

# Aplicación de ingeniería simultánea en la construcción de máquinas por parte de mipymes metalmecánicas del Ecuador

## Application of simultaneous engineering in the machines construction by Ecuador's metalmechanical mipymes

Msc. Víctor Alfonso Erazo Arteaga  
Universidad Técnica del Norte Ibarra / Ecuador  
vaerazo@utn.edu.ec

Msc. Cosme Damián Mejía Echeverría  
Universidad Técnica del Norte Ibarra / Ecuador  
cdmejia@utn.edu.ec

Msc. Fernando Vinicio Valencia Aguirre  
Universidad Técnica del Norte Ibarra / Ecuador  
fvalencia@utn.edu.ec

Msc. Diego Francisco Terán Pineda  
Universidad Técnica del Norte Ibarra / Ecuador  
dfteran@utn.edu.ec

Fecha Recepción: 30/08/17 - Fecha Aprobación: 19/12/17

**Resumen:** En el Ecuador las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) del sector metalmecánico que se dedican a la construcción de maquinaria para elaboración y empaque de productos poseen manufactura artesanal. La elevada tasa de importaciones de estos dispositivos demuestra la desconfianza que los consumidores tienen en el mercado local. Este documento plantea una metodología de diseño y fabricación que toma como principio la ingeniería simultánea y pretende demostrar los beneficios de implementar metodologías de diseño mediante la optimización de tiempos de fabricación. Se estudia el diseño y construcción de una máquina llenadora de gelatina. Analizando su funcionamiento, se plantean alternativas de solución y se resume la ingeniería de detalle. Se presentan los resultados de la ejecución de este sistema después de haberlo implementado durante 15 meses en una empresa metalmecánica que se dedica a esta actividad, llegando a concluir que los tiempos de fabricación se reducen en 32% como principal resultado.

**Palabras clave:** Ingeniería simultánea, ingeniería concurrente, diseño de máquinas, metodología de diseño

**Abstract:** In Ecuador, micro, small and medium-sized enterprises (MIPYMES) of the metal-mechanical sector that are dedicated to the construction of machinery for processing and packaging of products, have handmade manufacturing. The high rate of imports of these devices demonstrates the distrust that the consumers have in the local market. This document proposes a methodology of design and manufacturing that takes as a principle the simultaneous engineering, aims to demonstrate the benefits of implementing design methodologies through the optimization of manufacturing times. A case is studied about its design and construction of the filling machine of gelatin. Analyzing its operation, alternative solutions are proposed and the detailed engineering is summarized. The results of the execution of this system are presented, after having been implemented for 15 months in a metalworking company that is dedicated to this activity, concluding that the manufacturing times is reduced to 32% as the main result.

**Keywords:** Simultaneous engineering, concurrent engineering, machine design, design methodology

## 1. Introducción

La sustitución de importaciones es una de las medidas adoptadas por el gobierno del Ecuador para cambiar la matriz productiva, donde la industria metalmecánica es uno de los sectores prioritarios [1]. Un estudio sobre el mercado de maquinaria en Ecuador, realizado por la Oficina Económica y Comercial de la Embajada

de España, refiere que "el tamaño del mercado de la maquinaria en Ecuador es básicamente el tamaño de sus importaciones prácticamente no hay producción local" [2], hasta el año 2008 había 20 empresas fabricantes de máquinas, donde la mayoría tiene producción empírica [3]. Por ende, la falta de diseño, sumado a otros factores como el desconocimiento en automatización y procesos de manufactura, provoca el

fracaso del proyecto. Cuando esto sucede se genera desconfianza en los consumidores, reafirmando así el mito: "En Ecuador no se fabrican máquinas, se copian los productos que se elaboran fuera del país, o se adaptan partes estándar con el fin de satisfacer una necesidad" [4] por lo cual vale la pena invertir más, con el fin de recibir una máquina funcional [5].

El sector industrial ecuatoriano requiere mejorar sus procesos a través de la adquisición de maquinaria, pero no todas las empresas cuentan con el capital necesario para importar y está presente el riesgo de recibir máquinas que no cumplen con los requerimientos propios de cada empresa [6]. Se debe comprender que los fabricantes extranjeros han invertido tiempo y dinero en la investigación, llegando a desarrollar metodologías de construcción eficientes, que al producir continuamente durante algunos años, permiten visualizar errores que se corrigieron mediante un proceso de diseño. En cuanto a éste "no existen reglas fijas, aunque sí hay conocimientos y habilidades fundamentales que deben formar parte del método elegido" [7].

Por esta razón, en varias universidades del Ecuador se está utilizando el libro "Diseño concurrente" publicado por Carles Riba en el año 2002, como si fuese una metodología de diseño secuencial [8], [9], [10], [11], este texto enfatiza las etapas del proceso de diseño dadas por las normas de la Asociación de Ingenieros Alemanes: metodología de diseño, desarrollo metodológico y principios de solución (VDI 2222) y enfoque para el desarrollo, diseño de instalaciones técnicas y productos (VDI 2221). Así, utiliza su nomenclatura para definir la funcionalidad de una máquina, proporciona ayudas conceptuales sobre el ciclo de vida del producto, la casa de la calidad y plantea un sistema de solución por criterios ponderados [12]. De forma secuencial, esta metodología resulta ineficiente en MIPYMES que deben fabricar en tiempos cortos (4 meses como promedio) máquinas únicas que se adapten a las necesidades de cada cliente.

