de defectos, siendo el más crítico el defecto 22, conocido también como “sucio de pasta bajo esmalte” con un total de 32 casos encontrados. A continuación, se presenta el diagrama de Pareto construido utilizando el programa *Minitab*.

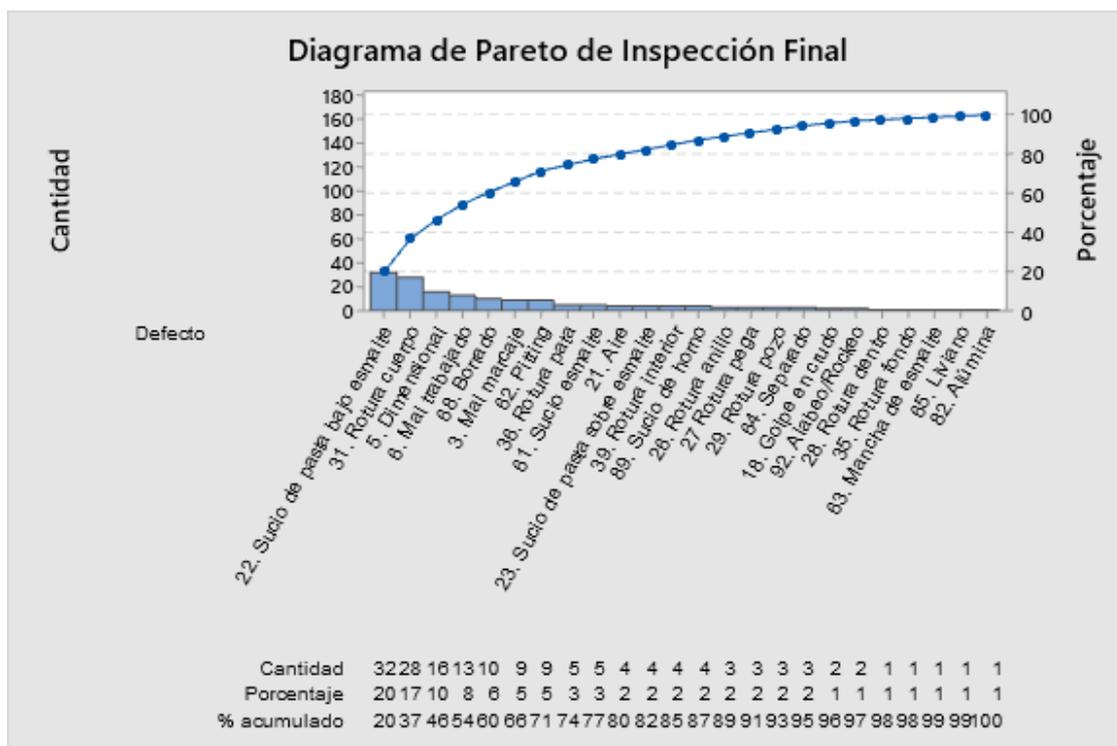


Figura 56. Diagrama de Pareto de los defectos de inspección final

En este caso, el defecto 22 si se presentaba en diferentes zonas de la pieza. Con un total de siete zonas identificadas, se procedió a recolectar esta información en otra hoja de verificación y a construir otro diagrama de Pareto. El resultado de este ejercicio fue que la zona más común para que se genere el defecto 22 “sucio de pasta bajo esmalte” es la zona 24, específicamente en la pared del lado derecho como se puede observar en la siguiente imagen.



Figura 57. Defecto 22 en zona 24

Tabla 11.

Hoja de verificación de las zonas del defecto 22

DEFECTO	22. Sucio de pasta bajo esmalte				
ZONA	CANTIDAD				TOTAL
	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
3				I	1
11		I		I	2
12		I	I		2
14		II			2
21	I	I	I		3
23			I		1
24	IIII IIII	I	IIII II	III	21
PIEZAS INSPECCIONADAS	226	NO CONFORMES	32	DEFECTOS	32

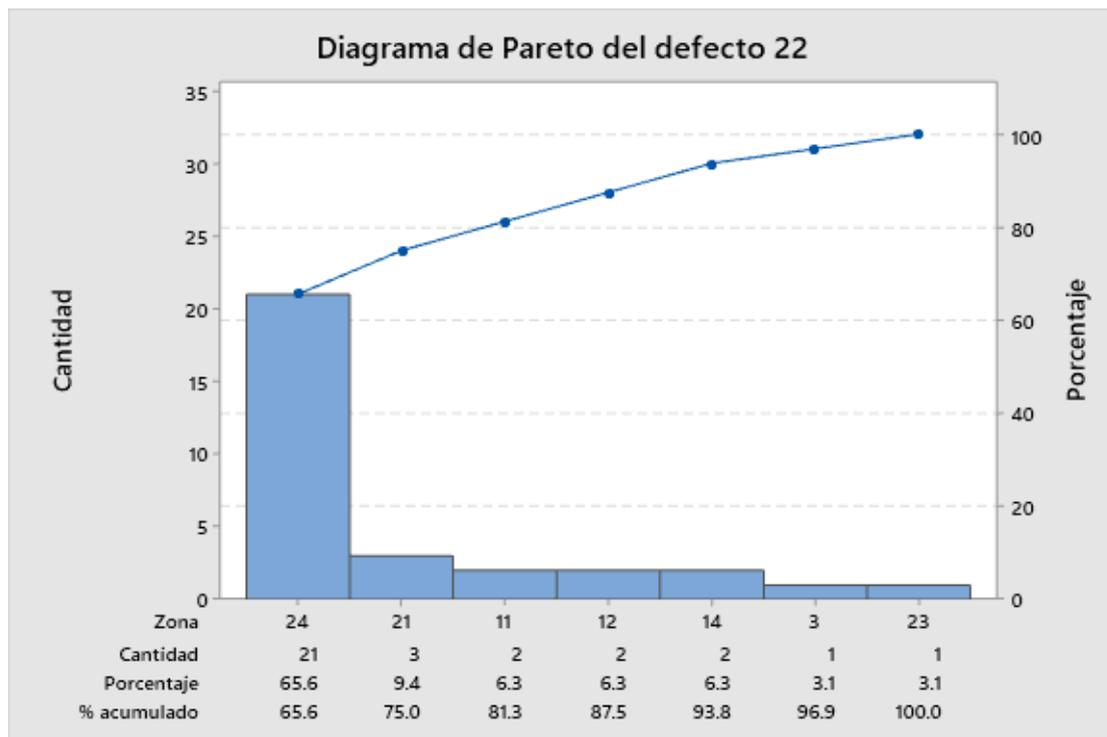


Figura 58. Diagrama de Pareto de las zonas del defecto 22

Por otro lado, se decidió juntar toda la información recopilada en una sola hoja de verificación, pero contabilizando las zonas donde aparecieron los defectos. El objetivo de este ejercicio es determinar si existe alguna relación entre las zonas afectadas con los diferentes tipos de defecto que se han obtenido anteriormente como los más críticos. A continuación, la hoja de verificación resultante.

Tabla 12.

Hoja de verificación de las zonas de los defectos

PROCESO	Proceso Productivo Toto 1244				
ZONA	CANTIDAD				TOTAL
	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	
1	III	III	III		10
2	III	III	III III	III	20
3	III III III III	II	III I	III III	36
4	III III	III	I	II	15
5	II		III	III I	11
11	III	III	III	III I	16
12		III	III III	III III	21
13	II	I		II	5
14	III	II	III III	III	17
15	I		II		3
16		II	I		3
17	III III	III III III	III III	III III	44
18	I		II	III III	12
21	III	II	III		9
22	II	III III III	III III III III	III III I	44
23	III		I		5
24	III III III II	III I	III III III III	III III III III	61
28		I		I	2
30	III				4
31			II		2
32			II	III	5
33	I			I	2
34	III			I	4
35			I		1
38	I				1
39	II				2
PIEZAS INSPECCIONADAS	1026	NO CONFORMES	294	DEFECTOS	355

Con la información recopilada y reorganizada, se procedió a construir el diagrama de Pareto utilizando el programa *Minitab*; los resultados fueron interesantes. El gráfico determina que la zona más crítica es la 24, pero las zonas 17 y 22 también tienen alta incidencia en los defectos.

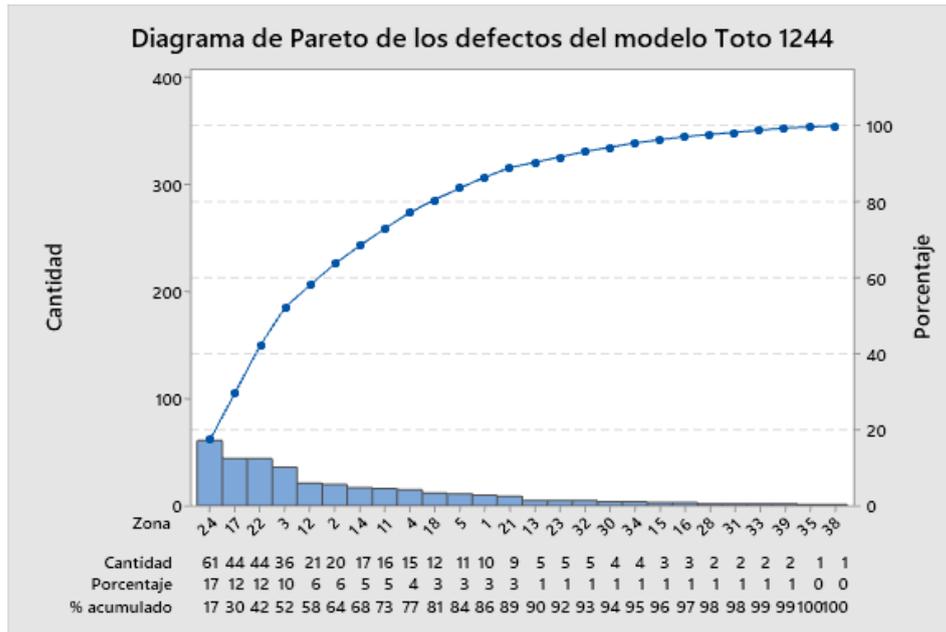


Figura 59. Diagrama de Pareto de las zonas de los defectos

Si se analiza el documento que utiliza Edesa para determinar las diferentes zonas, se puede observar que la zona 17, 22 y 24 están ubicadas una al lado de la otra, es decir, tienen una fuerte relación, indicando que la mayoría de los defectos se centran en esta parte de la pieza por algún motivo específico. A continuación, se presenta el gráfico de Pareto obtenido.

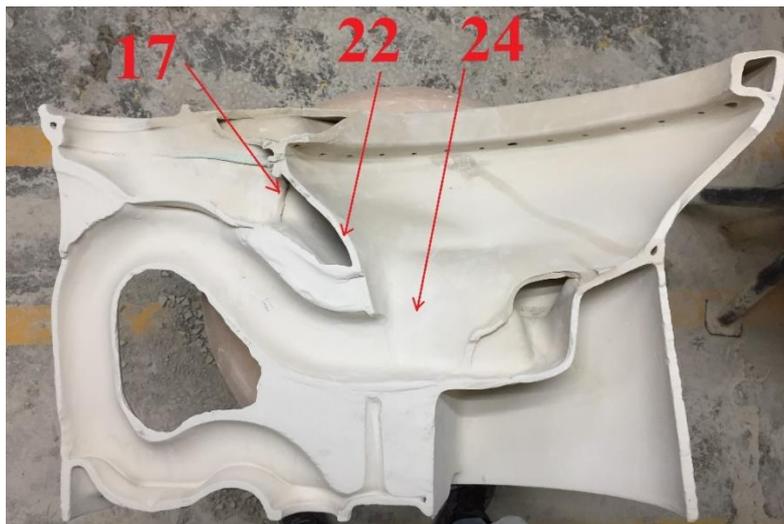


Figura 60. Zonas más críticas de los defectos

3.2 Gráficas de control

Después de realizar los diagramas de Pareto, se decidió comprobar si el proceso de producción del 1244 era estable o no. Para esto, se utilizó otra herramienta de la calidad: las gráficas de control. Se construyeron gráficas de medias y de rango, con la ayuda del programa *Minitab*, unas para los defectos detectados a lo largo de todo el proceso y otras en base a las zonas donde se presentaban estos defectos.

La gráfica de defectos determina que la media del proceso no es estable porque el 29.8% de los subgrupos de la gráfica de medias están fuera del rango; para que el proceso este estable no debe pasar el 5%. Es importante mencionar que el programa calcula los límites del proceso por su cuenta, pero en este caso, como el objetivo es llegar a tener cero defectos, el valor del LCI se modificó y se lo puso de valor 0. El resultado confirma lo que el Pareto anunciaba, los defectos 22, 28 y 29 son los más críticos y, juntamente con otros defectos, hacen que el proceso este fuera de control. En el gráfico de medias, el LCS es de 3.87 y los defectos 22, 28 y 29 tienen una media de 8, 11.25 y 11 respectivamente. Si se analiza los patrones de tendencia que sigue la tabla, se puede ver que el proceso sigue el patrón “fuera de control excesivo” lo cual indica que se deben tomar medidas para controlar el proceso.

Por otro lado, en la gráfica tipo R, el subgrupo que más se sale de control es el defecto 5 conocido como “dimensional”. Este es un defecto que no es tan común en las piezas, el problema fue que el primer día que se tomaron los datos salió un lote de 50 piezas defectuosas debido a que un operario en inspección cruda no utilizó una de las galgas de medida para corregir este defecto. Durante la toma de datos del primer día solo se identificaron catorce piezas defectuosas, mientras que el resto de los días casi no se dio ese defecto; esta es la razón por la cual este dato resalta en la gráfica de rangos porque es el que tiene la mayor diferencia de un día a otro. Además, a este defecto le siguen nuevamente el 28 y 29, con valores del rango igual a 12.

En ambos casos, a la conclusión que se puede llegar es que el proceso se encuentra fuera de control.

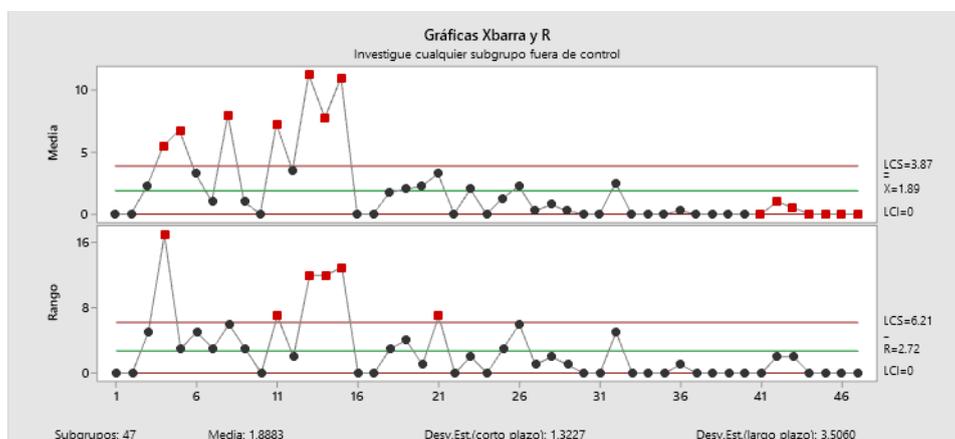


Figura 61. Gráficas de control de los defectos

Es importante mencionar que la gráfica no está en función del tiempo, por lo que la posición actual de los datos no refleja que el proceso se estabilizó. Los datos se ingresaron en el programa en el mismo orden numérico que maneja Edesa, por lo que la dispersión de los datos es pura coincidencia.

Los resultados de las gráficas de control de medias y de rangos basada en los datos de la zona donde aparecen los defectos, también determina que el proceso se encuentra fuera de control. En este caso, el 25% de las zonas sobrepasan el $LCS=6.70$: las zonas, 3, 17, 22 y 24; nuevamente se confirma el resultado de las gráficas de Pareto. En este caso, el LCI también se reemplazó por el valor de 0 y la tendencia que sigue la gráfica es “fuera de control excesivo” debido a los altos picos que se pueden observar a continuación.

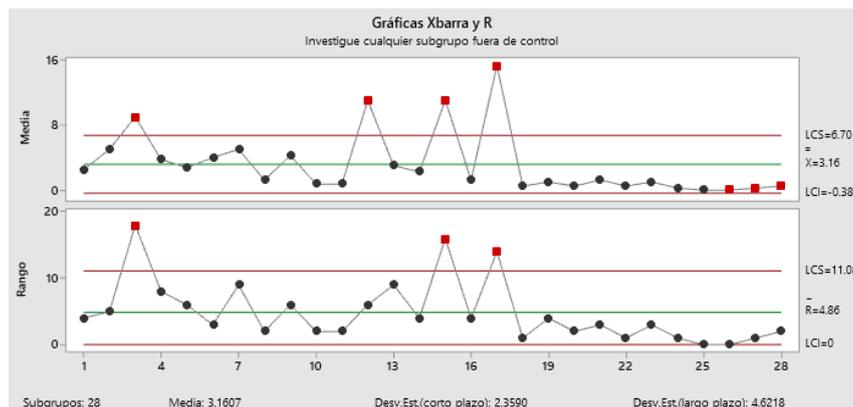


Figura 62. Gráfica de control de las zonas

3.3 Diagramas Ishikawa

Mientras se levantaba la información de las hojas de verificación, se aprovechó para realizar pequeñas entrevistas a los operarios en cada parte del proceso con el fin de obtener su opinión, basada en su experiencia, de donde consideraban que se generaban los defectos. Además, se realizó una inspección visual meticulosa de los procedimientos que seguían los operarios, así como a las herramientas y equipos que utilizaban para poder determinar posibles causas.

