

## **Integración de herramientas de planeación sistemáticas de diseño y enfoque Lean Thinking, en el desarrollo de un producto mediante la incorporación de funciones que agreguen valor aplicable a una empresa de Misiones, Argentina.**

Cohen, R.Saúl\*. Enriquez, H. Darío

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.  
Juan Manuel de Rosas 325, Oberá (3360), Misiones.  
saulcohen@fio.unam.edu.ar. [rsaulcohen@gmail.com](mailto:rsaulcohen@gmail.com).  
hdarioenriquez@hotmail.com.*

### **Resumen**

El mercado se encuentra cada vez más competitivo por lo que obliga a las empresas a mejorar sus métodos de desarrollo de productos y detectar eficazmente las necesidades de los clientes. Para atender a dichos problemas se propone como objetivo determinar aspectos metodológicos en el proceso de desarrollo de productos, mediante el estudio de caso en una empresa metal mecánica. El trabajo se centra en aplicar y comprender, las distintas herramientas metodológicas sistemáticas de diseño propuestas: Análisis Funcional, de Valor y Fast. En base a los resultados obtenidos de la investigación de mercado se detecta las necesidades y funciones de valor para poder priorizarlas y utilizar los datos en las fases de desarrollo del producto. Seguidamente se utiliza los datos obtenidos en las seis matrices (FVD) con el agregado del enfoque Lean Thinking con lo cual se determina funciones que aporten valor producto y desarrollar los servicios de post venta y garantía. En cuanto a la matriz de los procesos, se formula indicadores Lean y se prioriza para disminuir los desperdicios. Con el proceso implementado se obtuvo un prototipo virtual diseñado de acuerdo a características de calidad demandadas y las especificaciones de los procesos, recursos humanos e infraestructura.

**Palabras Claves:** *Diseño de productos; Herramientas Sistemáticas; QFD-FVD; Lean Thinking.*

### **Abstract**

The market is increasingly competitive, forcing companies to improve their product development methods and effectively detect customer needs. In order to address these problems, the objective is to determine methodological aspects in the product development process, through a case study in a metal mechanic company. The work focuses on applying and understanding the different proposed systematic methodological design tools: Functional, Value and Fast Analysis. Based on the results obtained from the market research, the needs and valuable functions are detected in order to prioritize them and use the data in the product development phases. Next, the data obtained in the six matrices (FVD) is used with the addition of the Lean Thinking approach, which determines functions that provide product value and develop post-sale and warranty services. Regarding the process matrix, Lean indicators are formulated and prioritized to reduce waste. With the implemented process, a virtual prototype designed according to the quality characteristics demanded and the specifications of the processes, human resources and infrastructure was obtained.

**Keywords:** *Design of products; Systematic tools; QFD-FVD; Lean Thinking.*

## Introducción

Se observó que existían problemas relacionados con las medianas y pequeñas empresas (Pymes) en relación a sus métodos de desarrollo de productos e investigación de mercado, lo cual nos conduce a proponer mejoras en base a las prioridades teniendo en cuenta la opinión de los clientes en sus aspectos de manufactura, en base a una mirada del pensamiento ágil (Lean Thinking).

A partir de allí se encontró interesante iniciar una línea de investigación para determinar un método que pudiera resolver esta situación y una futura implantación en base a los resultados obtenidos.

Se aplican herramientas sistemáticas de diseño, como ser: Análisis Diacrónico y Sincrónico del producto, Análisis Funcional, ingeniería de valor mediante la Técnica Sistemática de Análisis Funcional (Fast), desde el enfoque de Ingeniería Concurrente.

Mediante la investigación comercial, entre otros aspectos, se identifican las necesidades de los clientes, las oportunidades de nuevos productos y los segmentos del mercado. También se ocupa de la comunicación entre la compañía y sus clientes, establece los precios, los canales de comercialización, y del lanzamiento y promoción del producto por lo cual se aplican estos conceptos en conjunto con el plan de Marketing, análisis de los canales de distribución y logística inversa diseñando los servicios de post venta [1].