La inexistencia de herramientas para la gestión en estas metalmecánicas ecuatorianas crea la necesidad de plantear metodologías para incrementar la productividad y permitir su crecimiento [13] [14]. Para evitar errores y reducir los tiempos de fabricación se propone una metodología de diseño y construcción basada en ingeniería simultánea, se adoptan las etapas:

Requerimientos del cliente, definición de funcionalidad y búsqueda de soluciones, planteadas en las normas VDI 2222 y 2221 [15] [16]. Esto permite la división del problema y adicionar una solución mediante la aplicación del diseño asistido por computador (CAD) [17], [18].

Varios investigadores han abordado el tema, sin embargo, sus propuestas no se han implementado dentro de un modelo de negocio tan particular, como son las pequeñas y medianas empresas metalmecánicas [19] [20] [21] [18]. La única propuesta similar que se ha encontrado es una "Metodología para mejorar la ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente", trabajo que realizó su validación en una empresa del sector metalmecánico de Barranquilla. Se trata de una guía para abordar la implementación de la Ingeniería Concurrente (IC) en las PYMES y busca la mejora en aspectos de costos, calidad y tiempo de respuesta [22]. Aunque en los resultados presentados no se brinda datos concretos sobre los logros alcanzados ni la actividad puntual de la empresa donde se implementó.

## 2. Área de Estudio

Una PYME metalmecánica ubicada en Sangolquí Ecuador, enfocada en brindar oportunidades de mejora y soluciones a la producción industrial a través de la implementación de maquinaria industrial, así como la automatización de procesos. Diseña y fabrica máquinas que se ajustan a las necesidades de los clientes, tanto en productividad como en costos, mediante un servicio integral, desde el diseño hasta la puesta en marcha.

## 3. Metodología

La ingeniería simultánea es una herramienta que dirige a un equipo de trabajo multidisciplinario hacia la optimización del diseño y la anulación de errores en la fabricación. Para asegurar la calidad se enfoca en un producto completamente definido por el cliente, para traducir sus necesidades a términos de ingeniería de detalle utiliza varias técnicas como el despliegue de la función calidad (QFD), ingeniería asistida por computador (CAE) y diseño para la manufactura y ensamble (DFMA) [23]. El proceso depende de la flexibilidad del sistema de producción y la disponibilidad de materiales, ambos se determinan

principalmente con las decisiones tomadas durante el diseño. Cuando se decida seguir adelante con la idea de un nuevo producto se debería hacerlo a partir de bases sólidas, por lo cual se requiere poner el proceso dentro un contexto más amplio de investigación e innovación tecnológica, para esto las empresas han de contar con procesos formales para administrar el diseño y designar diversos nombres a las fases del proceso [24], con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información con respecto a las características del producto, normas técnicas que intervienen y máquinas que realizan funciones similares.

La metodología propuesta introduce la investigación de principio a fin, mediante reuniones de trabajo se obtiene e interpreta los requerimientos del cliente, cuando las dos partes están conformes se firma un contrato en el que consta las características de la maquina a construir y que garantice la continuidad del proyecto, se considera que esta etapa se encuentra en el 75%. Mediante herramientas CAD se modelan

las diferentes piezas que brindarán solución a los requisitos, al mismo tiempo se lleva a cabo los cálculos y simulaciones necesarias para garantizar la resistencia del mecanismo, cuando se ha obtenido el diseño de un conjunto de partes (alrededor del 25%) se imprimen planos, se realiza la compra de materiales y se inicia el proceso de fabricación, como se indica la Figura 1 el proceso avanzará bajo la misma metodología hasta completar el 100% de todas las etapas.

Para que esta metodología funcione todo el equipo de trabajo ha de estar comprometido y deberá conocer sus funciones específicas dentro del área productiva [23], para lo cual se implementó la estructura organizacional mostrada en la Figura 2.

La ventaja de esta propuesta radica en realizar varias actividades en paralelo y omitir aquellas consideradas innecesarias. Como se observa en la Tabla 1 esto es evidente en las primeras etapas del proceso.