Los resultados de los Paretos determinaron que los defectos más críticos son el 22, el 28 y el 29. Además, las zonas más comunes donde se presentan los defectos son la 17, la 22 y la 24, y, como se observa en la figura 74, las tres zonas quedan una al lado de la otra. Como sus nombres lo indican, los defectos 28 y 29 son roturas o rajaduras que se generan en la parte del pozo, ambos defectos se diferencian por la zona en la que se ubican, pero es muy probable que las causas sean las mismas, por lo que se realizará un solo diagrama de Ishikawa para ambos defectos y otro para el defecto 22.

El nombre del defecto 22 es “sucio de pasta bajo esmalte” y como se observó en la imagen 69, básicamente son grumoso que aparecen después de pasar por el proceso de hornos. Lo complicado de este defecto es que no se sabe realmente donde se origina ni cuáles son las causas; es posible que solo un factor genere

el defecto o que sean varios. La información presentada en el siguiente diagrama de Ishikawa son posibles causas que pueden estar generando el defecto, tomando como base del análisis las 6Ms.

- **Mano de obra:**

En el proceso de vaciado, se identificó que los operarios trabajan alrededor de diez horas diarias en una línea donde todas las actividades del proceso se las realizan de forma manual. Además, el proceso les exige que caminen a lo largo de la máquina durante las diez horas realizando agujeros, acabados, limpieza del inodoro, otros. Esto, sumado con el hecho de que en varios puntos del proceso se ven obligados a cargar las piezas, que representan un peso importante, generan un gran desgaste físico y cansancio que les lleva a cometer errores debido a descuidos o falta de precisión. Estos dos factores pueden ser los que más afecten al momento de realizar las perforaciones en la pieza ya que, por hacer el agujero sin cuidado o por hacerlo rápido, se pueden generar grumos que terminan cayendo dentro de la pieza.

Por otro lado, los procesos de inspección curda y esmaltado se llevan a cabo con el operario estando todo el tiempo de pie, cargando, raspando y manipulando piezas. Esto también causa fatiga en los operarios, y al final del turno, puede que realicen sus labores con menos cuidado. Al inspector se le puede olvidar verificar que no quede ninguna suciedad adentro de la pieza o el esmaltador puede olvidarse de sopletar la pieza antes de esmaltarla, todo por culpa del cansancio.

Finalmente, todos los operarios trabajan en base a incentivos, es decir, a mayor producción más dinero ganan. El problema con este método de manejo de recurso humano es que los operarios se vuelven menos responsables, realizando sus actividades con mayor rapidez y menos cuidado por tratar de ganar más dinero. Esto da paso a una mayor probabilidad de que queden impurezas y sucios dentro de la pieza, generando el defecto 22.

- **Método:**

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de las actividades dentro del proceso de producción son manuales. Es verdad que el trabajador ecuatoriano ha demostrado ser uno de los mejores en cuanto a precisión, pero esto no les excede a que comentan errores. Los trabajos manuales inevitablemente van a generar errores humanos, mismos que pueden ser los causantes del defecto 22.

Por ejemplo, en el proceso de vaciado se identifico que el procedimiento que siguen los operarios puede generar errores humanos. Al momento que realizan los agujeros, sobretodo los del anillo, el operario debe colocar la matriz y presionar con el sacabocados mientras realiza un leve giro de muñeca para que la pasta que sale se quede pegada a la herramienta y no caiga adentro. El problema es que el operario, al realizar la tarea muy rápido y sin cuidado (ambos factores analizados anteriormente), únicamente presiona la pasta con el sacabocados pero no gira su muñeca causando que los pedazos de pasta se queden adentro del anillo, mismos que después podrían causar el defecto 22.

Por otro lado, en el proceso de inspección cruda se identificó que el procedimiento no era el adecuado porque faltaba estandarización: los seis diferentes operarios seguían un orden diferente de las tareas. Esto no fuera un problema si se aseguraran de cumplir con todas las actividades, pero, lastimosamente, algunos operarios ejecutaban las tareas críticas en desorden. Por ejemplo, uno de ellos primero sopleteaba la pieza y después la lijaba sin volverla a sopletear; el polvo generado por la lija posiblemente puede quedar dentro de la pieza, generando el defecto 22.

Finalmente, a partir del proceso de inspección cruda, las piezas se colocan en el coche boca arriba. El coche tiene dos pisos y primero se colocan las piezas de arriba y después las de abajo. El problema es que con el movimiento del coche, las piezas de arriba pueden moverse y rozarse entre ellas, generando astillas que pueden caer en el pozo de las piezas de abajo. Si la limpieza antes de ingresar a los hornos no retira esa suciedad, generará el defecto 22.

- **Máquina:**

Ciertas máquinas y herramientas a lo largo del proceso no estaban en su mejor estado. Por ejemplo, en el proceso de vaciado, los muchos de los moldes que utilizan están en malas condiciones por golpes o desgaste; el problema es que, al ser de yeso, se van despostillando. Las impurezas generadas por el molde, si no son limpiadas antes de llenarlo con pasta, se pueden mezclar con esta. Por diferencia de densidades pueden aparecer en la superficie de la pasta, causando el defecto 22.

Además, como se identificó en el punto anterior, los coches también pueden ser los causantes del defecto 22. La mayoría de ellos tienen algún tipo de desgaste en las esponjas donde se asientan la pieza. Este desgaste puede generar alguna suciedad que puede caer en la pieza.

Por otro lado, las herramientas que se utilizan en el proceso de vaciado para realizar los agujeros no son las adecuadas, en especial el sacabocados que se utiliza para realizar las perforaciones del anillo. Les hace falta ser más precisas y tener algún tipo de poka yoke (técnica para evitar errores) para que no permitan que se genere el defecto.

- **Material:**

A pesar de que los operarios consideran que el defecto no es atribuible al defecto 22, se analizaron dos posibles causas. Durante su fabricación, el esmalte solo pasa por dos filtros que retiran impurezas. De ahí, se lo coloca en tinas para trasladarlas al área de esmaltado. Estas tinas muchas veces quedan expuestas a las suciedades que se generan en otras partes del proceso. Una vez en el área de esmaltado, si por algo se llegó a contaminar la tina, no existe ningún tipo de filtro que retenga la suciedad antes de salir proyectada por la pistola a presión.

Otro factor que los operarios si le atribuyen responsabilidad por generar el defecto 22 es la pasta. Los parámetros de la pasta se miden todos los días antes de comenzar la producción. Son seis parámetros que varían dependiendo del

modelo que se va a generar: peso específico, viscosidad, tixotropía, consistencia, rata de colado y baroid. El problema es que estos cambian debido a factores externos o las materias primas generando variabilidad en la materia prima. Los nuevos parámetros puede que no sean los adecuados para la producción. Además, la pasta también es susceptible a contaminación de impurezas, mismas que no se filtran antes de ingresar a los moldes. Estas impurezas pueden ser las causantes del defecto 22.

- **Mediciones:**

Existe un factor considerado uno de los más importantes en la generación del defecto 22. El aire que utilizan los operarios para limpiar la pieza en el proceso de inspección cruda tiene una presión de 80 psi, mientras que la presión del aire utilizado para la limpieza en el proceso de esmaltado es de 120 psi. El problema es que si alguna impureza no salió con los 80 psi de inspección cruda puede que los 120 psi tengan la fuerza suficiente para arrastrar la suciedad hasta el sifón de la pieza y si el operario no la observó colocará esmalte encima; esto será suficiente para que el defecto 22 se genere.

- **Medio ambiente:**

Finalmente, a pesar de que Edesa ha hecho un buen trabajo enseñando a sus operarios a mantener sus estaciones de trabajo limpias, sigue existiendo suciedad en el ambiente. Esto se debe a los polvos y pedazos de pasta seca que están presentes a lo largo de todo el proceso productivo. Estas suciedades pueden ingresar en la pieza antes de ingresar a los hornos, causando el defecto 22.

Después de realizar esta lluvia de ideas con todos los factores que podrían generar el defecto 22, se procedió a ordenarlas utilizando un diagrama de Ishiwaka, mismo que se presenta a continuación.

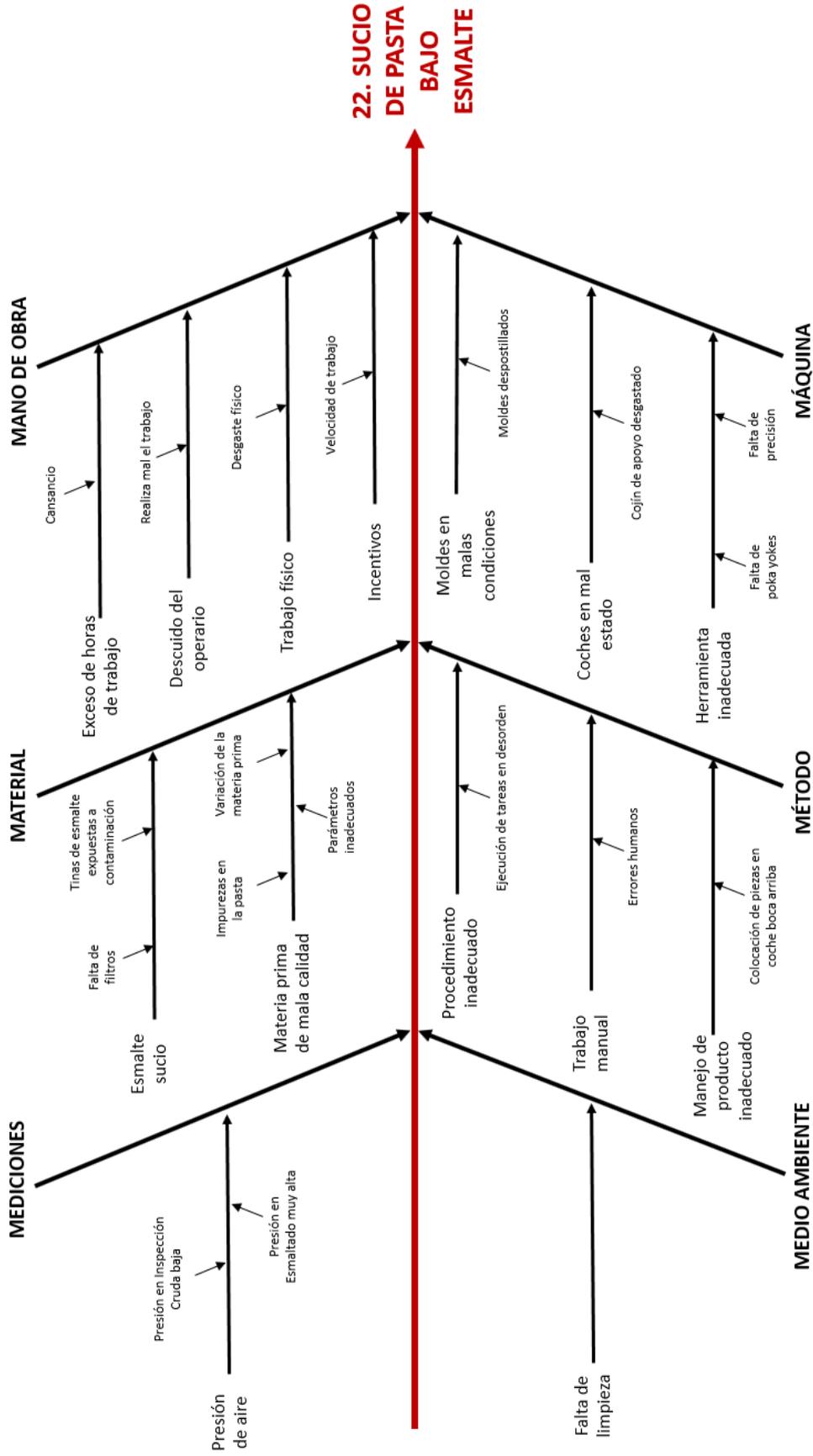


Figura 63. Diagrama de Ishikawa del defecto 2

Como se mencionó anteriormente, por fines didácticos, las posibles causas de los defectos 28 y 29 se analizarán conjuntamente en un solo diagrama Ishikawa.

- **Mano de obra:**

Al igual que en el caso anterior, los factores que se identificaron como posibles causas de los defectos 28 y 29, con respecto a la mano de obra, son los incentivos y los descuidos. Puede suceder que, en el proceso de vaciado, por tratar de producir más en el menor tiempo posible para conseguir mejores incentivos, los operarios se distraigan o descuiden ciertas actividades causando que realicen mal su trabajo. Por ejemplo, podría ocurrir que el vaciador no proporcione el tiempo de formación suficiente antes de drenar los moldes por tratar de comenzar con el proceso lo antes posible. Esta velocidad de trabajo podría ser la causante de los defectos 28 y 29.

- **Máquina:**

Nuevamente, se determina que una posible causa de los defectos 28 y 29 son los moldes en mal estado. Al estar despostillados, los moldes pueden tener algún tipo de grieta, que no se detectó al momento de sellarlos con pasta. Esta grieta en los moldes puede causar que la presión que genera el aire no tenga la suficiente fuerza para hacer que la pasta se forme bien, causando las rajadas 28 y 29.

- **Método:**

Se cree que existe un procedimiento inadecuado en el proceso de vaciado que puede estar generando los defectos 28 y 29. Antes de cerrar los moldes, uno de los ayudantes pasa una esponja mojada por los núcleos humedeciéndolos para el siguiente llene. La esponja no tiene la misma humedad cuando moja los primeros moldes que cuando está por la mitad de la máquina porque el operario no sumerge las esponjas en agua cada cierto número de moldes. Esta falta de humectación de algunos moldes puede causar grietas. Nuevamente se resalta que durante todo el proceso productivo existe demasiado trabajo manual, abriendo paso a que se generen errores humanos, posibles causantes de los

defectos 28 y 29.

- **Material:**

La materia prima del proceso de vaciado es la pasta, y como se mencionó anteriormente, los parámetros de esta son variables. El supervisor de vaciado determina cuánto tiempo de formación se le debe dar a la pasta después de analizar los parámetros que tiene la pasta ese día. Esta decisión la toma en base a su experiencia. Al tener parámetros variantes, puede que la decisión del supervisor sea errónea y tal vez necesitaba menos o más tiempo de formación antes de drenar los moldes. El tiempo de formación determinará el ancho de la pasta y, si no es suficiente, puede agrietarse; si es demasiado, puede que la pared de pasta seca sea demasiada ancha como para poder trabajar la pieza. La falta de estandarización de la pasta puede ser una causa de los defectos 28 y 29.

Por otro lado, se cree que otro factor que puede causar estos defectos es el diseño del molde. Como se observó anteriormente, los defectos 28 y 29 se generan en las zonas 22 y 24, la una al lado de la otra. Durante el proceso de vaciado, las zonas 22 y 24 son creadas por la división que existe entre el núcleo y las piezas laterales del molde del cuerpo. Es posible que el espacio que existe entre estas partes del molde no sea la suficiente, por lo que el diámetro de la pasta en ese punto es insuficiente para poder resistir la contracción crítica, abriendo paso a una grieta.

- **Mediciones:**

La decisión que toma el supervisor del proceso de vaciado se basa en su experiencia y en los parámetros que tiene la pasta ese día. El tiempo de llenado y de formación pueden cambiar si el supervisor así lo decide. Es posible que no se hayan medido bien ambos tiempos, exponiendo la pasta al ambiente antes de hora, causando que la contracción crítica cree una grieta.

- **Medio ambiente:**

Finalmente, los últimos factores que se cree que pueden ser causantes de los defectos 28 y 29 son la temperatura y la humedad. Se supone que durante los procesos de vaciado y de secado, ambas variables están controladas, pero esto no es cierto. Si la humedad del ambiente cambia debido a precipitaciones o lluvia, la humedad dentro de la planta también varía; lo mismo pasa con la temperatura. Las grietas se generan cuando hay cambios bruscos de cualquiera de estos dos factores, así que, si ambos no están controlados todo el tiempo, pueden generar los defectos 28 y 29.

A continuación, se presenta un diagrama de Ishikawa que recolecta toda esta lluvia de ideas de los posibles factores que causan los defectos 28 y 29.