La realidad empresarial e industrial actual está signado por una creciente exigencia por parte de los clientes sobre los requisitos de calidad que deben cumplir los productos y los servicios.

Nos encontramos en un momento en que el mercado se encuentra cada vez más competitivo y el consumidor, más exigente. Es necesario, por lo tanto, que las empresas sepan cómo atender y monitorear las expectativas de sus clientes.

Por lo tanto, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Resulta de utilidad la aplicabilidad de las herramientas Sistemáticas de diseño bajo un enfoque Lean Thinking para definir, evaluar las funciones y atributos que agreguen valor de un nuevo producto y establecer planos de mejoría, para asegurar que las necesidades de los usuarios han sido entendidas para obtener una ventaja competitiva?

En Argentina esta situación es mucho más deficitaria, por no decir casi nula. Por contraparte es un espacio muy fértil tanto para la investigación como para el desarrollo de productos, particularmente en el caso planteado y partiendo de herramientas Sistemáticas de diseño, Ingeniería Concurrente, pensamiento creativo, pensamiento ágil (Lean Thinking), técnicas de marketing y las técnicas de manufactura.

Poder aplicarlas a un estudio de caso en una pequeña empresa ubicado en la ciudad de Posadas, Misiones. La empresa Aire Confort S. A. elabora, fabrica y realiza montajes de conductos de chapa galvanizada.

Se detectan necesidades en lo referente a ventilación mecánica mediante campanas de extracción para cocinas tanto domiciliarias como así industriales (cocinas de hoteles y hospitales etc.).

Se presenta una metodología de diseño de productos mediante la aplicación de los Métodos Sistemáticos [2] (métodos cuantitativos y cualitativos), mediante algunos de los siguientes Análisis: Funcional, de Valor, Fast, desde el enfoque de Ingeniería Concurrente. Estas técnicas serán aplicadas en base a los resultados de una investigación de mercado.

El siguiente paso es el diseño detallado del producto y de los procesos para lo cual se propone para su obtención, la utilización del método de Despliegue de la Función Calidad (QFD) y función de Calidad con Valor de Calidad (FVD) orientando todo el proceso de desarrollo hacia las expectativas del usuario.

Se determina un modelo conceptual de aplicación de las matrices QFD, con el agregado de dos matrices orientado al enfoque Lean (agregando valor a las funciones y optimizando los desperdicios en la matriz de procesos), se utiliza como base el modelo desarrollado por [3].

El Producto es un objeto utilitario (preconcebido y construido para satisfacer necesidades determinadas), de interés comercial, que responde a exigencias del mercado, vendible, para diferenciar, por ejemplo, de los objetos de arte. Es cualquier cosa ofrecida a un mercado para satisfacer una necesidad o deseo. Los productos son una de las claves de la oferta del mercado de una empresa, que incluye bienes y/o servicios. La oferta al mercado incluye además personas, lugares, organizaciones, información e ideas [4].

Un proceso para el desarrollo de un producto se describen [5], como un conjunto de disciplinas en él que se destaca la concurrencia del Diseño, el Marketing y la Manufactura, junto con otras funciones de negocios. De manera similar, [6] se destacan las mismas disciplinas clave y el trabajo interdisciplinario en un entorno de IC, junto con otras funciones de la empresa. El proceso propuesto por [1] consta de las siguientes etapas:

Planeación: Identificación de oportunidades de mercado, evaluar tecnologías, identificar capacidades y restricciones de producción, elaborar estrategia de la cadena de suministros, asignar recursos, etc.

Desarrollo del concepto: Se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan conceptos (descripción de forma, función y características del producto) alternativos, se seleccionan uno o más conceptos para desarrollo y pruebas.

nivel sistema: Incluye la definición de la arquitectura del producto y los subsistemas y componentes, planes iniciales del sistema de producción y el esquema de ensamble, análisis de fabricación versus compra, etc.