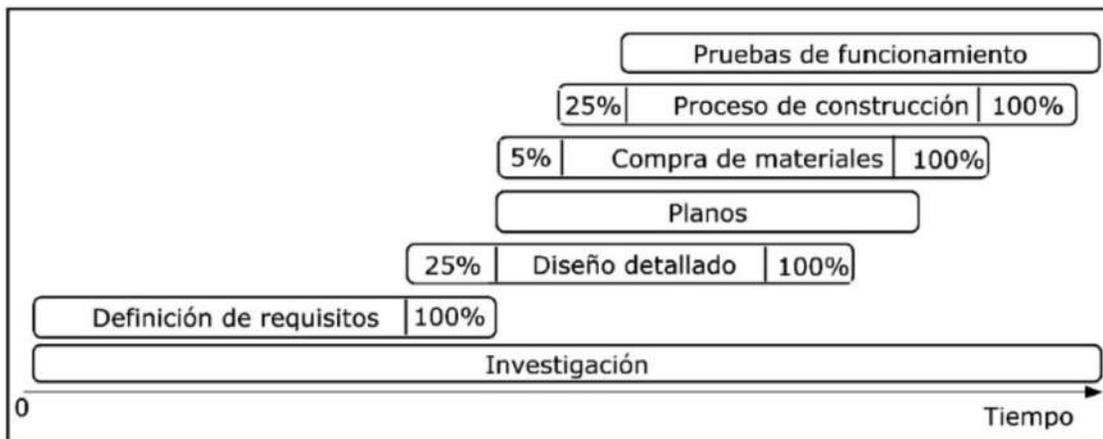


Figura 1. Metodología propuesta

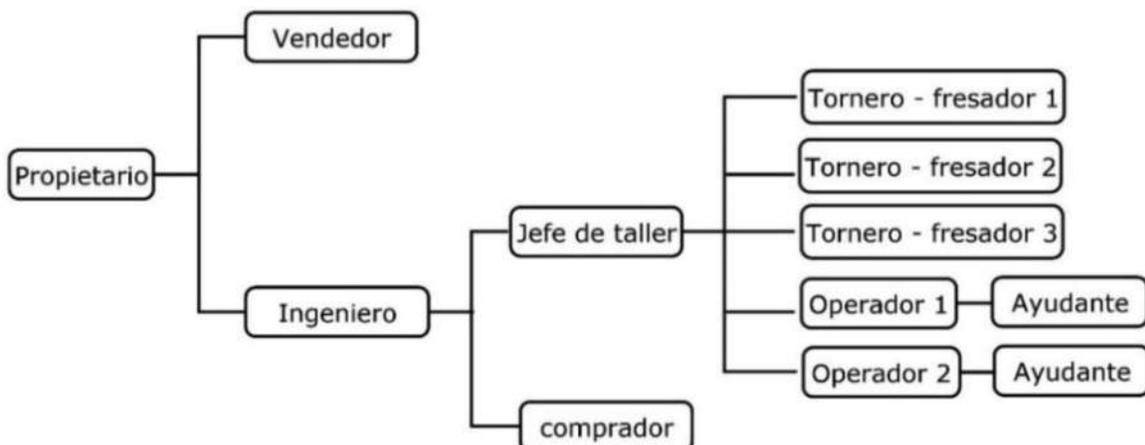


Figura 2. Estructura Organizacional

**Tabla 1.** Comparación de actividades entre metodologías

METODOLOGÍA SECUENCIAL		METODOLOGÍA PROPUESTA	
ETAPAS	ACTIVIDADES	ETAPAS	ACTIVIDADES
Definición de requisitos	1. Aplicación de encuestas. 2. Análisis QFD. 3. Determinación de requisitos.	Definición de requisitos y alternativas de solución	. Reuniones de trabajo
Alternativas de solución	1. Determinar funciones. 2. Agrupar funciones similares (módulos). 3. Brindar tres soluciones para cada función. 4. Realizar diseño tentativo para cada función. 5. Combinar las posibles soluciones. 6. Determinar la prioridad de la solución. 7. Determinar solución idónea.	Diseño detallado	1. Determinar módulos. 2. Brindar solución CAD para cada módulo.

### 3.1. Definición de requisitos

Esta fase se lleva a cabo en tres o cuatro reuniones como máximo. El vendedor es un mediador entre las dos empresas, por lo cual no realiza recomendación alguna o brinda solución al problema, se limita a recopilar las necesidades del cliente, habla con los operadores y realiza preguntas sobre el proceso productivo. En la empresa constructora se reúnen el vendedor, el ingeniero, el jefe de taller, el comprador y el propietario (opcional) para transformar cada uno de los deseos del cliente en datos técnicos, los cuales deben ser medibles desde el punto de vista ingenieril. Se revisan equipos fabricados por empresas competidoras y se analizan sus diferentes mecanismos desde el punto de vista constructivo, se ha de colocar énfasis en la utilización de materiales estandarizados de fácil adquisición en el mercado nacional y el manejo de procesos de manufactura presentes en la planta.

La Tabla 2 muestra como ejemplo un documento donde se detallan los acuerdos alcanzados para la construcción de una máquina llenadora de vasos de gelatina. En la columna de características se enlista la voz del cliente, las soluciones se colocarán en la columna de especificaciones técnicas.

En la tercera reunión se expondrá al cliente las diferentes soluciones tecnológicas a construir y se afinan detalles no tratados en reuniones anteriores, cuando las dos partes están de acuerdo el documento es firmado [15] y quedará como constancia de los alcances del proyecto a la firma del contrato.

### 3.2. Diseño detallado y materiales

Con las especificaciones técnicas el ingeniero desglosa toda la tarea en sub-problemas [15], el objetivo es detallar todo el funcionamiento de la máquina

**Tabla 2.** Características y especificaciones de la máquina a construir

<b>Empresa constructora</b>			
<b>Empresa cliente:</b>			
<b>Contacto:</b>		<b>Cargo:</b>	
<b>Proyecto:</b>			
<b>Vendedor a cargo:</b>			<b>Revisión numero:</b>
<b>Diseñador a cargo:</b>			<b>Fecha revisión:</b>
<b>Jefe de taller:</b>			<b>Fecha inicial:</b>
<b>Características</b>	<b>Propone</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>
Para vasos de 200, 125 y 55 gramos	C	E	Mecanismo de altura regulable de 0 a 150 mm
Vasos de Polipropileno	C	E	Temperatura de sellado, máximo 120° C
30 vasos por minuto	C	E	Dosificación de dos boquillas independientes de 50 a 200 ml
Que sea rotativa	C	E	Mecanismo divisor de 8 posiciones
Que coloque foil	C	E	Absorción de foil mediante vacío y giro de 90°
Que selle foil	C	E	Controlador de temperatura PID y control de presión con válvula FRL
Que coloque tapa	C	E	Absorción de tapa mediante vacío y giro de 90°
Espacio para colocar cuchara	C+I	D	Espacio libre
Que cumpla con las BPM	C+I	E	Construir en acero inoxidable AISI 304. Soldadura lisa, libre de fisuras, incrustaciones y estrías. Rugosidad no mayor de 1,0 µm. Ángulos de 90° máximo y radios de 3 mm como mínimo.
Barato	C	E	Instrumentación de bajo costo
Fácil de usar	C	D	Sistema HMI y controlador lógico programable
Fácil mantenimiento	C+I	D	Disponibilidad de instrumentación
220 V	I	D	Energía
Neumática	I	D	
E= Exigencia; D= Deseo C= Cliente; I= Ingeniería			

tomando en cuenta los materiales, energías y señales que intervienen en cada una de sus funciones [12]. Al agrupamiento de funciones similares se denomina modos, la Figura 3 muestra el análisis realizado para la máquina llenadora de gelatina.