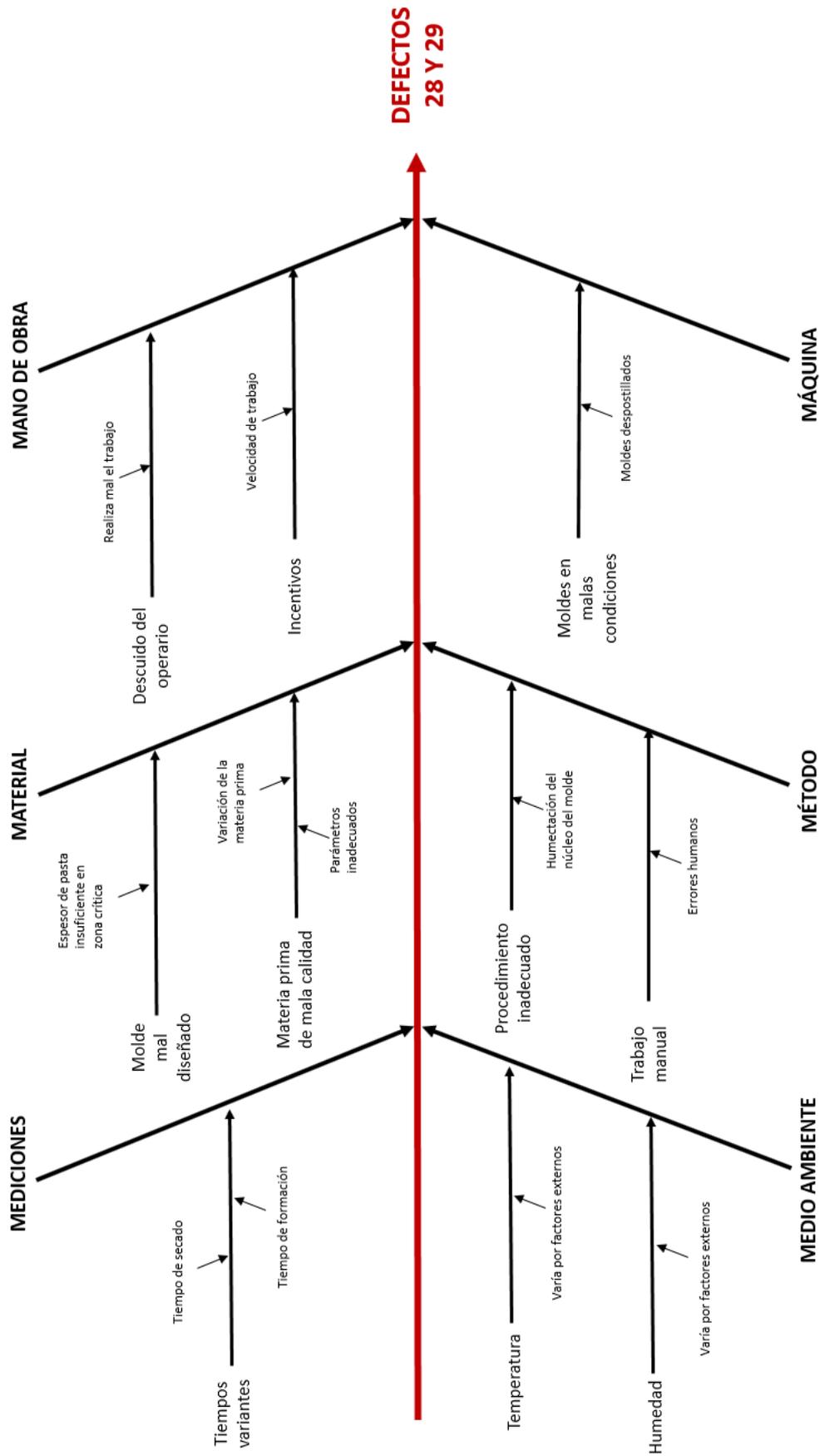


Figura 64. Diagrama de Ishikawa de los defectos 28 y 29

4. Desarrollo de la Propuesta

Este capítulo está destinado a proponer diferentes actividades de mejora con el objetivo de atacar las causas de los defectos más críticos que se identificaron anteriormente en el producto. Al igual que en el diagrama causa y efecto, se analizará el defecto crítico 22 de forma individual mientras que los defectos críticos 28 y 29 se analizarán conjuntamente. A continuación, se presentarán las oportunidades de mejora consideradas las más viables y las que tendrán el mayor impacto.

4.1 Oportunidades de mejora del defecto 22

4.1.1 Cambio de herramienta

Como se analizó anteriormente, el defecto 22 puede generarse debido a varias causas; se cree que la más común de todas es la utilización del sacabocados de manera incorrecta. Es verdad que girar la muñeca repetitivamente puede ser cansado e incluso puede generar problemas ergonómicos, por lo que los operarios al momento de realizar los agujeros no están haciendo el giro. La pasta que debía salir con el sacabocados está quedando adentro del anillo, probablemente causando el defecto 22. Se propone cambiar la herramienta para realizar los agujeros por otra que sea más rápida, eficiente y no genere ningún impacto ergonómico en los operarios.



Figura 65. Imagen de referencia para la nueva herramienta

Tomado de (Aramid, 2019)

El mecanismo que se desea proponer es similar a una perforadora de papel para anillar. Esta nueva herramienta seguiría siendo 100% manual, con la diferencia que haría todos los agujeros necesarios al mismo tiempo y sin la necesidad de que el operario realice el giro de muñeca. El mecanismo contará con una palanca de accionamiento que, al bajarla, empujará una serie de sacabocados/cuchillas que perforarán la pasta. Este mecanismo estará diseñado para que el sacabocados gire mientras va realizando la perforación, así los pedazos de pasta se pegan y no caen dentro del anillo.

La nueva herramienta tendrá la forma de la plantilla que se utiliza actualmente para realizar las perforaciones y las cuchillas tendrán el ángulo de inclinación que el modelo 1244 requiere para que pueda pasar la prueba de lavado. Si bien sigue siendo una tarea manual, implementar este tipo de herramientas aumentan la precisión de las perforaciones, mejorando la calidad del producto.

Además, la herramienta estará diseñada para que las cuchillas tengan una longitud máxima impidiendo que sobrepasen cierta profundidad para que no afecte la parte interna del anillo. La siguiente imagen enseña los dos errores que se quiere evitar con la nueva herramienta, el de la izquierda sucede cuando el sacabocados ingresa más de lo que debería porque no tiene un tope límite y el de la derecha presenta los grumos que se generan cuando no se realiza el giro de la muñeca.



Figura 66. Defecto del sacabocados en perforaciones de anillo

Para evitar estos defectos, se tomó como referencia una perforadora de papel para anillar debido a la rapidez, precisión y facilidad de uso que tiene. Al accionar la palanca se realizarían todos los agujeros al mismo tiempo, ahorrando tiempo al operario y aumentando la precisión. A continuación, se presenta un ejemplo como referencia del mecanismo propuesto.

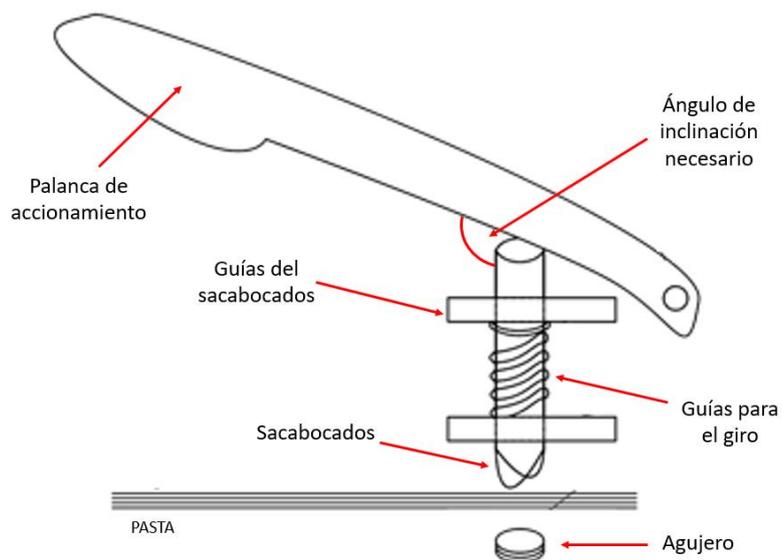


Figura 67. Ejemplo del funcionamiento de la nueva herramienta

Para poder implementar esta herramienta, primero se debe diseñarla en base a las medidas de la plantilla que se utiliza para realizar los agujeros del modelo 1244. Después, se deberá realizar una investigación de que material es el más apropiado para su construcción; se considera que el aluminio puede ser una opción debido a su peso, maleabilidad y resistencia. Una vez construida la herramienta, se debe calibrar y afinar el modelo realizando varias pruebas de perforación en la pasta para medir la distancia entre agujeros, la profundidad y la inclinación de la perforación.

Con la herramienta lista, es necesario realizar una prueba piloto antes de ingresarla en el proceso para determinar su funcionabilidad. Se considera que debe utilizarse la herramienta en una de las máquinas durante cinco días para recolectar toda la información y verificar el rendimiento de la misma. Si pasa las debidas pruebas, estará lista para ingresar en el proceso de producción. Después de fabricar una de estas herramientas por cada línea, se deberá convocar a una pequeña reunión donde se les enseñará a los operarios como funciona y se les entregará un procedimiento escrito de cómo deben utilizarla.

4.1.2 Instalación de filtros

Como se analizó en el diagrama de Ishikawa, existen varias oportunidades de mejora a lo largo del proceso que no requieren demasiados recursos. El análisis determina que el defecto 22 es atribuible a los sucios que pueden estar presentes tanto en el esmalte como en la pasta. La máquina del proceso de vaciado tiene unas mangueras que conectan la tubería de pasta con el molde. Por otro lado, en el área de esmaltado, las pistolas que se utilizan para rociar el esmalte se conectan a la tina por medio de mangueras. Aprovechando que el estado de ambas materias primas es líquido y que en los dos procesos existen mangueras, se propone colocar filtros para retener cualquier impureza. La siguiente imagen muestra una impureza impregnada en la pasta debido a la falta de filtros.



Figura 68. Ejemplo de impureza en la pasta

Para implementar estos filtros primero se debe determinar el número de mangueras existentes a los que se va a colocar el filtro y que diámetro tienen. Además, se debe investigar que filtros son los más apropiados en base al tamaño de partícula de la pasta que maneja Edesa; con estos datos se puede realizar la compra. Antes de instalar estos filtros, se recomienda realizar una prueba piloto donde se los instalen únicamente en una máquina de vaciado y se tomen los datos de producción durante cinco días. Estos datos deberán compararse con los obtenidos antes de la instalación para determinar el rendimiento de los filtros; el mismo ejercicio se debe realizar en las cabinas de esmaltado. La instalación de estos filtros deberá realizarse a las horas que no se están utilizando ni las máquinas de vaciado ni las cabinas de esmalte. En caso de tener un resultado satisfactorio, se procederá a instalar los filtros en el resto de las máquinas.

Estos mecanismos de control pueden ser filtros de malla para manguera que ayudará a disminuir las impurezas que podrían convertirse en el defecto 22. Además, estos filtros podrían mitigar otros defectos como el 61 “esmalte sucio”. Se presenta una imagen como referencia de un filtro de manguera.



Figura 69. Referencia del filtro de manguera propuesto

Tomado de (Aliexpress, 2019)

4.1.3 Regulación de presión de aire

Por otro lado, como se mencionó en el análisis del diagrama Ishikawa, existe un factor que también podría ser el causante del defecto 22. En el proceso de inspección cruda, la presión del aire es de 80 psi, mientras que en esmaltado se manejan 100 psi. Esta diferencia de presión es suficiente para que pedazos de pasta como los de la figura 84 que quedaron en el interior de la pieza, y que resistieron los 80 psi, se desprendan. El operario del proceso de esmaltado sopletea la parte interna de la pieza y después la externa antes de esmaltarla; es posible que la impureza siga adentro después de hacer sopleteado la pieza. Como el operario ya realizó la limpieza, no revisa la pieza antes de esmaltar y ahí es donde se puede generar el defecto 22.

Todo esto se podría evitar si la presión del aire en esmaltado se igualara a la de inspección cruda, así no se correría el riesgo de que los grumos que se encuentran en la parte interna de la pieza (mismos que no deberían generarse con la nueva herramienta), como el que se presenta en la imagen a continuación, se desprendan. Lo único que se debe realizar para cumplir con esta propuesta es igualar los niveles de presión a lo largo de toda la línea de producción.



Figura 70. Impurezas en la parte interna de la pieza

4.1.4 Reunión de operarios

Además, cuando se estaba haciendo el levantamiento de los procesos de vaciado e inspección cruda, se determinó que tanto los vaciadores como los inspectores ejecutaban las actividades en diferente orden, o existían variaciones en las tareas que realizaban, dando resultados diferentes en sus índices de rotura, unos tenían más y otros menos. Lo que se propone es que entre los mismos operadores determinen cuál es el procedimiento que genera el menor índice de rotura.

Para esto, se recomienda que los operarios de las diferentes áreas se reúnan constantemente (una vez a la semana), compartan el procedimiento que están siguiendo. Es importante que el supervisor del área lidere estas reuniones, presentando los datos recolectados de los índices de rotura que maneja cada operario. Así se podrá determinar qué actividades están agregando valor y cuáles no, y en qué orden se las debe ejecutar. Este ejercicio pertenece a la metodología *Kaizen* y puede ayudar a mitigar el defecto 22 porque si un vaciador está realizando alguna actividad que disminuye la aparición de este defecto, podrá compartirla con el resto de los vaciadores para que la repliquen.

Además, siguiendo la metodología *Kaizen*, estas reuniones constantes también se las aprovechará para impulsar proyectos de mejora, generando constantemente soluciones a los problemas presentados a lo largo de la línea de producción. De esta manera, se estaría atacando al defecto 22 y los demás defectos generados. Se propone utilizar un formato, como el que se presenta a continuación, para poder registrar todas las ideas de los operarios y los planes para realizar los proyectos de mejora.

El siguiente es un ejemplo de solución de problemas que se puede conseguir con las reuniones constantes de los operarios; este ejemplo se identificó durante el levantamiento del proceso. Cuando la pieza se coloca en el coche después de haber pasado por inspección cruda se la coloca boca arriba para poder diferenciarla con las que todavía no están diferenciadas. Esto puede ser un error porque da paso a que suciedades provenientes de las piezas del segundo piso del coche caigan dentro de las piezas del primer piso, provocando el defecto 22. Se recomienda buscar otro tipo de diferenciador como una marca de lápiz en un punto específico. Este método deberá repetirse en el resto del proceso.

REPORTE DE SOLUCION DE PROBLEMAS					
Seguridad	Gente	Calidad	Respuesta	Costos	Otros
Reporte:			Modelo:		
Responsable:					
Descripción del problema					
Definición del problema:					
Punto de causa:					
Respuesta del miembro del equipo					
Calidad:			Paras de línea:		
Estándar:			Inicio:		
Desviación			Terminó:		
Frecuencia:			Duración:		
Impacto en otras áreas					
Acciones de contencion (Reparaciones, inspecciones, alertas de calidad)		Quién	Fecha	Estatus	Punto de corte
CUATRO DIAMANTES				SI	NO
1	¿El proceso seguido es el correcto?				
2	¿Las herramientas y equipos utilizados son los correctos?				
3	¿La pieza utilizada es la correcta?				
4	¿La cantidad de la pieza es la adecuada?				
DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO					
<p>Diagrama de espina de pescado (Ishikawa) que muestra las causas de un defecto. El defecto está en la cabeza de una flecha horizontal que apunta a la derecha. Seis causas están conectadas a esta flecha por líneas diagonales: Mano de obra (arriba izquierda), Método (arriba), Maquinaria (arriba derecha), Medio ambiente (abajo izquierda), Material (abajo) y Medición (abajo derecha).</p>					
5 PORQUÉS					
Problema					
1. ¿Por qué?					
2. ¿Por qué?					
3. ¿Por qué?					
4. ¿Por qué?					
5. ¿Por qué?					
SOLUCIÓN PROPUESTA					
PRUEBA PILOTO				Responsable	Fecha
PLANES DE ACCIÓN INTERMEDIOS				Responsable	Fecha
ACCIONES CORRECTIVAS DEFINITIVAS				Responsable	Fecha
VERIFICACIÓN Y RESOLUCIÓN			SI	NO	N/A
¿Ha sido recurrente este problema?					
¿Ha sido actualizada la hoja de elementos de trabajo?					
¿Ha sido actualizado el estandar de calidad?					
¿Ha sido actualizada la hoja de instrucciones de mantenimiento?					
¿Ha sido modificado el proceso de mantenimiento preventivo?					
¿Ha sido modificado el chequeo de inicio de turno?					

Figura 71. Ejemplo de formato de reporte de soluciones

4.1.5 Mantenimiento

Como se detalló en el análisis del diagrama de Ishikawa, existen muchos coches y moldes que no se encuentran en buen estado. Los moldes se despostillan con golpes o raspones, produciendo suciedad que puede terminar en el pozo de una pieza. Por otro lado, varios de los coches tienen las asentaderas en muy mal estado; fácilmente puede caer un pedazo de esponja o cuero dentro de la pieza generando el defecto 22.

La propuesta para solucionar este problema es muy simple: tarjetas Kanban. Si un operario detecta que uno de los moldes está en mal estado, deberá colocar una tarjeta Kanban de color rojo en el molde, indicando a las personas de mantenimiento que es necesario repararlo; lo mismo se puede realizar con los coches que están en mal estado. Las personas de mantenimiento deberán recorrer la línea en busca de moldes y coches en mal estado para poder repararlos.



Figura 72. Ejemplo de tarjeta Kanban para mantenimiento de molde

4.1.6 Resumen de propuestas de mejora

Se considera que con todas estas mejoras la cantidad de defectos 22 va a disminuir notablemente. Los pasos seguidos a lo largo de este estudio han permitido proponer medidas basadas en hechos y datos, mismas que se esperan reduzcan al menos un 50% el defecto 22. Sin embargo, es importante cuantificar el impacto que han tenido las propuestas de mejora con respecto a este objetivo. Es por eso que se procedió a construir una tabla donde se resume toda la información de las mejoras con su respectivo indicador.