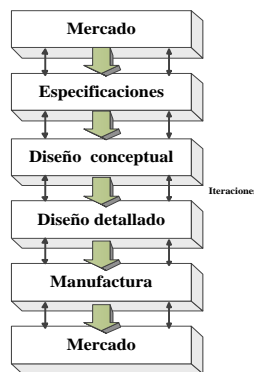
Diseño de detalle: especificación completa de la geometría, materiales, tolerancias, herramental, costos de producción, planes de proceso, de partes a manufacturarse y partes a ser adquiridas a proveedores, plan de mercadotecnia, aseguramiento de la calidad, etc.

Pruebas y refinamiento: construcción y evaluaciones de versiones de preproducción, pruebas de campo, promoción, plan de ventas, evaluación ambiental, etc.

Inicio de la producción: Capacitar al personal, colocar en el mercado la primera producción, evaluar resultados, iniciar la producción regular, revisión del proyecto.

Otro de los esquemas posibles se plantea a continuación [7]: en primer lugar deben determinarse las especificaciones generales del producto; en segundo lugar, realizar un análisis de viabilidad, si el producto se demuestra viable entonces tiene sentido hacer un diseño preliminar, para después continuar con el diseño detallado. Al mismo tiempo debe planificarse el diseño del proceso, que sería la siguiente etapa. Por último, en la fase de implantación generalmente hay que re-analizar tanto el producto como el proceso. Todas las fases están íntimamente relacionadas y, en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente.

Por lo tanto, el proceso de desarrollo del producto comienza con las expectativas del cliente y concluye con la salida hacia el mercado del producto terminado [8]. Entonces, el proceso consiste en traducir las expectativas del cliente en especificaciones internas de la empresa y transmitir fielmente dichas especificaciones a las distintas funciones implicadas. Este proceso se representa en la figura 1.



**Fig. 1. Proceso de diseño [1].**

Es necesario adoptar un enfoque práctico, que en las etapas de planeación del producto integre herramientas y técnicas que permitan incorporar las necesidades de los clientes. Es allí donde las herramientas sistemáticas (o analíticas) y QFD (Quality Function Deployment- Desdoblamiento de la Función Calidad) pueden aportar significativamente a los objetivos propuestos [6,9].

También se puede afirmar que es una herramienta que conduce el producto, integrándole valor, hasta posicionarlo en un nivel competitivo y de predilección por parte del cliente. Es un método para desplegar, antes del arranque de la producción, los puntos más importantes que garantizan la calidad en el diseño del producto, a lo largo de todo su proceso de desarrollo [10].

El presente trabajo tiene por objetivo presentar un caso de desarrollo de un producto en una empresa de la provincia de Misiones), utilizando herramientas sistemáticas de diseño y VFD, con un enfoque a al pensamiento Lean aplicado a las funciones que agreguen valor un análisis de valor de los procesos (VSM), y técnicas de marketing para la interpretación de las necesidades de los clientes. El trabajo fue realizado por como Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial distancia con la Universidad Internacional Iberoamericana - UNINI México (UNINI-MX).

En la siguiente sección se presentan brevemente los métodos sistemáticos utilizados; en el punto 3 se realiza un recorrido por el proceso de desarrollo del producto, comenzando por la definición del problema, la investigación de mercado, hasta llegar a la aplicación de los métodos y sus resultados; finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

## 2. Métodos sistemáticos de diseño con foco en funciones de valor

Los métodos de diseño son todos y cada uno de los procedimientos, técnicas, ayudas o "herramientas" para diseñar. Representan un número de clases distintas de actividades que el diseñador utiliza y combina en un proceso general de diseño. Algunos de los métodos que podemos mencionar tenemos: Análisis Funcional, Análisis FAST, Análisis de Valor, y QFD, en conjunto con herramientas de Lean manufacturing con lo cual se presenta el VFD que representa el desdoblamiento de las funciones de valor en el producto y en proceso.