Sin orden específico se dibuja en 3D cada uno de los módulos, para lo cual el desarrollo en software CAD y

la aplicación del CAE facilitan el trabajo, sin embargo, se debe colocar énfasis en que el software es una herramienta, las ventajas y limitaciones del mismo no son excusa para omitir detalles o procedimientos, el diseñador se ha de enfocar solamente en los problemas que se presenten al modelar una solución específica y ha de tomar en cuenta hasta el mínimo detalle [23]. "Todo el trabajo invertido en el diseño es un desperdicio si el

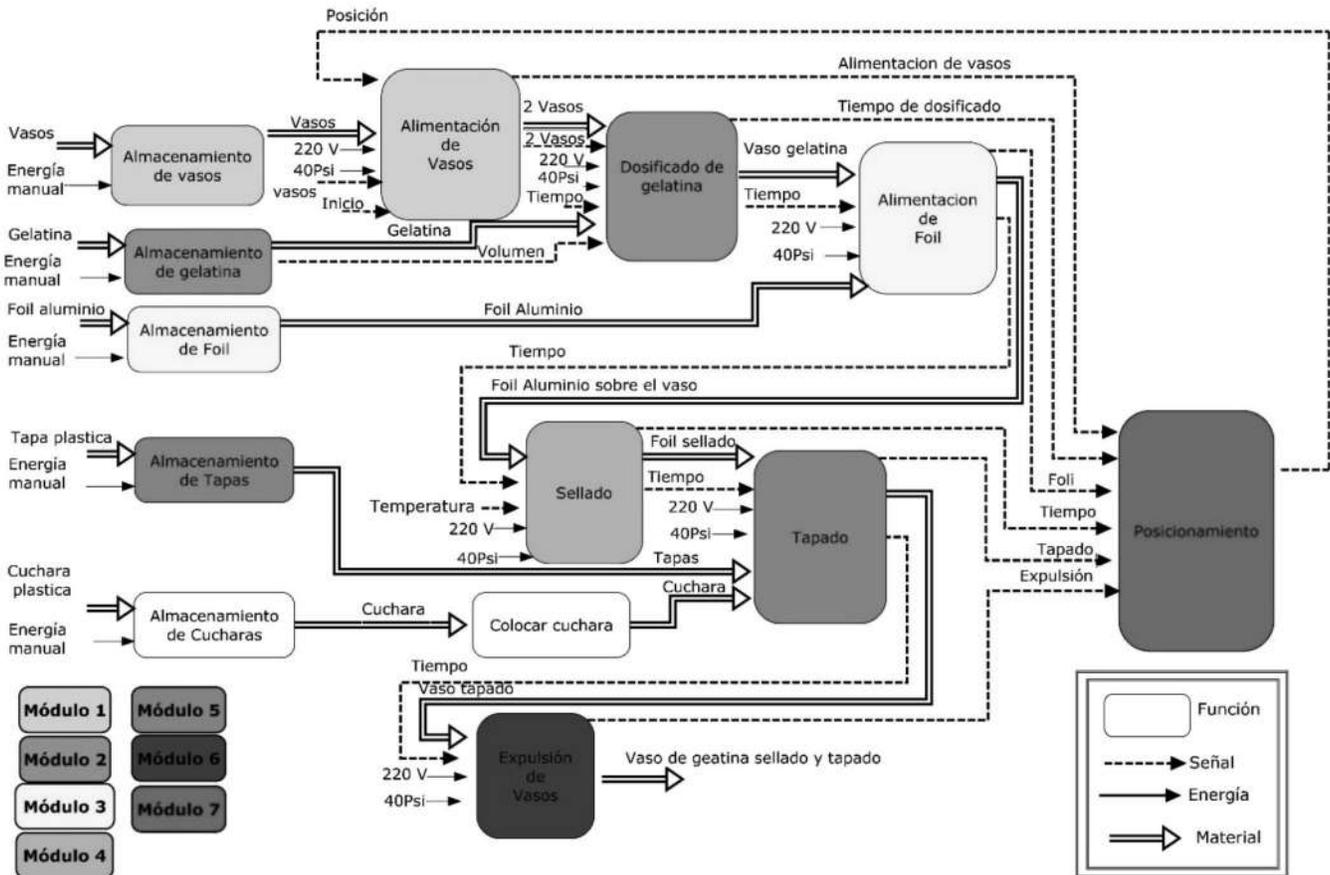


Figura 3: Análisis funcional

ingeniero ignoró la factibilidad de manufacturarlo. Hay que tener cuidado en comprometerse con una parte que no puede manufacturarse de manera rentable [25].”

En otras palabras, al diseñar para la manufactura, cada vez que se genere un mecanismo, se ha de tener que pensar en:

¿Las piezas que estoy diseñando son de fácil construcción?

¿Su función requiere una forma tan compleja?

¿Poseo la maquinaria necesaria para construir las piezas?

¿Poseo el espacio físico necesario?

¿He trabajado antes con estos materiales y conozco sus características?