Propuesta de mejora	Objetivo	Mejora en el proceso	Metodología	Estrategia de implementación	Indicador	Frecuencia	Meta	Responsable
Cambio de herramienta	Realizar los agujeros del anillo con mayor precisión y rapidez	Reducción de grumos de pasta causados por la perforación	Control de calidad	Prueba piloto	Piezas con defecto 22 / Piezas inspeccionadas	Semanal	< 5%	Coordinador de vaciado
Implementación de filtros de pasta	Filtrar impurezas de la pasta	Reducción de impurezas presentes en la pasta	Controles en el proceso	Prueba piloto	Piezas con defecto 22 / Piezas inspeccionadas	Mensual	< 5%	Coordinador de vaciado
Implementación de filtros de esmalte	Filtrar impurezas del esmalte	Reducción de impurezas en esmalte	Controles en el proceso	Prueba piloto	Piezas con defecto 22 / Piezas inspeccionadas	Mensual	< 5%	Coordinador de esmaltado
Regulación de presión de aire	Igualar las presiones en la línea de producción	Reducción de grumos de pasta internos	Controles en el proceso	Medición de presión	Presión real / Presión teórica	Semanal	95% < x < 105%	Jefe de producción
Reunión de operarios	Identificar las causas de los defectos y problemas en la línea	Identificación de causas y solución de problemas	Kaizen	Reuniones periódicas	Cantidad real de proyectos / Cantidad teórica de proyectos	Mensual	>80%	Coordinador de cada proceso
Mantenimiento	Identificar daños en moldes y coches	Reducción de defectos atribuibles a los equipos	Mantenimiento de mejora	Tarjetas Kanban de identificación	Coches reparados / Coches totales	Mensual	>10%	Jefe del departamento de mantenimiento

Figura 73: Resumen de propuestas de mejora para el defecto 22

4.2 Oportunidades de mejora para los defectos 28 y 29

4.2.1 Control de humedad y temperatura

Al igual que con el defecto 22, los rajas 28 y 29 también tienen algunas oportunidades de mejora a lo largo de su proceso. Para comenzar, es importante que el ambiente dentro de la planta tenga condiciones estables, por lo que la temperatura y la humedad no deben variar. En una entrevista con el coordinador de pasta, manifestó que todas las rajas se generan debido a que se le extrae la humedad a la pieza demasiado rápido y que, hasta que no se controle estos dos factores tanto en el proceso de vaciado como en el de secado, van a seguir apareciendo las rajas.

La propuesta para resolver este problema es instalar controles de humedad y temperatura en varias partes de ambos procesos para poder monitorear el cambio de la condición del ambiente. Aparte, será necesario aislar ambos procesos lo que más se pueda para que no varíen estos factores. Por ejemplo, se debe buscar y arreglar posibles grietas en los techos y paredes por donde se podría escapar el calor o la humedad. También sería prudente instalar cortinas industriales de PVC en las puertas de ambos procesos, así no se corta el flujo de los materiales ni personas, y las condiciones climáticas, así como la posible suciedad, se mantienen dentro de las áreas de vaciado y secado.



Figura 74. Ejemplo de un controlador de humedad

Tomado de (Vostermans Ventilation, 2019)

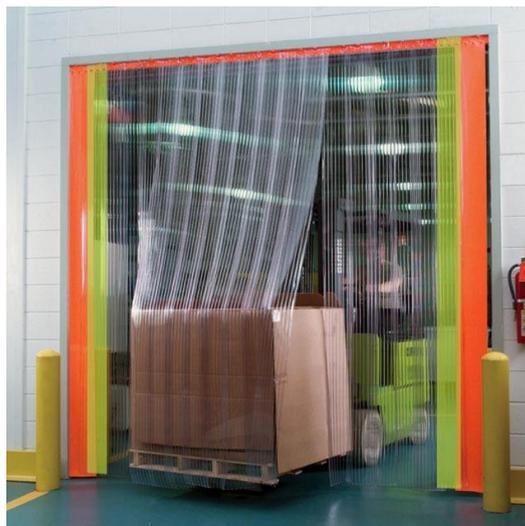


Figura 75. Ejemplo de cortinas industriales de PVC

Obtenido de (Mercado Libre, 2019)

Los equipos de control de temperatura y humedad pueden ser costosos. Antes de implementar esta mejora en los procesos de producción del modelo 1244, se recomienda hacer un plan piloto. El proceso más vulnerable a los cambios de temperatura y humedad es el de secado, por lo que sería prudente instalar un equipo de estos y monitorear los resultados por un mes. Si la cantidad de grietas producidas disminuyen, se recomienda instalar estos equipos en los puntos necesarios.

4.2.2 Humectación de núcleos

Por otro lado, mientras se levantaba la información del proceso de vaciado, se observó que uno de los ayudantes humedecía el núcleo del modelo antes de cerrarlo para volverlo a llenar. El problema es que sumergía las esponjas en agua una sola vez para humedecer los 50 núcleos. Es necesario reestructurar esta parte del procedimiento y hacer que el operario sumerja las esponjas en agua por cada cinco núcleos que humedezca. Si el núcleo no está lo suficientemente húmedo, absorbe demasiada humedad de la pasta, causando las grietas del defecto 28 y 29. Si se humedecen todos los núcleos mejor y de manera uniforme, es posible que ambos defectos disminuyan.

Para implementar esta propuesta, es necesario realizar un instructivo de trabajo donde se le explique al operario por qué debe humedecer bien los núcleos y como debe hacerlo. Se recomienda sumergir la esponja en agua por cada cinco núcleos sumergidos

4.2.3 Control de ingreso al secadero

Otro factor que se determinó realizando el análisis del Ishikawa es que muchas veces, debido al desorden que existe en el parqueadero de secado, los coches se confunden e ingresa producción a los secadores que todavía debía seguir en el parqueadero de cuarentena. El resultado es que la pieza pierde humedad bruscamente debilitando las zonas más críticas o generando las rajaduras 28 y 29 o todas las demás que se identificaron.

Las tarjetas Kanban son un método muy simple pero efectivo que permite identificar qué producción debe ingresar ya al secadero y cual debe esperar todavía. Estos identificadores registran información importante y fácil de entender que permite al operador determinar el estado del coche. Por ejemplo, si tarjeta Kanban es de color amarillo, el operario ya debe saber que esa producción es del miércoles porque ese color se le asocia con ese día de la semana; así, cada día tiene un color específico. El único color que no se asigna a ningún día es el rojo porque se utiliza para el mantenimiento de coches, como se mencionó anteriormente. Los operarios de vaciado deberán colocar esta tarjeta en un lugar específico del coche para que los operarios de secado lo encuentren fácilmente. A continuación, se propone un formato de tarjetas Kanban.

Tarjeta Kanban de Vaciado	
Producto:	1244
Máquina:	2
Código Vaciador:	191294
Devolver tarjeta a:	Supervisor de Vaciado

L	M	Mi	J	V
---	---	----	---	---

Figura 76. Ejemplo de tarjeta Kanban

4.2.4 Desarrollo de indicadores

En las entrevistas realizadas a varios miembros de Edesa, todos coincidían una cosa, la pasta era uno de los principales factores que generaba defectos. No es tanto la pasta el problema sino la variación de sus parámetros la que afecta a la producción. La pasta cuenta con seis parámetros: peso específico, viscosidad, tixotropía, consistencia, rata de colado y baroid. Todos estos parámetros se modifican dependiendo del producto que se va a fabricar. El problema es que las modificaciones no son estables, por lo que los valores varían, generando una pasta diferente a la anterior por lo que ya no se sabe cuánto tiempo de formación se le debe dar ni cómo va a reaccionar. Se propone generar un estudio de la pasta que genere un algoritmo donde se ingresen los valores de los diferentes parámetros para saber exactamente cuánto tiempo de duración se le debe dar a la pasta y que comportamientos va a tener.

Este es un estudio que se lo tiene que hacer en base a prueba y error, variando los parámetros y anotando los comportamientos por lo que puede tomar bastante tiempo llevarlo a cabo. Una vez determinada la fórmula o el algoritmo, se debe hacer una prueba piloto para ver si el comportamiento en la línea de producción es la misma que en el laboratorio. La prueba debería durar por lo menos cinco días y se deberían analizar los resultados para determinar si es válido la fórmula o no.

4.2.5 Diseño del molde

Finalmente, una de las observaciones que se obtuvo del diagrama de Ishikawa, así como en el Pareto, fue la relación que existe entre las zonas y los defectos obtenidos. Como se demostró anteriormente, las zonas donde aparecen los defectos 28 y 29, al igual que el 22, siempre son las mismas y todas se centran en la parte de la pieza que se forma en el espacio que existen entre el núcleo y las partes laterales del molde de cuerpo. El problema es que el espesor de la pasta en esta zona es muy delgado por lo que es más propenso a que se agriete. Se recomienda diseñar nuevamente el molde, aumentando el espesor de esta parte de la pieza, sin modificar los parámetros que este modelo debe cumplir. Nuevamente, la estrategia de implementación debe ser una prueba piloto con cinco moldes durante 15 días para determinar su comportamiento. Se comparan los datos obtenidos antes y después de la implementación y, si se reducen las grietas y no se generan más defectos, se ingresan los nuevos moldes a la línea de producción.

4.2.6 Resumen de propuestas de mejora

Se considera que con todas estas mejoras la cantidad de defectos 28 y 29 va a disminuir notablemente. Los pasos seguidos a lo largo de este estudio han permitido proponer medidas basadas en hechos y datos, mismas que se esperan reduzcan al menos un 50% los defectos. Sin embargo, es importante cuantificar el impacto que han tenido las propuestas de mejora con respecto a este objetivo. Es por eso que se procedió a construir una tabla donde se resume toda la información de las mejoras con su respectivo indicador.

Propuesta de mejora	Objetivo	Mejora en el proceso	Metodología	Estrategia de implementación	Indicador	Frecuencia	Meta	Responsable
Control de humedad	Mantener la humedad en el ambiente estable	Reducción de grietas	Controles en el proceso	Prueba piloto	Humedad real / Humedad teórica	Hora	95% < x < 105%	Jefe de producción
Control de temperatura	Mantener la temperatura del ambiente estable	Reducción de grietas	Controles en el proceso	Prueba piloto	Temperatura real / Temperatura teórica	Hora	95% < x < 105%	Jefe de producción
Humectación de núcleos	Reestructurar el proceso para humedecer bien los núcleos	Disminuir la cantidad de grietas en las zonas alrededor del núcleo	Instructivo de trabajo	Reestructurar el proceso	Piezas con defecto 28 y 29 / piezas totales producidas	Mensual	< 5%	Coordinador de vaciado
Control de ingreso al secadero	Ingresar las piezas al secadero en orden	Asegurarse que las piezas entren al secadero cuando tienen que entrar	Controles en el proceso	Tarjetas Kanban de identificación	Piezas no ingresadas cuando debían / Piezas producidas	Semanal	< 2%	Coordinador de secado
Desarrollo de indicadores	Determinar el tiempo exacto de formación	Reducir variabilidad en la pasta	Controles en el proceso	Prueba piloto	Tiempo real / Tiempo teórico	Diario	95% < x < 105%	Coordinador de pasta
Diseño de molde	Rediseñar el molde del modelo 1244	Aumentar el espesor en zonas críticas	Diseño y desarrollo	Prueba piloto	Piezas con defecto 28 y 29 / piezas totales producidas	Mensual	< 5%	Jefe de producción

Figura 77. Resumen de propuestas de mejora para los defectos 28 y 29

5. Análisis de Resultados

Debido a que el tiempo que se dispone para el presente estudio es de solo tres meses, no es posible implementar las mejoras, por lo que quedan únicamente como propuestas. Sin embargo, se hará un análisis de resultados suponiendo que las propuestas disminuyen un 50% los defectos 22, 28 y 29.

La reducción de estos tres defectos en un 50% significan cerca de 250 unidades al mes. Esto incrementaría la cantidad de productos conformes del modelo 1244 en un 3%, ingresando un aproximado de 4900 unidades a bodega.

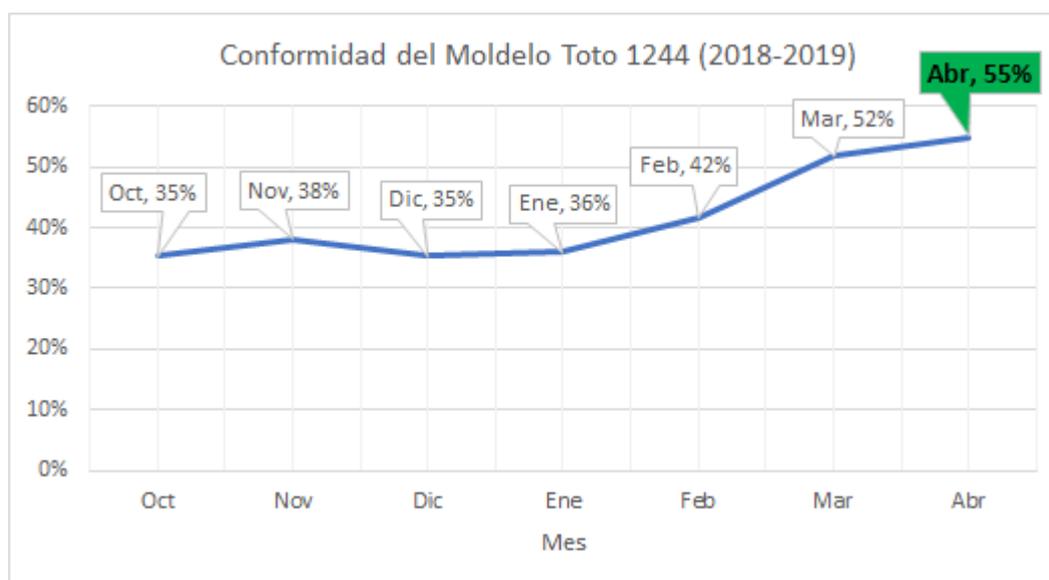


Figura 78. Conformidad del 1244 después de implementar mejoras

5.1 VSM después de la mejora

Asumiendo que las propuestas disminuyen un 50% los tres defectos analizados, se obtienen cambios en el VSM después de la mejora. Para comenzar, el análisis nuevamente se lo realizó con datos reales de la empresa obtenidos del reporte de producción de marzo del 2019. Lo único que varía a comparación del VSM anterior es que los procesos de vaciado, inspección cruda e inspección final

aumentan su indicador de calidad en 1.5%, 0.8% y 6.5% respectivamente. En un principio parece que no es significativo, pero aquí no se está tomando en cuenta el hecho de que este estudio es replicable para el resto de los modelos lo cual ayudaría a subir los índices de producto conforme de toda la empresa.

Por otro lado, el cambio de herramienta se mejora el tiempo de ciclo del proceso de vaciado por cinco segundos. Con las tarjetas Kanban se desorganiza menos el inventario en espera entre vaciado y secado, por lo que disminuye la cantidad de unidades. En los procesos vaciado, secado e inspección cruda se implementaron propuestas de mejora que afectaron al proceso de producción por lo que en el VSM se les representa como una burbuja de mejora.

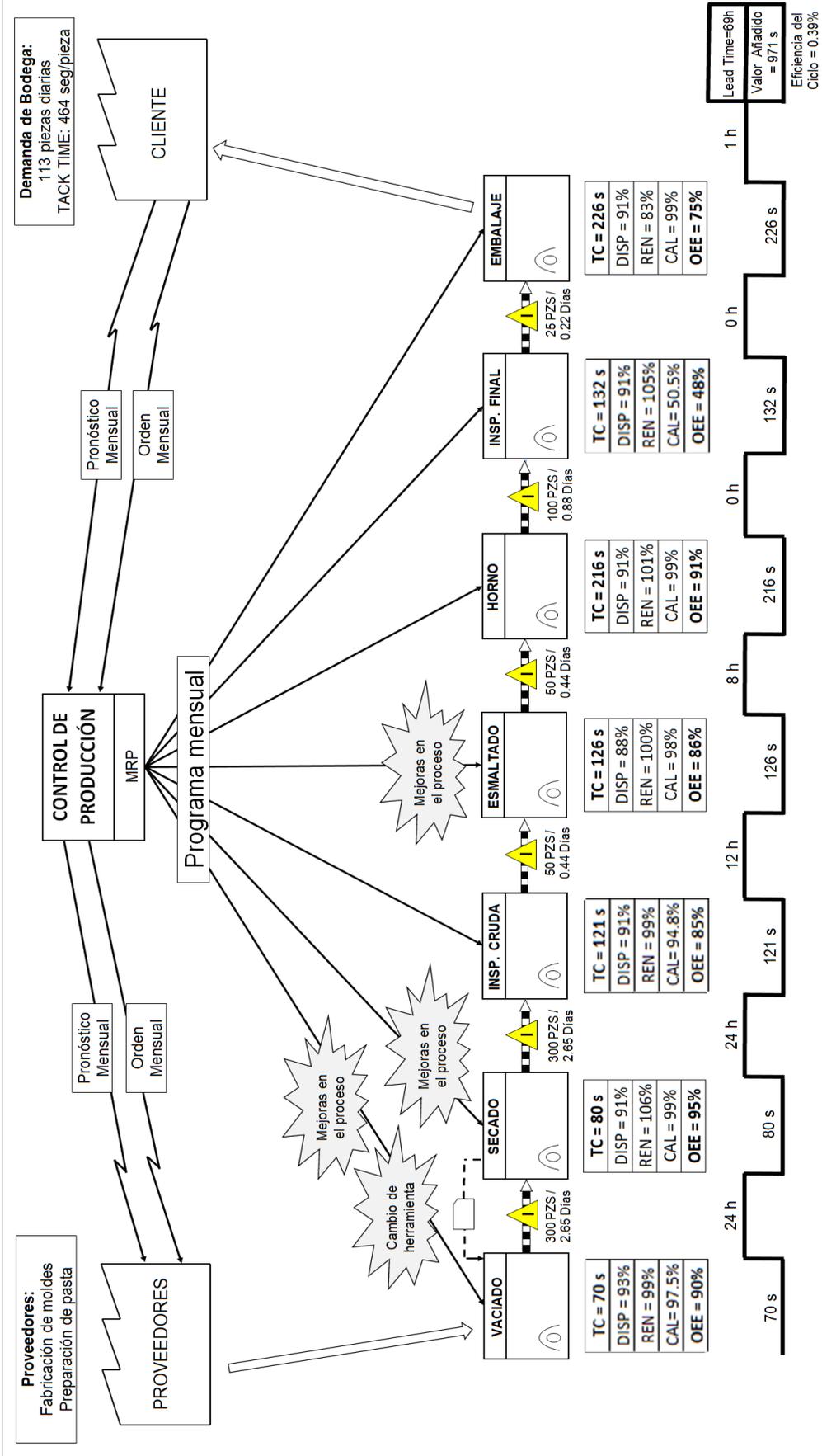


Figura 79. VSM después de la mejora propuesta

5.2 Simulación después de la mejora

La simulación después de la mejora utiliza los nuevos datos obtenidos en el VSM. Se procedió a correr el programa y se encontró que efectivamente la cantidad de unidades conformes del modelo 1244 mejora. Se comparó la cantidad de piezas que entraban tanto a bodega como a rotura, antes y después de la mejora, y existe un aumento importante. Al principio, la cantidad de unidades que ingresaban a bodega eran 768 y a rotura iban 666. Ahora, ingresan 936 piezas a bodega y van 418 piezas a rotura. Si se compara la cantidad de unidades conformes de la simulación antes y después, se tiene un aumento de 53% a 69%. Cabe recalcar que en la simulación no se toman varios factores en cuenta como los tiempos de producción, distancias desplazadas ni rendimiento de las máquinas, por lo que los valores no son 100% confiables; sin embargo, dan una idea clara de cuánto podría significar las mejoras implementadas.