Con la utilización de estas herramientas sistemáticas con enfoque Lean Thinking se pretende encontrar una propuesta de diseño acorde con los resultados obtenidos de una investigación de mercado previamente realizada.

## 2.1 Análisis Funcional, Fast y de Valor

El Análisis funcional es un método para analizar, desarrollar y describir una “estructura funcional”, que es un modelo del producto que va a ser desarrollado, en el que se establecen las funciones que ha de realizar el objeto, haciendo abstracción de los componentes físicos que las desarrollan [9].

El método FAST (Funcional Análisis System Technique) consiste en relacionar las funciones ligadas al producto y expresarlas en un diagrama. De esta manera ayuda a identificarlas y a conocer cual el papel que desempeñan sobre el producto [11]. El diagrama FAST muestra en una estructura lógica que describe la dimensión “como/por qué” se realiza cada función, determinándose un camino crítico de funciones que agregan más valor al producto y descartando las funciones innecesarias.

El Análisis de valor busca identificar y eliminar los costos inútiles de un producto [12]. La idea es aumentar el valor de los productos, suministrándolos a precios más bajos sin disminuir su calidad o fiabilidad. Se busca optimizar la relación Función/Costo, reduciendo o eliminando costos que no agreguen valor al objeto.

## 2.2. Despliegue de la Función Calidad (QFD)

El QFD es una herramienta que permite orientar el diseño del producto y los procesos necesarios para su obtención, hacia las expectativas del usuario [13, 14]. De acuerdo con esto, QFD puede utilizarse como soporte para todo el proceso de desarrollo de un producto, desde las fases iniciales de definir el producto y sus especificaciones, hasta el diseño del proceso de producción y el sistema de aseguramiento de la calidad [15].

Tradicionalmente, la metodología QFD se compone de cuatro fases, que despliegan los requerimientos de los usuarios, a lo largo de todo el proceso de planeación. Estas fases son [16,3]: 1) Matriz de planificación del producto, en la cual los requerimientos de los usuarios se traducen en requerimientos de ingeniería del producto; 2) Matriz de desarrollo de las partes o componentes, en la cual se relacionan los requerimientos de ingeniería del producto con las partes o componentes del producto; 3) Matriz de planificación del proceso, que permite desarrollar y seleccionar el proceso de producción; 4) Matriz de planificación de los recursos humanos y de infraestructura necesarios para la producción.

## 2.3 Enfoque Lean Thinking.

Otro de los puntos a desarrollar es el sistema Lean, el cual es un término genérico utilizado para describir los principios y métodos del Sistema de Producción de Toyota (TPS). Womack y Jones de acuerdo a [17], se describe el pensamiento Lean como el "antídoto" para la muda, el término japonés para los despilfarros, es decir todo aquello que el cliente no está dispuesto a pagar.

Se entiende por Lean Manufacturing, a la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio o muda de aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar [17].

Lean Manufacturing se define como una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos [18].

El valor, tal como lo definen el cliente y el usuario del producto, es la base del pensamiento Lean, así el desarrollo no proporciona ningún valor a menos que cumpla con las expectativas de estas partes interesadas [19].

## 2.4 Función Calidad de Valor (VFD): diferencias con el QFD.

La técnica de Función Calidad de Valor (VFD) de acuerdo a [19] es una adaptación del Despliegue de la Función Calidad (QFD), en la cual se aplica los principios Lean basados en la creación de valor y la reducción de desperdicios, introduciendo dos sub-matrices (M5 y M6, como se puede observar en la figura 2) teniendo en cuenta las demandas de funciones que agreguen valor.