¿Existe disponibilidad en el mercado local de los materiales e instrumentación a utilizar?

Se vuelve evidente que el personal de diseño debe poseer conocimientos sobre métodos de fabricación y el mercado nacional, por lo cual ha de mantener estrecha relación con el área de producción y compras [26]. En la metodología presentada todo diseño debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Todo elemento estándar se debe poder encontrar en al menos tres proveedores locales.
- Las piezas se realizarán mediante taladrado, fresado y torneado.
- Los mecanismos serán concebidos para desmontarse en su totalidad.
- Por ningún motivo se realizarán modificaciones a elementos estándar como motores, cilindros neumáticos, hidráulicos, válvulas y similares.
- Las piezas de acero al carbono se unirán mediante soldadura SMAW.
- Las piezas de acero inoxidable se unirán mediante soldadura GTAW.
- Cubiertas y tapas en chapa metálica serán plegadas en mínimo 1.5 mm de espesor.
- Piezas cilíndricas en chapa metálica serán roladas en mínimo 1.5 mm de espesor.

- Cualquier diseño se planificará con el material existente en planta.

### 3.3. Planos

Los planos no son un requisito o un formalismo, éstos son el reflejo de todo el trabajo realizado en el proceso de diseño. Por lo cual su realización es tan importante como el diseño mismo, ya que brindan toda la información necesaria para la adquisición de materiales, instrumentos, construcción de partes y ensamblaje de las máquinas. El diseñador detallará de forma clara y sencilla cada parte que conforma el diseño. Esto se logra respetando los estándares que rigen el dibujo técnico mecánico.

La correcta utilización de cortes, secciones, vistas y sistemas de acotación no basta. Se debe elaborar cada plano desde el punto de vista del operador, llevar el orden y la administración de los mismos desde el punto de vista ingenieril. Siguiendo las recomendaciones de [27] se crea un sistema de identificación que a su vez recoge los consejos que establece el Código de Dibujo Técnico Mecánico INEN, para lo cual se han clasificado los productos a elaborar según se muestra en la Figura 4.

A partir de esto se puede generar un código único para cada proyecto y sirve como índice para la administración de sus componentes. El código a utilizar en el proyecto se muestra en la Figura 5.

Al agregar un cero después del último dígito indica conjunto principal para el caso de partes construidas, el código hará referencia al conjunto o sub-conjunto

al que pertenece. La Tabla 3 muestra el significado del código y su estructuración.



Figura 5. Código base.

Tabla 3. Codificación por tipo de plano

Código	Significado
EM16-LI-P1	Primera máquina llenadora de pastosos del año 2016 fabricada en la empresa.
EM16-LI-P1-00	Conjunto general de la máquina
EM16-LI-P1-0001	Pieza 1 perteneciente al conjunto general.
EM16-LI-P1-0002	Pieza 2 perteneciente al conjunto general.
EM16-LI-P1-01	Subconjunto 1 de la máquina
EM16-LI-P1-0101	Pieza 1 perteneciente al subconjunto 1.
EM16-LI-P1-0102	Pieza 2 perteneciente al subconjunto 1.

### 3.4. Proceso de construcción

Con los lineamientos mencionados en el apartado anterior se diseñaron inicialmente los módulos 1,2 y 7, se incorporaron los cálculos necesarios para

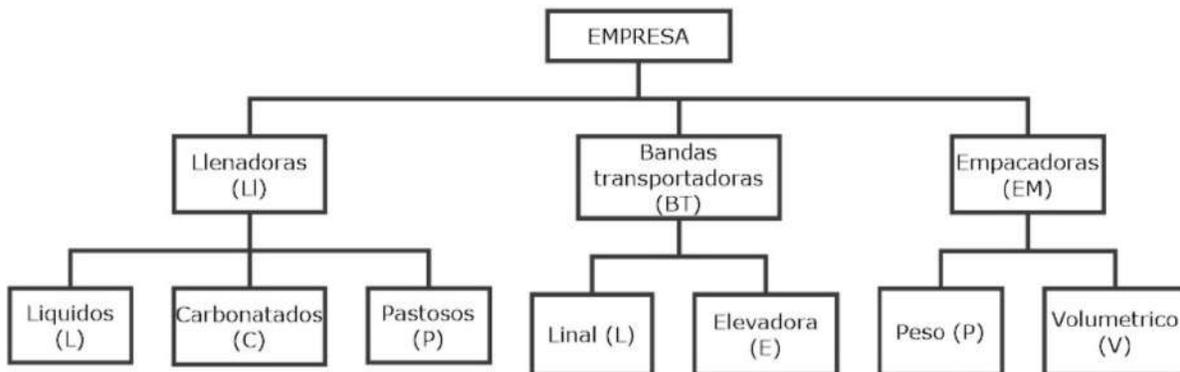


Figura 4: Clasificación jerárquica de productos

su validación. Al obtener resultados favorables se procedió a la etapa de construcción. La Tabla 4 muestra la asignación de piezas a los operadores.

El jefe de taller verifica cada una de las piezas que se han construido, lidera el ensamble y realiza las pruebas de funcionamiento de cada módulo.