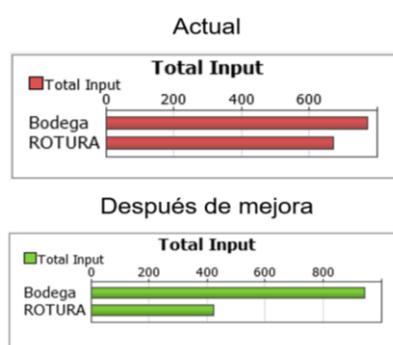


Figura 80. Entradas antes y después de la mejora

Por otro lado, como la cantidad de defectos disminuye la cantidad de piezas producidas en cada parte del proceso aumentó ligeramente. Es decir, el porcentaje de piezas que se producen en vaciado y llegan al proceso de embalaje es mayor que en el anterior caso, por lo que el proceso está más equilibrado. El objetivo de toda empresa es tratar de que la cantidad de piezas producidas en el primer paso del proceso sea la misma que en el último paso; el problema es que siempre existen desperdicios que van alterando este número. Para el caso del modelo, 1244 existen todavía muchas mejoras que se pueden implementar que posiblemente disminuyan la cantidad de piezas con defecto, volviendo al proceso más estable.

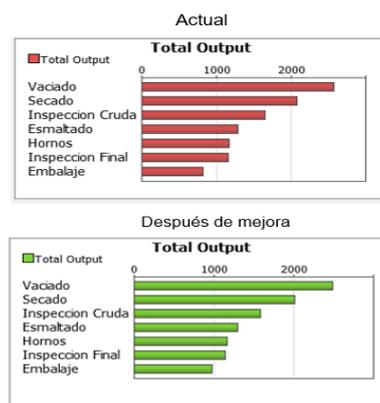


Figura 81. Cantidad total de piezas procesadas antes y después de la mejora

Finalmente, si se compara el uso de máquinas del proceso antes y después de la mejora, se puede observar que existen varios cambios. Los tres primeros procesos disminuyen el porcentaje de uso por lo que podrían aumentar la producción. Por otro lado, procesos como esmaltado y embalaje aumentan su porcentaje de uso de máquina porque con las mejoras es necesario que trabajen más.

Tabla 13.

Uso de máquina antes y después de la mejora

Proceso	Uso de máquina antes de mejora	Uso de máquina después de mejora
Vaciado	77.9%	75.1%
Secado	67.2%	65.1%
Inspección Cruda	66%	65%
Esmaltado	30.4%	30.8%
Horno	99.9%	99.9%
Inspección Final	61.7%	61.7%
Embalaje	72.8%	87.6%

A continuación, se presenta el resultado de la simulación después de haber corrido el programa por el tiempo programado equivalente a cuatro días de producción. Si se compara con la anterior simulación, se puede observar que la bodega de rotura tiene menor cantidad de unidades.

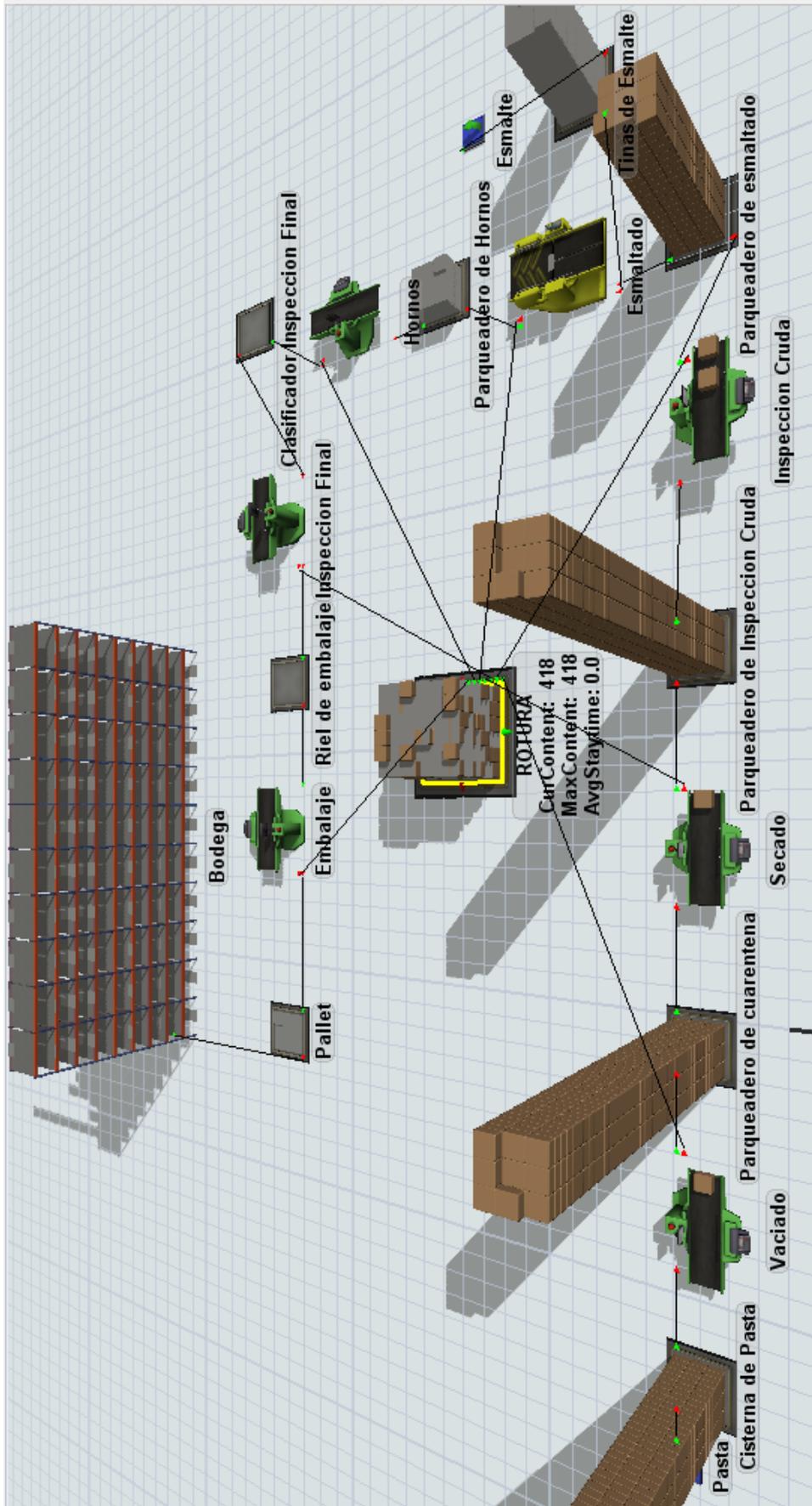


Figura 82. Simulación después de la mejora

5.3 Análisis Económico

Lo más importante de una propuesta de mejora siempre será la tasa de retorno económica que esta va a tener. Para determinar este valor, se debe realizar un análisis económico de cuánto costaría implementar cada mejora planteada y cuánta ganancia generaría.

- **Cambio de herramienta:**

Cambiar la herramienta va a tener un costo aceptable porque no requiere demasiados materiales. Para comenzar, el diseño de la herramienta se lo puede realizar con la ayuda de un diseñador industrial, costará aproximadamente USD 200.00. Una vez obtenido el diseño, se debe comprar el material para mandar a hacer las herramientas, esto puede costar alrededor de USD 250.00 si se quiere hacer con aluminio. Finalmente, el costo de la construcción de la herramienta es de aproximadamente USD 300.00 suponiendo que se va a realizar el trabajo con un cerrajero que cobra cerca de 3 dólares la hora. Las 5 herramientas necesarias para toda la línea de producción del modelo 1244 costarían USD 750.00 aproximadamente. Todo el proceso de implementar esta mejora puede tomar cerca de quince días, pero la ventaja es que no necesita instalación alguna.

Rubro	Costo
Diseño	\$ 200.00
Material	\$ 250.00
Fabricación	\$ 300.00
TOTAL	\$ 750.00

Figura 83. Costo de la propuesta de mejora del cambio de herramienta

- **Implementación de filtros:**

Esta propuesta puede ser un poco más costosa debido a la cantidad de mangueras que hay en el proceso. Cada máquina cuenta con 50 mangueras

para los moldes del cuerpo y 50 mangueras para los moldes de anillo. Son cinco máquinas de 100 mangueras cada una que producen el modelo 1244. Es decir, se necesitarían 500 filtros para el proceso de vaciado más unos 50 de repuesto. Por otro lado, el proceso de esmaltado tiene solo dos mangueras; sin embargo, se compran ocho filtros más para repuesto. En total serían 560 filtros para ambos procesos y cada uno se lo puede compra por aproximadamente USD 3.00. En total, todos los filtros tendrían un costo cerca de USD 1,680.00 y tardarían cerca de 30 días en llegar ya que serían importados. La instalación de los filtros la podrían realizar los mismos operarios por lo que presentaría un problema.

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Precio
Filtro vaciado	550	\$ 3.00	\$ 1,650.00
Filtro esmalte	10	\$ 3.00	\$ 30.00
TOTAL			\$ 1,680.00

Figura 84. Costo de la propuesta de mejora de la instalación de filtros

- **Regulación de la presión del aire:**

Esta propuesta de mejora no representaría ningún costo para Edesa porque ya cuentan con los equipos e instalaciones que tienen la capacidad suficiente para poder soportar la presión de 80psi.

- **Reunión de operarios:**

Esta es otra propuesta que no tiene ningún costo ya que son reuniones relativamente cortas y serían dentro de las instalaciones de Edesa.

- **Mantenimiento de coches y moldes:**

Esta propuesta si representa un costo a la empresa, pero es mínimo. En lo único en lo que se tiene que invertir es en las tarjetas Kanban que pueden ser de plástico PVC. En total para los coches y los moldes, no se necesitan más de 100

tarjetas y, al ser plástico, cada una podría costar aproximadamente USD 2.00. En total, las 100 tarjetas tendrían un costo de USD 200.00.

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Precio
Tarjetas Kanban	100	\$ 2.00	\$ 200.00
TOTAL			\$ 200.00

Figura 85. Costo de la propuesta de mejora de mantenimiento

Existe otro costo que es el de mantenimiento de los coches y moldes, pero este debe estar incluido en el presupuesto anual del departamento de mantenimiento por lo que no se tomará en cuenta en este análisis.

- **Control de humedad y temperatura:**

Al ser una propuesta que requiere equipos de tecnología, va a tener un costo importante para la empresa. Cada humidificador industrial tiene un costo de USD 300.00, pero se necesitan por lo menos cinco para poder cubrir toda el área que se necesita y su instalación tiene un precio de USD 50.00 por cada uno. Para el control de temperatura, solo se necesitarían los medidores y modificar la instalación que tiene la empresa para ingresar el calor de los hornos a los procesos. Cada medidor cuesta USD 60.00 con USD 10.00 de instalación y se necesitarían diez para cubrir toda el área, y la modificación de las instalaciones puede costar USD 200.00. Además, Se debe realizar una inspección de toda la infraestructura para tapar las grietas que puedan generar pérdida de humedad; la mano de obra dependerá del estado de la instalación, pero se calcula que puede llegar a costar hasta USD 250.00 Los materiales para tapar las grietas pueden costar otros USD 100.00. Finalmente, Es conveniente cerrar las entradas a las áreas de vaciado y secado utilizando cortinas de PVC. Son cuatro accesos que deberían cerrarse y cada rollo cuesta USD 200.00 y su instalación USD20.00 cada una.

Equipo/Infraestructura	Cantidad	Precio Unitario	Instalación por unidad	Precio
Humidificador	5	\$ 300.00	\$ 50.00	\$ 1,750.00
Medidores de temp.	10	\$ 60.00	\$ 10.00	\$ 700.00
Temperatura	1	N/A	\$ 200.00	\$ 200.00
Grietas	1	\$ 100.00	\$ 250.00	\$ 350.00
Cortinas PVC	4	\$ 200.00	\$ 20.00	\$ 880.00
TOTAL				\$ 3,880.00

Figura 86. Costo del control de humedad y temperatura

- **Humectación de núcleo:**

Esta propuesta de mejora no tiene ningún costo asociado porque solo se necesita reestructurar una pequeña parte del proceso.

- **Control de ingreso al secadero:**

Esta propuesta tiene el mismo costo unitario que la de mantenimiento de los coches y moldes porque manejan las mismas tarjetas. Lo que cambia es la cantidad, para esta mejora se requieren 500 tarjetas. En total, esta propuesta costaría USD 1,000.00.

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Precio
Tarjetas Kanban	500	\$ 2.00	\$ 1,000.00
TOTAL			\$ 1,000.00

Figura 87. Costo de propuesta de mejora de control de ingreso al secadero

- **Desarrollo de indicadores:**

Esta propuesta de mejora no tiene ningún costo asociado porque serían los mismos miembros de Edesa los que desarrollen el indicador.

- **Diseño de molde:**

La propuesta de rediseñar el molde del modelo 1244 tampoco lleva ningún costo

asociado porque existe un departamento en Edesa que se dedica a eso.

- **Costo vs beneficio**

Una vez calculados todos los costos aproximados de las propuestas de mejora, se procede a sacar el costo total. En el análisis de resultados, se determinó que las mejoras aumentarían aproximadamente 250 unidades conformes que ingresarían a bodega mensualmente. Cada unidad del modelo Toto 1244 tiene un PVP de USD 39.55 de los cuáles USD 7.00 son ganancia neta. Esto quiere decir que el presente estudio estaría generando una ganancia de aproximadamente USD 1,750.00 mensuales, USD 21,000.00 anuales.

Propuesta de mejora	Costo de implementación
Cambio de herramienta	\$ 750.00
Filtros de pasta y esmalte	\$ 1,680.00
Regularización de presión de aire	\$ -
Reunión de operarios	\$ -
Mantenimiento de coches y moldes	\$ 200.00
Control de humedad y temperatura	\$ 3,880.00
Humectación de núcleos	\$ -
Control de ingreso al secadero	\$ 1,000.00
Desarrollo de indicadores	\$ -
Diseño de moldes	\$ -
INVERSIÓN TOTAL	\$ 7,510.00
Ganancia mensual de las mejoras	\$ 1,750.00
Meses que toma pagar la inversión	4.3

Figura 88. Inversión necesaria para implementar las mejoras

En la anterior figura se puede observar que el costo total de implementación es de USD 7,510.00. Las mejoras generarían una ganancia neta de USD 1,750.00 mensual por lo que el presente estudio se pagaría en cuatro meses y medio aproximadamente.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

El presente estudio estaba enfocado en mejorar el proceso de producción del modelo Toto 1244. El primer punto para poder cumplir con este objetivo fue levantar, entender y analizar el proceso productivo de este modelo, desde el proceso de vaciado hasta el de embalaje, para determinar el estado actual de la línea. Se utilizaron varias herramientas y metodologías como el mapa de procesos, los flujogramas, las caracterizaciones y las descripciones que facilitaron el entendimiento del proceso. Además, el programa *Bizagi Modeler* fue clave para poder diagramar todas las actividades que conformaban los siete subprocesos de producción y para determinar los cargos de las personas. Es necesario tener conocimientos básicos de la gestión por procesos si se quiere realizar un buen trabajo en esta parte del estudio. Por otro lado, el mapa de la cadena de valor realizado con Excel y la simulación de producción realizada con *Flexsim* fueron importantes para poder explicar cuál era la situación actual de la empresa. Si se cuenta con las herramientas y programas adecuados, determinar el estado actual de cualquier empresa será sencillo.

Después de que se levantara el proceso de producción del modelo 1244, el siguiente paso era cuantificar los defectos que se generaban a lo largo de la línea productiva. Herramientas como las hojas de verificación, los diagramas de Pareto y las gráficas de control son importantes en este proceso y ayudan a cumplir con el objetivo. Este punto del estudio normalmente requiere estar en la línea de producción por lo que toma bastante tiempo y requiere de bastante paciencia. Lo importante es ser ordenado para poder cuantificar bien los defectos. Después de cuatro días de estar en la planta, se inspeccionaron 1026 piezas obteniendo un total de 294 productos no conformes provenientes de 47 diferentes tipos de defectos generados en 3 diferentes zonas del proceso.

Una vez entendido el proceso y después de haber cuantificado las no

conformidades utilizando herramientas del control de la calidad, se procede a investigar cuáles fueron las causas raíz de los defectos más críticos. Para este capítulo se utilizó una herramienta de la calidad llamada Gráfica de Ishikawa que permite ordenar todas las ideas y sospechas que se tiene de donde puede estar el origen del problema. Sin embargo, el arma más fuerte que se puede tener identificar la causa raíz de un problema es la capacidad de observación, junto con un profundo nivel de análisis. Estas fortalezas son las que permiten llegar a identificar realmente donde se genera un defecto y cuáles son sus causas. Otro factor que ayuda es la relación con los operarios porque estos son los que están en la línea de producción día a día y entienden el proceso y los factores que lo afectan.