El VFD se compone de dos matrices interconectadas, la identificación de la matriz de valor y la matriz de reducción de desperdicios. La primera captura, prioriza, y muestra la correlación entre todos los elementos de valor esperados por el proyecto y las partes interesadas. Además, se implementa los elementos de valor en las funciones de entrega de valor, calcula su criticidad, correlaciona las funciones a los equipos responsables de implementarlos y define los eventos que extraerán este valor de los equipos (definición de flujo). En cuanto a la matriz de reducción de desperdicios, se relaciona con la matriz de procesos y funciona como una sub- matriz de esta, teniendo presente los puntos de control, se determina la criticidad de los procesos y estableciendo indicadores para reducir los desperdicios en el proceso.

En la matriz de los procesos tendremos como resultado, los procesos que entregan más valor y/o están en mayor riesgo y cuáles son los más críticos (que aseguran las partes y las funciones de valor). Con estos valores se puede establecer los

controles

(puntos de control mediante control estadístico de procesos CEP), reduciendo así la incertidumbre y riesgo en el programa. Los eventos pull es el conjunto que crea una "escalera", donde cada paso acerca al éxito de las fases de desarrollo. Se determinará indicadores Lean que son los que permitirán controlar el proceso y los desperdicios.

El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) es la herramienta que permite relacionar aquellas actividades que generan valor al producto durante el proceso productivo, se realiza la descripción y despliegue detallando los pasos y características relevantes con el fin de visualizar un contexto general del plan futuro. De esta manera se podrá tener un panorama amplio y ajustado al proceso al identificar sus desperdicios y detectando las fuentes de ventaja competitiva [21]. En la Figura 2, se observa la matriz de evaluación de desperdicios en la cual se debe determinar los riesgos de tener altos desperdicios en el flujo del proceso e identificar los riesgos relacionados con la entrega exitosa del producto, para luego en la siguiente matriz de infraestructura seleccionar adecuadamente las máquinas y personas capacitadas para operar el proceso.