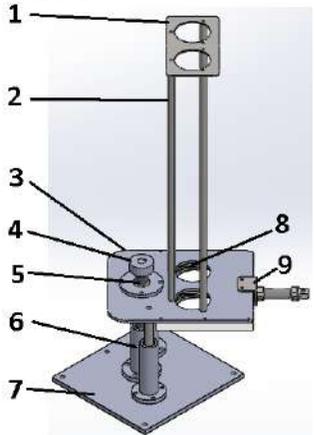
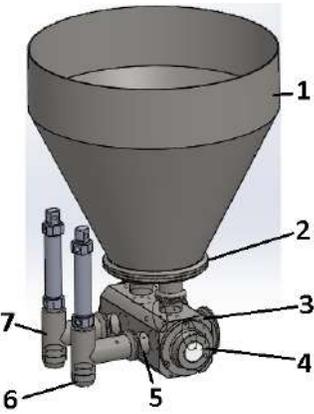
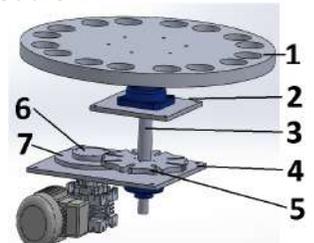
Mientras se lleva a cabo la construcción de esta primera etapa el diseñador continua trabajando en los módulos restantes. Cada vez que obtenga el diseño de un módulo lo entregará al área de producción con la

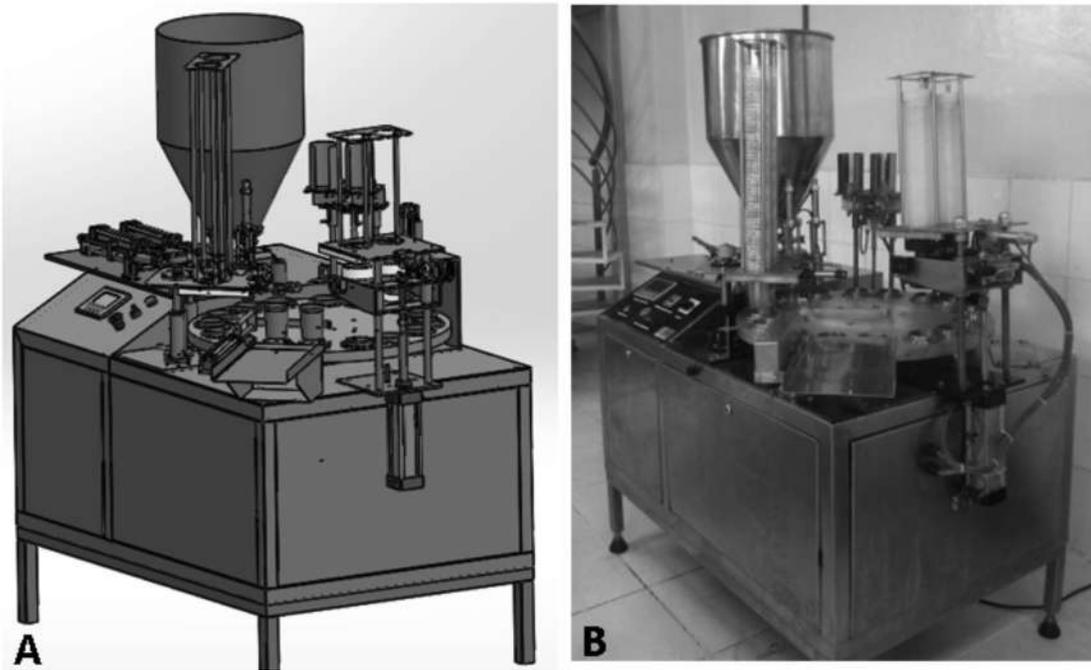
finalidad de no detener el trabajo. Bajo este concepto se completó el diseño de la máquina llenadora de gelatina, la cual se puede observar en la Figura 6.

#### 4. Resultados

La empresa realizaba una construcción lineal y empírica (se construye una pieza que encaje en una previamente adquirida sin realizar diseño alguno), con la propuesta se realiza el diseño de cada parte, tomando en cuenta el método constructivo y se realiza simulación de esfuerzos, lo cual produjo la reducción

**Tabla 4.** Características y especificaciones de la máquina a construir.

Modulo	Descripción	Partes Principales	Responsables
<p><b>Módulo 1</b></p> 	<p>Altura del vaso regulable mediante un eje roscado y perilla. En el interior del sistema caben 150 vasos.</p> <p>El sistema de alimentación aprovecha el cuello que posee el vaso. Está constituido por dos placas dispuestas a manera de escalones. Éstas se mueven a lo largo de una corredera impulsadas por un cilindro neumático. Al hacer esto un solo vaso cae mientras los demás son detenidos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Placa superior</li> <li>2. Ejes columna</li> <li>3. Placa inferior</li> <li>4. Perilla</li> <li>5. Eje roscado</li> <li>6. Bases guía</li> <li>7. Placa soporte</li> <li>8. Placas de retención</li> <li>9. Soporte actuador</li> </ol>	<p>Operador 1                      Tornero 1                      Operador 1                      Tornero 1                      Tornero 1                      Tornero 2                      Operador 1                      Operador 1                      Operador 1</p>
<p><b>Módulo 2</b></p> 	<p>Sistema de dosificado por gravedad y tiempo. Tolva de 60 litros desmontable. Boquillas de control independiente mediante aire comprimido.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tolva</li> <li>2. Tapa ferrule</li> <li>3. Cabezal</li> <li>4. Tapa lateral</li> <li>5. Junta boquilla</li> <li>6. Punta boquilla</li> <li>7. Boquilla</li> </ol>	<p>Operador 2                      Operador 2                      Tornero 2                      Tornero 3                      Tornero 2                      Tornero 2                      Tornero 2</p>
<p><b>Módulo 7</b></p> 	<p>Mecanismo divisor de ocho posiciones impulsado por un motor trifásico. El disco donde se alojarán los vasos tiene dos perforaciones para cada división.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disco</li> <li>2. Placa de apoyo</li> <li>3. Eje motriz</li> <li>4. Placa base</li> <li>5. Cruz</li> <li>6. Trinquete</li> <li>7. Disco motriz</li> </ol>	<p>Tornero 3                      Operador 1                      Tornero 1                      Operador 2                      Tornero 3                      Tornero 3                      Tornero 2</p>