Después de identificar las causas de los defectos, se debe proponer acciones de mejora que mitiguen la aparición de los mismos. Las propuestas de mejora pueden ser de cualquier índole, tamaño o complejidad de implementación siempre y cuando cumplan con este objetivo y sean viables. Muchas veces las mejoras más simples y pequeñas son las que mejor funcionan, mientras que, en otros casos, se debe invertir bastante dinero en equipos. Lo importante de las mejoras es que reflejen la capacidad que debe tener un ingeniero para calcular su costo beneficio, escoger la metodología adecuada y establecer estrategias de implementación. Siempre lo más importante va a ser la involucración del personal en la implementación de la mejora. De esta manera, se garantiza que la mejora se aplicará y se mantendrá dentro de la empresa.

Finalmente, y lo más importante del estudio, es generar el análisis costo beneficio que tienen las propuestas planteadas. Si al momento de analizar los costos de implementación resulta que el proyecto no es rentable no se va a aplicar la mejora. Por otro lado, es importante realizar cálculos precisos y contemplar todos los posibles costos indirectos que podrían generar las mejoras. En el caso del presente estudio, se analizó que todas las propuestas son viables ya que su implementación requiere una inversión de apenas USD 7,510.00. Según los cálculos, este valor se recuperaría a la mitad del cuarto mes después

de la implementación de las mejoras debido a las ganancias mensuales que generarían (USD 1,750.00). Sin embargo, todas las propuestas de mejora del presente estudio son replicables al resto de líneas de producción, por lo que el impacto económico del mismo es bastante mayor al calculado. El objetivo de todas las empresas es la generación de capital, por lo que será fácil convencer a una de implementar las propuestas de mejora siempre y cuando estén bien presentadas y analizadas y el retorno de las mismas sea positivo.

6.2 Recomendaciones

Después de realizar el presente estudio, se detectó que hay varias cosas que se pudieron haber hecho diferente para mejorar el mismo. Con respecto al primer paso del proceso que era determinar el estado actual de la empresa, se recomienda contar con todos los programas que facilitan el levantamiento y análisis del proceso como *Bizagi Modeler* y con formatos para la caracterización del proceso que sean fáciles de manejar. Ambas ayudarán a levantar la información en menor tiempo. Además, este proceso requiere de bastante intervención del personal de la empresa por lo que se recomienda primero contar con el compromiso antes de comenzar el proceso. Es importante pedir una reunión con el gerente general o con el jefe de producción en donde se le manifieste que es lo que se va a realizar para que él comunique a su personal y facilite la información necesaria.

Para el levantamiento y cuantificación de los defectos es importante destinar bastante tiempo porque es necesario estar presente en la línea de producción anotando los defectos, preguntando cuáles podrían ser sus causas y observando cómo funciona la línea de producción. Se recomienda destinar por lo menos 10 días a este proceso para obtener información confiable. Este proceso requiere de bastante inspección visual a los operarios para entender cómo trabajan; antes de comenzar con el levantamiento es importantes comunicarles que es lo que se está haciendo, caso contrario puede creer que está siendo auditado por lo que su rendimiento será diferente.

Una vez cuantificado los defectos, el siguiente paso es analizar y buscar donde puede estar la causa que los genera. Como se mencionó en las conclusiones, las opiniones de los operarios son importantes porque ellos son los que están día a día en la línea de producción. Sin embargo, es importante mencionar que no todos tienen la misma opinión ni el mismo nivel de conocimiento por lo que las causas que determinen ellos pueden contradecirse. A pesar de eso, se recomienda recolectar de todas formas todas las ideas de los operarios, incluso las que otros dicen que no son correctas, porque el estudio está diseñado justamente para analizar la posibilidad de que esas causas generen el defecto. Al momento que se realice el diagrama de Ishikawa, el autor del estudio se dará cuenta cuáles opiniones son válidas y cuáles no; hasta ese entonces, se recomienda recolectar toda la información posible.

Con respecto a la propuesta de las mejoras, al igual que con la lluvia de ideas, en un principio no hay propuesta que sea mala por lo que se recomienda buscar varias alternativas. A lo largo del análisis se determinará cuáles propuestas son realmente viables y cuáles no, dependiendo del tema del estudio, los defectos encontrados y el costo-beneficio de la misma. Se recomienda comenzar con propuestas de métodos simples como poka yokes o tarjetas Kanban que son de fácil implementación a costos reducidos y que generan un gran impacto en la empresa. Es importante tomar en cuenta que mientras más compleja sea la propuesta más tiempo va a tomar su implementación.

Al momento de realizar la propuesta económica, se recomienda tomar en cuenta siempre un factor muy importante, las empresas buscan ganar dinero y los estudios para mejorar la calidad son un método efectivo para generarlo. Es por eso que este capítulo es de los más importantes porque determina si la empresa decide implementar la propuesta o no. Si los costos de implementación son demasiado altos causando que la propuesta no sea viable, se recomienda replantar los materiales o los equipos utilizados para disminuir el costo; siempre habrá opciones más baratas en el mercado.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). Lineamiento para elaborar la caracterización de procesos. Salud Capital, Recuperado el 27 de mayo del 2019 de http://www.saludcapital.gov.co/Lineamientos/51_SDS_PYC_LN_002_Elaborar_Caracterizacion_Procesos.pdf
- Aliexpress. (2019). Filtro de malla. Aliexpress. Recuperado el 5 de julio del 2019 de <https://es.aliexpress.com/item/New-Arrival-Sprayer-Strainer-Inlet-Suction-Strainer-Mesh-Filter-Intake-Hose-For-Airless-Sprayer-390-395/32816399164.html>
- Angarita, J. (2011). Control Estado de la Calidad. Recuperado el 22 de mayo del 2019 de <http://julianangaritamontoya.blogspot.com/2011/08/las-6-ms-de-la-calidad.html>
- Aramid. (2019). Perforadora Lassane Espiramatic Oficio. Aramid. Recuperado el 7 de julio del 2019 de http://www.aramid.com.uy/productos/productos_masinfo.php?id=4189&secc=productos
- Bizagi Modeler. (2019). Modelamiento en BPMN. Recuperado el 25 de mayo del 2019 de <http://help.bizagi.com/process-modeler/es/>
- Carro, R., & González, D. (2012). Productividad y Competitividad. Nulan. Recuperado el 30 de mayo del 2019 de http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Edesa. (2019). Quienes Somos. Edesa S.A. Recuperado el 15 de mayo del 2019 de <https://edesa.com.ec/>
- FlexSim Problem Solved. (2017). FlexSim. Recuperado el 28 de junio del 2019 de <https://www.flexsim.com/es/>
- Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. México DF: McGraw-Hill.

- Ishikawa, K. (1994). Introducción al Control de Calidad. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Jimenez, D. (2014). Los íconos del Value Stream Mapping - Cuáles son y cómo usarlos. Pymes y Calidad 2.0. Recuperado el 3 de junio del 2019 de <https://www.pymesycalidad20.com/los-icenos-de-value-stream-mapping-cuales-son.html>
- Lean Manufacturing 10. (2019). Takt time Vs Tiempo de ciclo. Definición y ejemplos. Leanmanufacturing10. Recuperado el 14 de mayo del 2019 de <https://leanmanufacturing10.com/takt-time-tiempo-ciclo-definicion-ejemplos>
- Mercado Libre. (2019). Cortinas de PVC. Mercado libre. Recuperado el 5 de julio del 2019 de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-436262917-instalacion-de-cortinas-pvc-industriales-_JM?quantity=1
- Pardo, J. M. (2012). Configuración y usos de un mapa de procesos. Madrid: Aenor.
- Pardo, J. M. (2017). Gestión por procesos y riesgo operacional. Madrid: Aenor.
- Paredes, J. (2017). Balanceo de líneas de producción. SlideShare. Recuperado el 26 de mayo del 2019 de <https://es.slideshare.net/JuanParedesCampos/balance-de-lineas-de-produccion>
- Parraguez, M. (2019). Simulación de Procesos y Negocios. Recuperado el 23 de mayo del 2019 de <http://miguelparraguez.blogspot.com/2015/09/flujoograma-de-como-cargar-targeta-vip.html>
- Quesada, G. (2005). El PHVA y las normas ISO 9000. Gestipolis. Recuperado

el 29 de mayo del 2019 de <https://www.gestiopolis.com/el-phva-y-las-normas-iso-9000/>

Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Socconini, L. (2014). Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books.

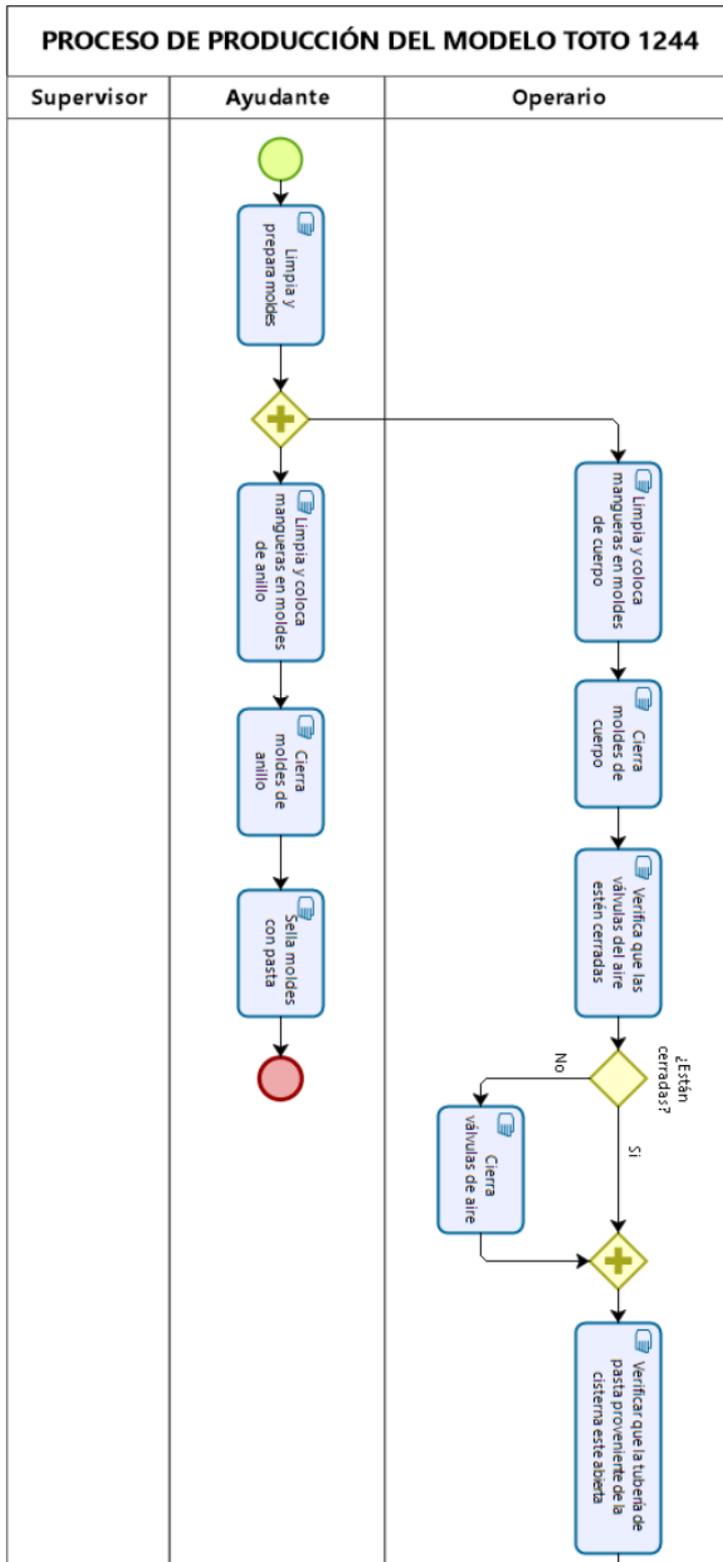
Soriano, A. (2018). Evolución histórica de los espacios de baño en la vivienda. Interempresas. Recuperado el 3 de mayo del 2019 del 2019 de <http://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/214047-Evolucion-historica-de-los-espacios-de-bano-en-la-vivienda.html>

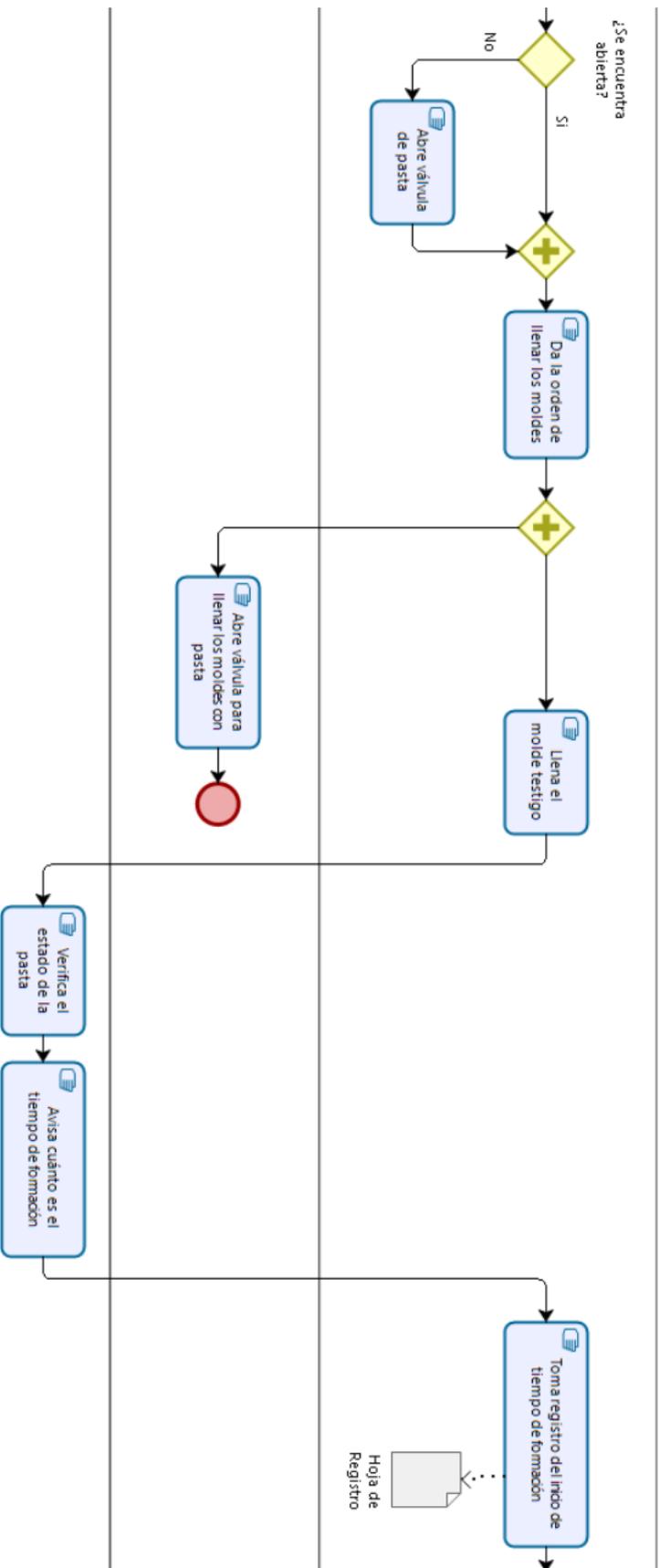
SRI. (2019). Consulta de Impuesto a la Renta Causado y Salida de Divisas. SRI en Línea. Recuperado el 20 de julio del 2019 de <https://srienlinea.sri.gob.ec/sri-en-linea/#/SriDeclaracionesWeb/ConsultaImpuestoRenta/Consultas/consultaImpuestoRenta>

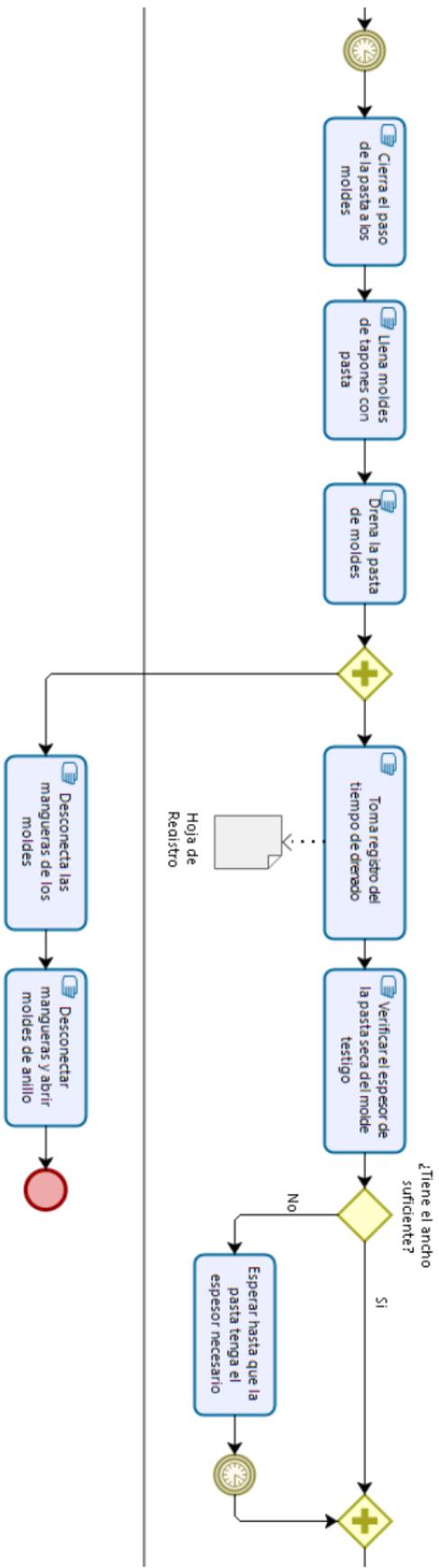
Vostermans Ventilation. (2019). Controlador de Humedad. Direct Industry. Recuperado el 17 de julio del 2019 de <http://www.directindustry.es/prod/vostermans-ventilation/product-56025-2112015.html>

ANEXOS

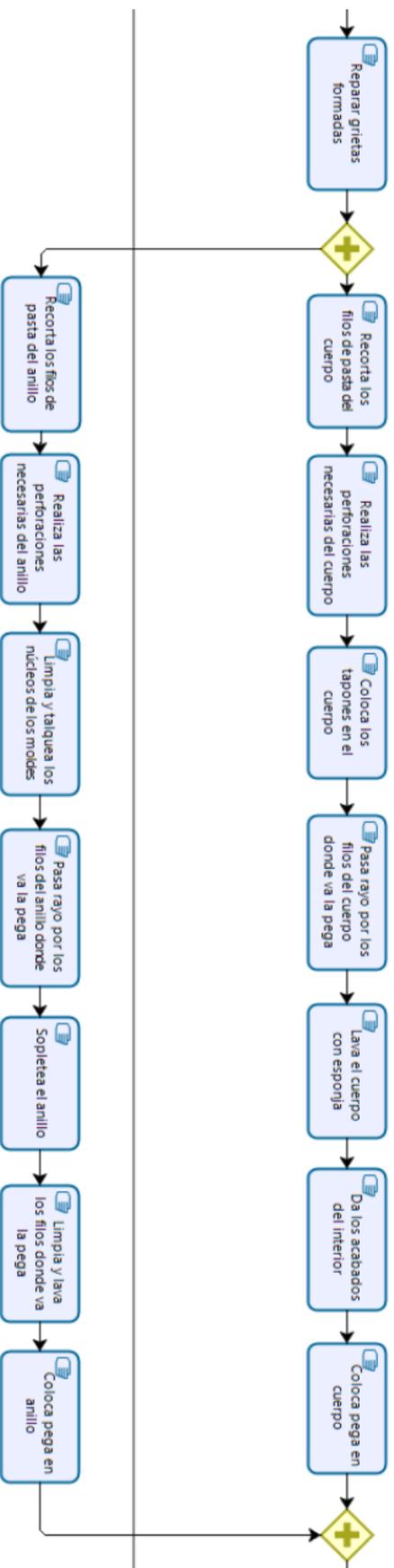
ANEXO 1: Flujograma del proceso de Vaciado

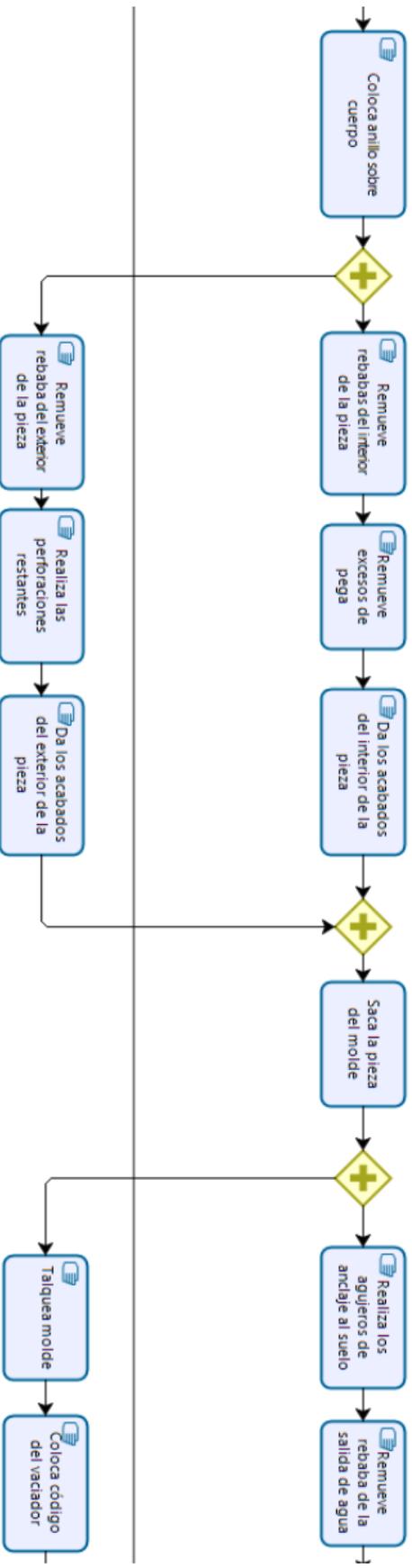


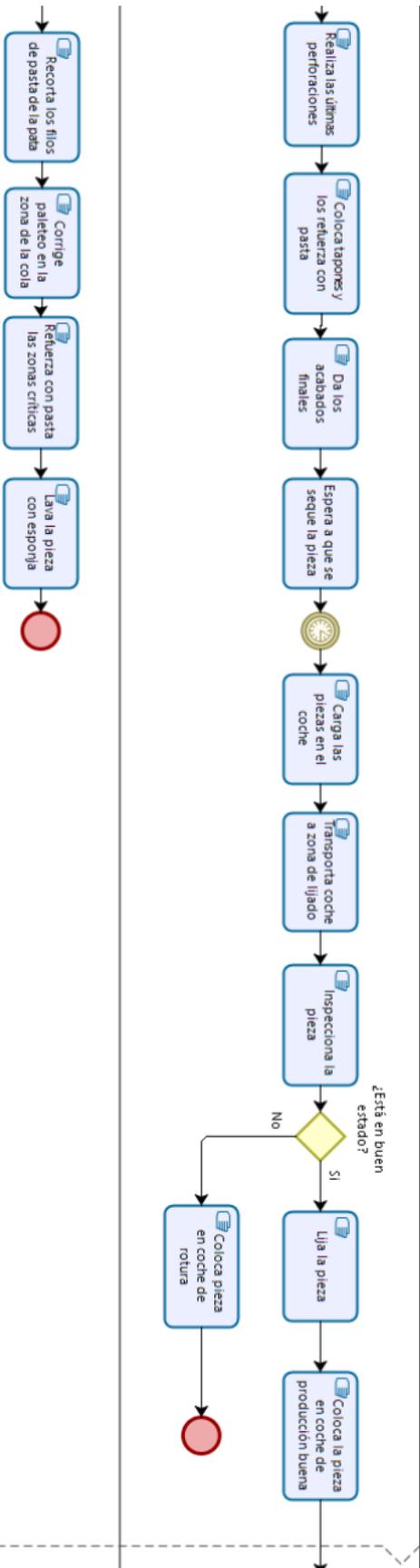




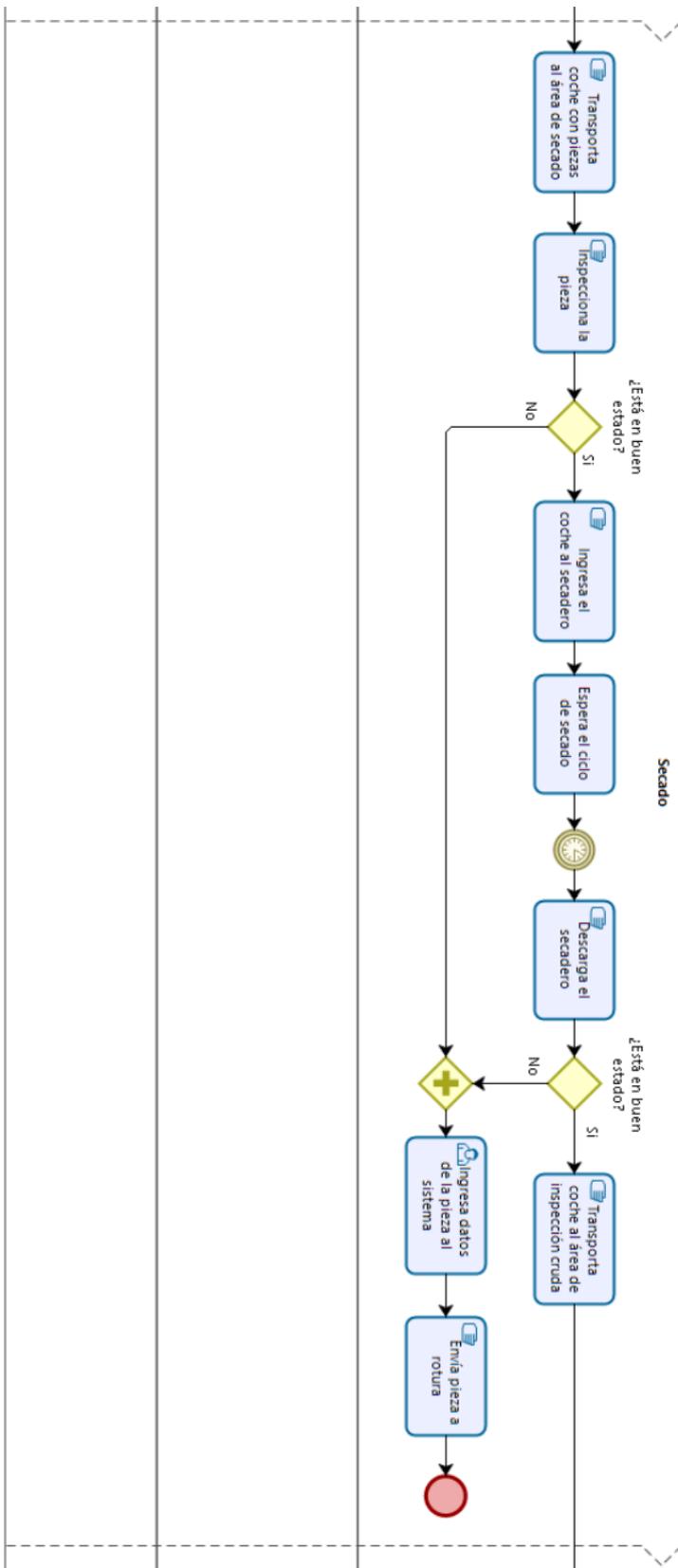
Vacado

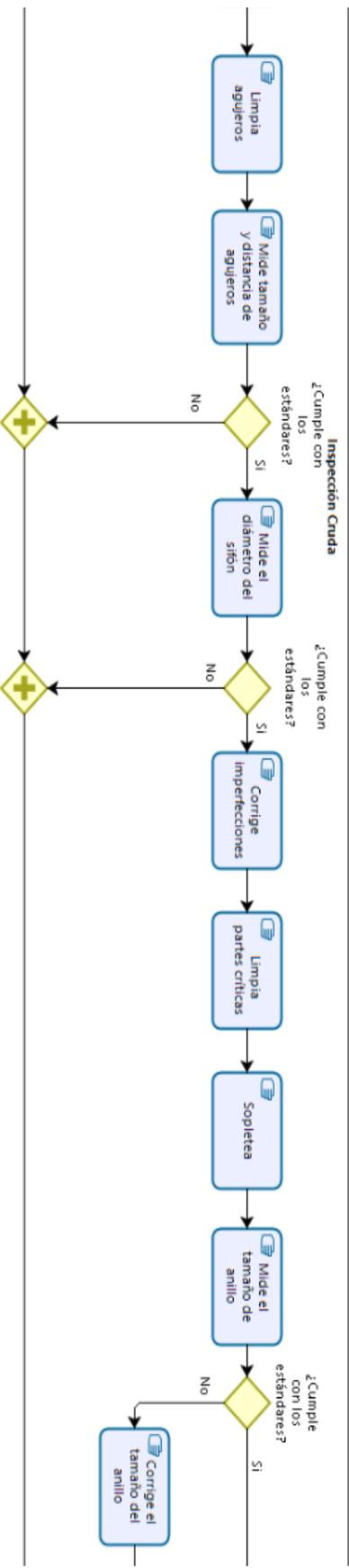


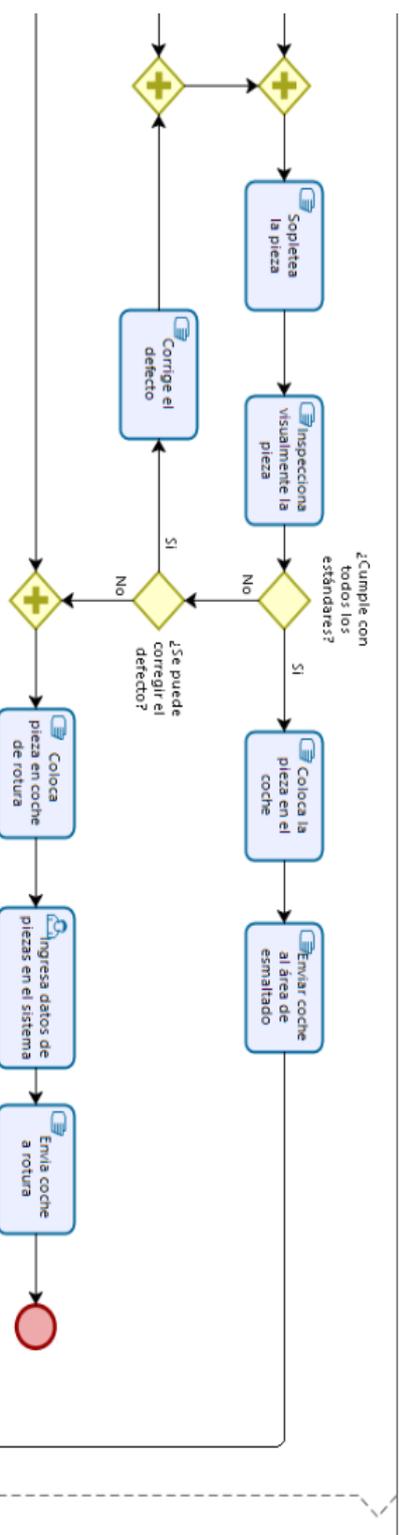




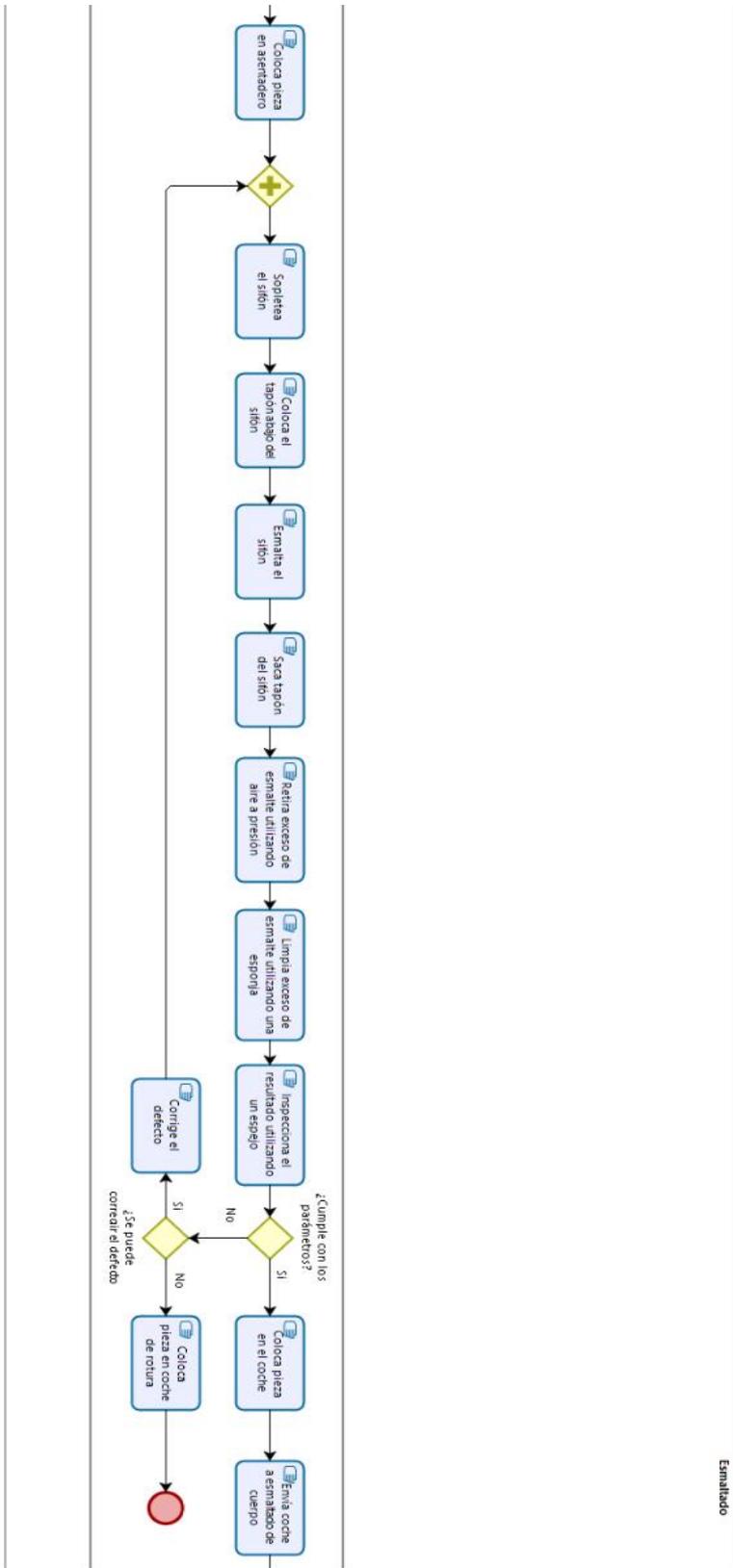
ANEXO 2: Flujograma del proceso de Secado