**Figura 6:** Dosificadora de gelatina: A) Diseño completo. B) Máquina construida

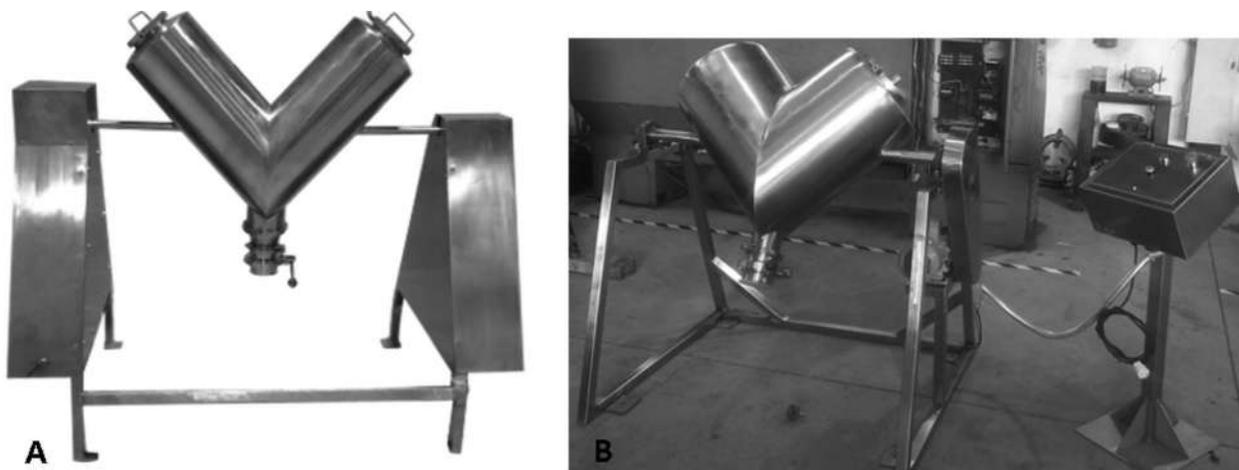
de chatarra. Estos desperdicios generados eran comercializados una vez por semana y se estima que este valor ascendía a 2880 dólares al año.

Con la implementación la venta se redujo a cada 3 meses, dando como total 240 dólares anuales. Anteriormente para realizar el mantenimiento correctivo de los equipos realizados el operador debía movilizarse 3 veces hasta el lugar de funcionamiento del equipo (extraer, fabricar y colocar una pieza rota).

Mediante la codificación de los planos se puede identificar cada parte que compone la máquina permitiendo su fabricación o adquisición de manera

rápida, reduciendo el traslado a una sola vez. Como se muestra en la Tabla 5 se redujeron los tiempos de fabricación. La comparación mostrada se realiza entre el tiempo de fabricación de máquinas con similares características (esto se debe a que no se producen máquinas 100% iguales) que se manufacturaron sin la metodología.

Al planificar todo el proceso de construcción existe una evidente mejora en la calidad y apariencia de los equipos, la Figura 7 muestra la comparación entre mezcladores tipo V que se realizaron con la metodología y sin ella.



**Figura 7:** Mezclador Tipo V: A) Construcción sin metodología. B) Construcción con metodología

**Tabla 5.** Comparación de la producción obtenida

Sin metodología		Con metodología		Reducción
Máquina	Días laborables	Máquina	Días laborables	%
Marmita a gas 200 litros	88	Tanque doble chaqueta 250 litros	69	21
Banda transportadora 12 m	83	Banda transportadora 17m	61	26
Atemperador de chocolate 200 litros	91	Marmita doble chaqueta 250 litros	66	27
Bandas transportadoras 10 m	74	Bandas transportadoras 8 m	58	21
Elevador 45 grados 1,2 m	59	Elevador regulable de 60 grados	46	23
Lavador de fruta	64	Lavador de fruta por inmersión	33	48
Banda tipo L	64	Banda curva 90 grados	26	58
Llenadora rotativa de polvo	116	Llenadora rotativa de gelatina	86	25
Mezclador tipo V 35 Kg.	59	Mezclador tipo V 55 Kg.	37	37

La Tabla 6 muestra otras máquinas construidas bajo esta metodología y se puede observar que los tiempos de fabricación son similares.

**Tabla 6.** Otras máquinas construidas

Máquina	Días laborables
Banda, mesa de clasificación	24
Banda, mesa de clasificación en T	26
Tanque agitador y mezcla	59
Tanque enfriador	59
Llenadora de galones	123
Llenadora de mentol	72
Banda transportadora 20 m	65
Tapadora de frascos	37

## 5. Discusión y Conclusiones

Si bien es cierto, mientras mayor modularidad tiene un equipo mayor tiempo de desarrollo requiere, este tiempo se ve compensado al empezar la construcción antes de culminar el diseño total. Aunque otros autores han sugerido un traslape de actividades para hacer más ágil la fabricación esta metodología suprime varias acciones a realizar (como se indica en la Tabla 1), ya que al no tratarse de una producción en serie no se puede hablar de equipos específicos, por lo cual en las etapas iniciales es necesario reajustar el procedimiento (adaptar la metodología a la planta y no al revés),

para esto es necesario el compromiso de todos los miembros del equipo de trabajo, comenzado desde los directivos de la empresa hasta los operadores. En comparación con la propuesta realizada por [22], las dos metodologías coinciden en la necesidad de realizar varias actividades en paralelo, estandarizar la información y, sobre todo, la influencia del cliente sobre el producto. La diferencia sustancial de las dos técnicas está centrada en las etapas y la forma en la que se han de ejecutar.