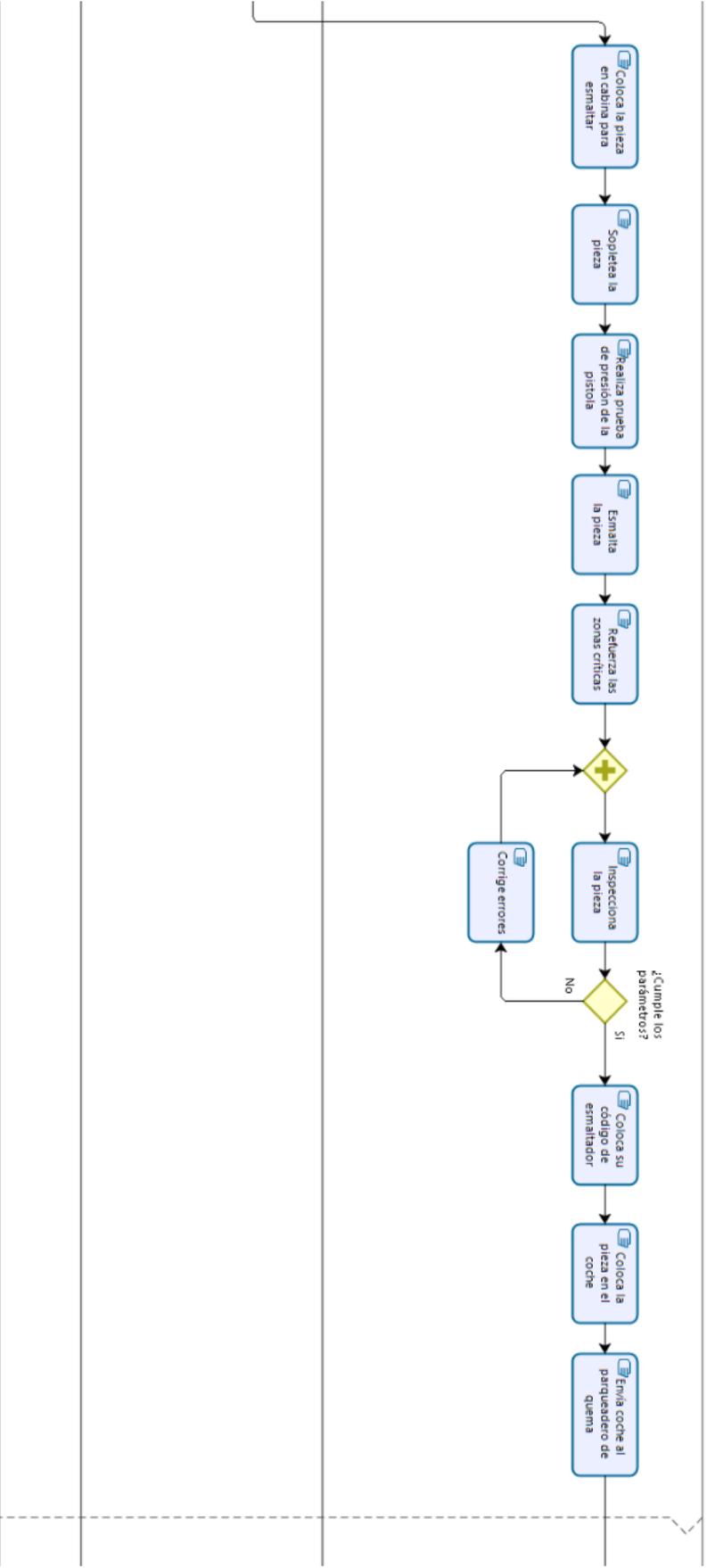
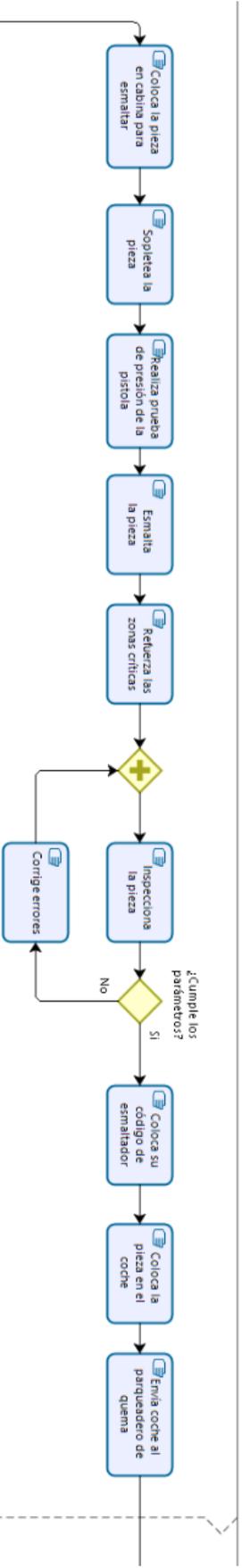




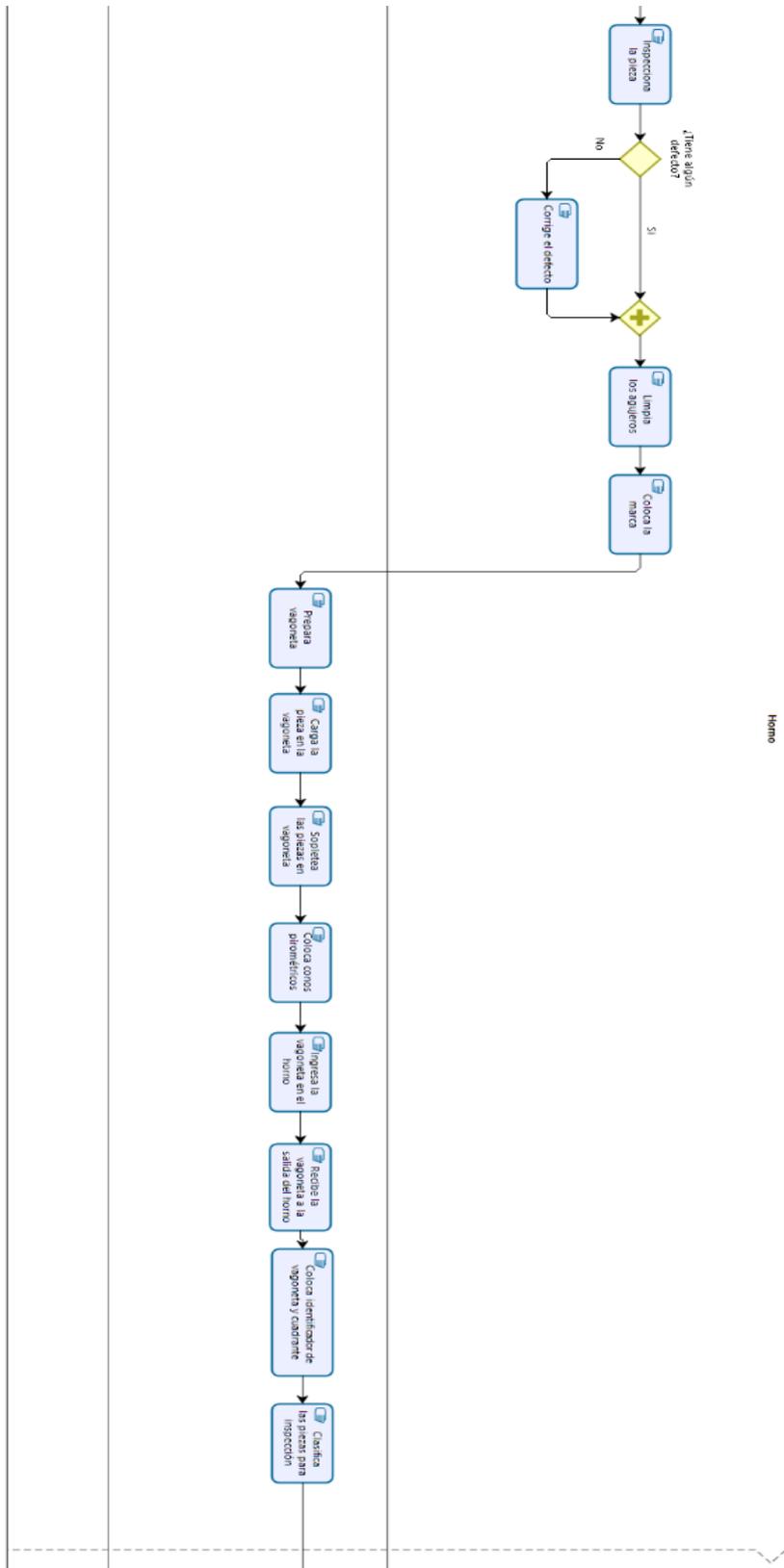


ANEXO 4: Flujograma del proceso de Esmaltado

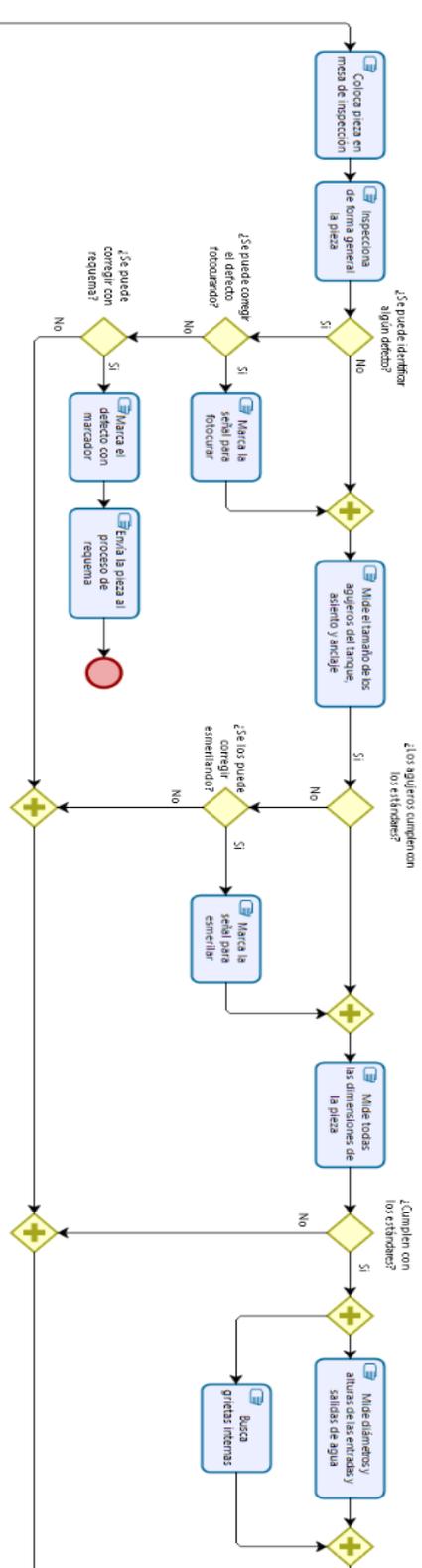


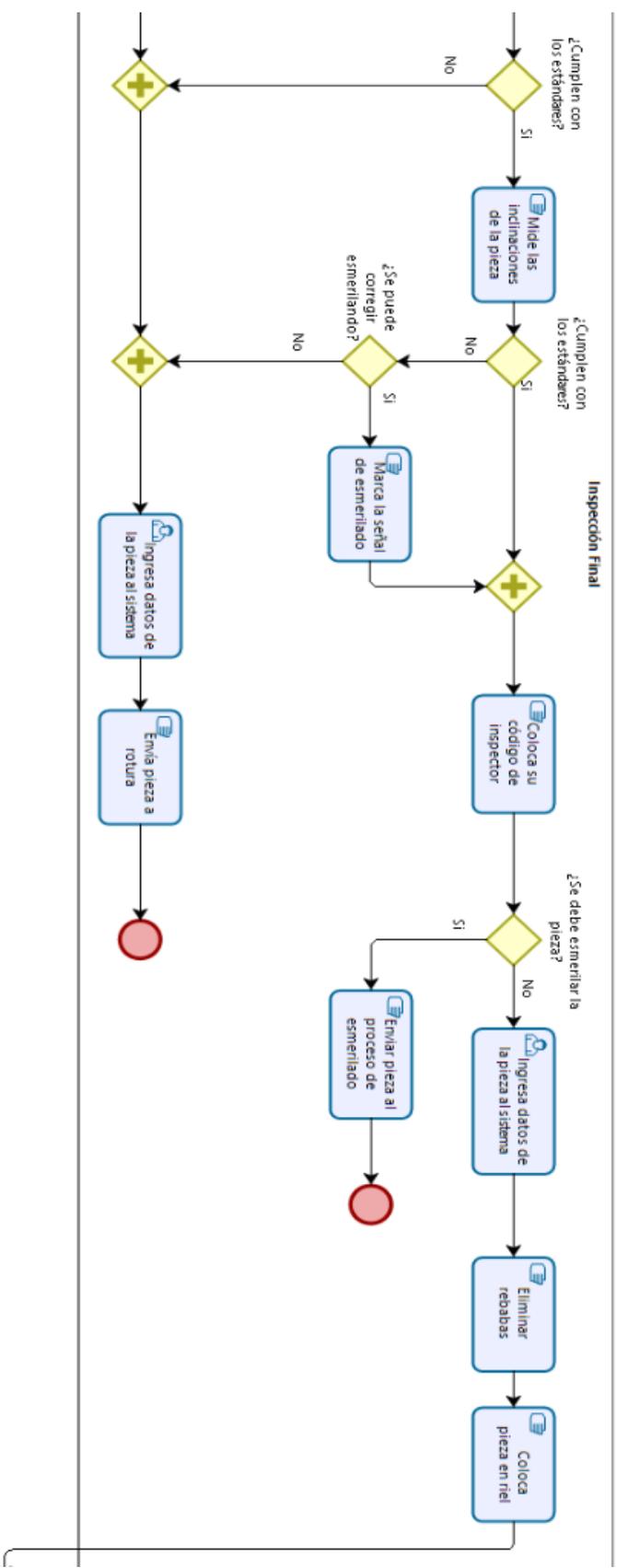


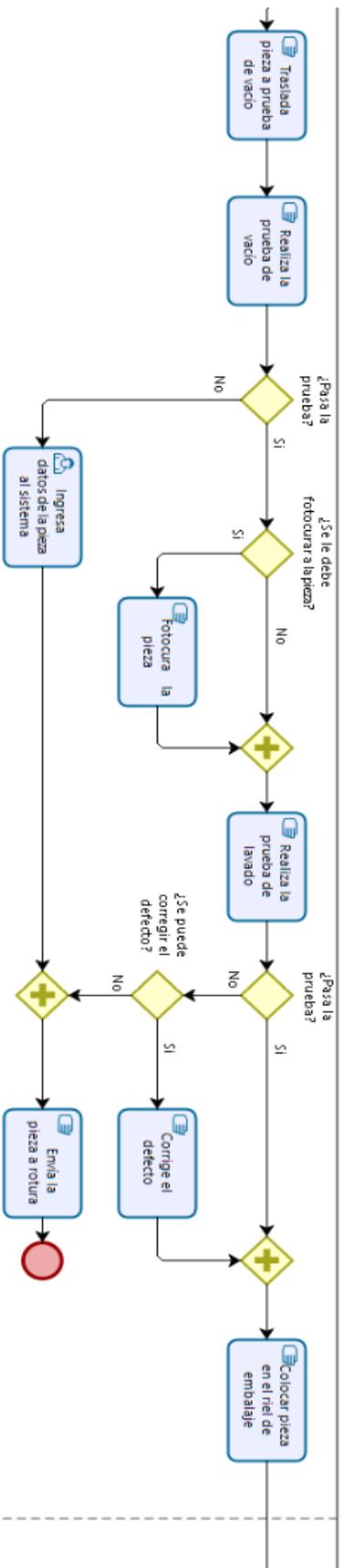
ANEXO 5. Flujograma del proceso de Horno



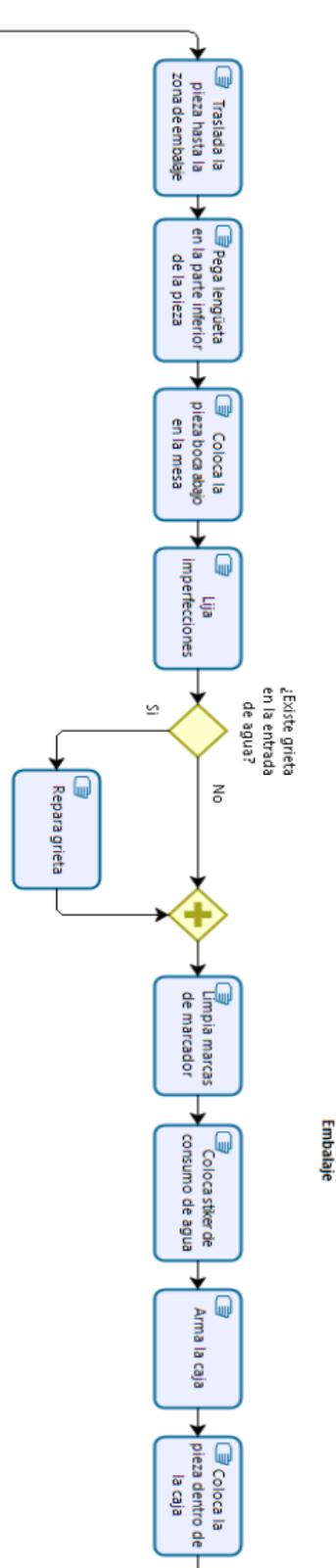
ANEXO 6. Flujograma del proceso de Inspección Final







ANEXO 7. Flujograma del proceso de Embalaje



Coloca etiqueta del modelo

Cierra la caja

Coloca fecha y código de embalador

Paletiza la pieza

Coloca hoja de ingreso a bodega