La implementación del diseño modular y la administración de los planos facilitan el mantenimiento. Al diseñar con materiales presentes en el mercado nacional y tomar en cuenta el método constructivo se garantiza el flujo de repuestos. Al ejecutar parte del diseño en paralelo con la construcción se reduce el tiempo de producción en 32% como promedio. Si en el diseño detallado se toman en cuenta los materiales presentes en planta y se implementa un sistema de control de los mismos, los costos por desperdicio disminuyen en 92%.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Transformación de la matriz productiva., Quito: SENPLADES, 2012.
- [2] A. Lozano Nieto, «El mercado de la maquinaria agroalimentaria en Ecuador,» Oficina Económica y

- Comercial de la Embajada de España en Quito , Quito, 2016.
- [3] D. Universo, «<http://www.eluniverso.com/noticias>,» 1 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/02/01/nota/2116706/quevedenos-hacen-maquinas-arrocetas-que-usan-peruanos>.
- [4] R. Moreno Alban, «Mecanización agraria en el Ecuador,» Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2012.
- [5] A. I. Potosí Espinoza, Proceso de importación de máquina pasteurizadora UHT para la empresa Nutrivital S.A desde Barcelona-España hacia Quito, Quito: UDLA, 2013.
- [6] Ekos, «Matriz Productiva,» EKOS, vol. 247, p. 74, 2014.
- [7] A. Altamar, «La Evolución de los Procesos de Diseño,» Arte & Diseño, Vol. 10, nº 2, pp. 44-48, 2012.
- [8] D. Corzo Ponce y M. Cuatín Estacio, «Diseño de una máquina semiautomática para la fabricación de adoquines y bloques,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [9] E. Viteri Álvarez, «Diseño y construcción de un sistema mecatrónico de reciclaje de botellas plásticas PET de hasta 500ml,» Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2014.
- [10] A. Sani Centeno y J. Toapanta Carrasco, «Diseño, construcción e implementación de una máquina envasadora y dosificadora de refrescos,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2015.
- [11] L. Arias Andrade y A. Taipicaña Guano, «Diseño y construcción de un prototipo automatizado de telar plano,» Universidad de las Fuerzas Armadas , Sangolqui, 2016.
- [12] C. Riba Romeva, Diseño Concurrente, Catalunya: ETSEIB -UPC, 2002.
- [13] W. D. Quezada Torres, G. D. Hernández Pérez y W. F. Quezada Moreno, «Modelo de Gestión Tecnológica para La intensificación de la Industria Metalmeccánica en el Ecuador: Una solución conceptual,» Latin American Journal of Business Management, pp. 219-241, 2017.
- [14] W. D. Quezada Torres, G. D. Hernández Pérez y F. W. Quezada Moreno, «Realidad de la industria metalmeccánica ecuatoriana: Cuestión de gestión, normas o informalidad,» Bucaramanga, 2016.
- [15] M. Kollnig y J. Sütterlin, Einführung in das methodische Arbeiten gemäß VDI 2222, karlsruhe: Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, 2016.
- [16] P. Farias, J. Aca, A. Molina y H. Maury, «Evolución de los metodos de proceso de diseño,» Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora , vol. 1, pp. 21-36, 2006.
- [17] J. Jänsch y H. Birkhofer, «The development of the guideline vdi 2221 -the change of direction,» de international design conference - design 2006, Dubrovnik, 2006.
- [18] M. Kumke, H. Watschke y T. Vietor, «A new methodological framework for design for additive manufacturing,» Virtual and Physical Prototyping, pp. 3-19, 2016.
- [19] K. Putu Dana, A. Dewanti y S. Muhammad Imam , «Concurrent engineering implementation assessment: A case study in an Indonesian manufacturing company,» Procedia Manufacturing, pp. 200-207, 2015.
- [20] Y. Zidane, B. Kjersti Stordal, A. Johansen y S. Van Raalte, «Barriers and challenges in employing of concurrent engineering,» Procedia Economics and Finance, pp. 494-501, 2015.
- [21] N. Bursac, A. Albers y T. Schmitt, «Model Based Systems Engineering in Modular Design – A Potential Analysis using Portal Type Scraper Reclaimers as an Example,» Procedia CIRP 50, pp. 802-808, 2016.
- [22] C. L. Amaya y A. C. Mendoza, «Metodología para mejorar la ingeniería de producto/proceso basada en ingeniería concurrente,» Ingeniería & Desarrollo, vol. 16, pp. 59-69, 2004.
- [23] C. González Gaya, R. Domingo Navas y M. Á. Sebastián Pérez, Técnicas de mejora de la calidad., Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2013.
- [24] S. R. Rosenthal, Diseño y desarrollo eficaces de nuevo producto, México, D. F.: McGRAW-HILL, 1998.

- [25] B. Want, «<http://www.thefabricator.com>,» 16 Noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.thefabricator.com/spanish/doblando-tubos-no-redondos>.
- [26] H. Maury Ramírez, E. E. Niebles Nuñez y J. Torres Salcedo , Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados, Barranquilla: Universidad del Norte, 2009.
- [27] ISO 7200, Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos., International Organization for Standardization, 2004.