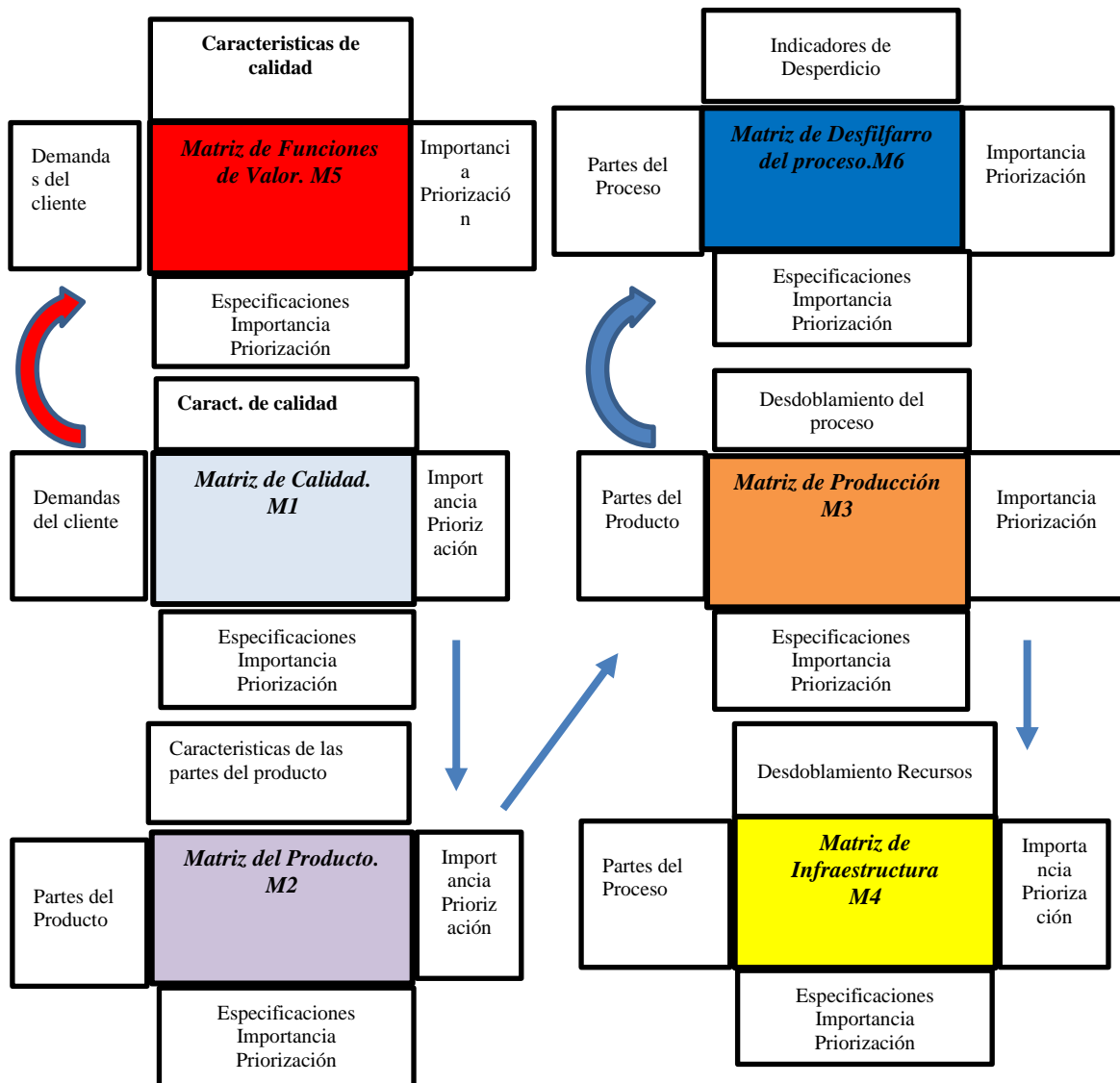


Fig. 2. Matrices VFV (QVD). Se agregan las dos matrices de Valor y de Desperdicio. [19].

### 3. Resultados

El desarrollo del producto inició con la identificación de un problema, detectado a partir de la observación de necesidades mal atendidas actualmente existente en el mercado. En este caso se analiza extractores de cocina de acero inoxidable utilizados en departamentos y viviendas familiares detectándose el problema con departamentos que no poseen salidas al exterior para la extracción como también en el sistema de filtrado.

#### 3.1. Investigación del mercado



Se

localizaron los segmentos del mercado objetivo en la provincia de Misiones. Los principales resultados que se obtuvieron en la investigación de mercado, que se refieren a las características del producto fueron:

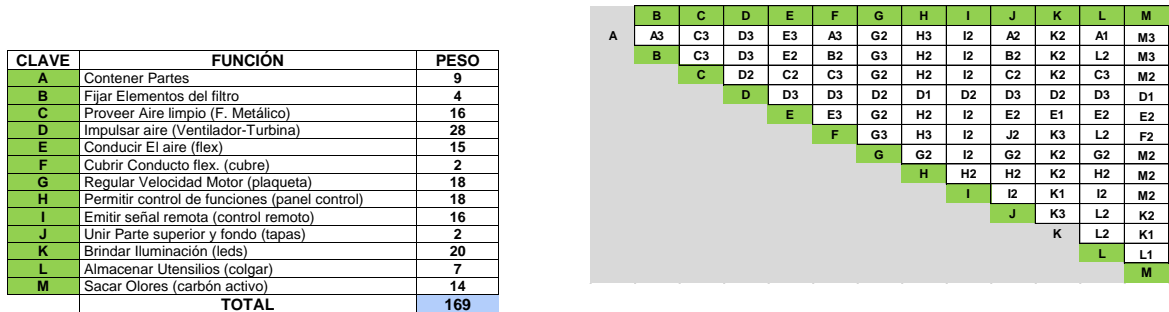
- De un total de 77 personas encuestadas, el 92% se encuentran dentro de la provincia de Misiones (la cual es nuestra región objetivo) y el resto en las provincias de Corrientes, Chaco y otras provincias.
- En cuanto al tipo de vivienda en la región analizada el 33,3% habita en una casa grande, el 30,7% en casas pequeñas y departamentos de varios ambientes y en departamentos mono ambientes el 5,3%.
- En cuanto a la intención de compra del producto, el 46,7% de los encuestados se tiene una respuesta positiva, el 17,3% negativa y el porcentaje restante tal vez adquiriría el producto un 36%.
- Las dimensiones de la campana que se obtiene con mayor aceptación fueron de 600x600x450 (mm) un 59,2% seguido de 550x500x350 con un 18,3% y las menos aceptadas del 12,7% (350x500x350) y el 7% (900x600x500) y otras opciones con valores muy pequeños.
- En referencia a cuánto estaría dispuesto a pagar por la campana extractora, se concluye que el 41,9% pagaría menos de 12000\$, el 28,4% entre 12000\$ y 15000\$ y el 24,3% comenta que estaría dispuesto a pagar un mayor precio si se presenta un buen diseño.
- En cuanto a la forma de recibir el producto si armado/desarmado las respuestas fueron de entrega totalmente armado del 60,5% de respuestas, indistinto el 34,2% (en partes) y el resto de las respuestas desarmado.
- En cuanto a los ingresos de los posibles compradores, se pudo determinar que el 32,9% tiene un ingreso de más de tres SMVyM, el 23,3% entre dos y tres SMVyM, el 8,2% un valor entre una vez y media y dos SMVyM, el 15,1% el equivalente a un SMVyM y el 20,5% menos de un SMVyM. (Se adoptó como factor de escala monetaria el Salario Mínimo Vital y Móvil (SMVyM) de 16.875\$, para la provincia de Misiones a septiembre del 2019).
- De los materiales consultados, se concluye que la campana de acero inoxidable es la que mejor aceptación tiene entre los encuestados con un valor de respuestas del 81,3% (por lo tanto, es el material que se utilizará para el diseño y fabricación de las campanas extractoras) seguido de una campana innovadora de vidrio templado con el 14,7% y el resto de chapa esmaltada.
- En cuanto a las Funciones adicionales que agregan valor, se preguntó lo siguiente y se obtuvo los siguientes resultados:
  - ¿Te interesa que la Campana Extractora tenga la función mediante control remoto y pueda programarse la velocidad y tiempo de acuerdo al tipo de comida?. Se observa en los gráficos que el 62,2% acepta la propuesta, un 27,6% contesta tal vez y el restante 9,2% no le interesa.
  - ¿Te interesa que la Campana Extractora tenga la función adicional de poder aromatizar la cocina?. De los encuestados se obtiene los siguientes datos: lo consideran muy importante un 7%, importante en un 36%, poco importante un 32% y un 23% nada importante, por lo cual esta discutida su aporte.
  - ¿Te interesa que la Campana Extractora sea flexible y se puede configurar el color con el diseño de la cocina?. Se resalta que lo siguiente: contestan afirmativamente un 58,1%, 27,5% tal vez y no le interesa un 16,2%, por lo que podemos comentar que es un punto importante a tener en cuenta para adecuarnos a las necesidades del cliente.
  - ¿Te interesa que se brinde servicio de post venta y post consumo?. El servicio de post venta y post consumo se concluye que los encuestados manifiestan una gran aceptación con un 80,3% y el resto no le interesa o tal vez lo considere.
  - ¿Prefiere que tenga partes intercambiables, como para poder reparar o realizar un mantenimiento?. Se determina que el 92% de los clientes manifiesta un gran interés por esta opción en el producto.
  - ¿Prefiere que tenga Servicio de instalación y de entrega del producto en forma particular sin cargo, como un agregado al producto?. De los datos se obtiene que el 85,5% manifiesta un gran interés en que se ofrezca el producto con servicio de instalación.
  - ¿Dónde te gustaría comprar el producto? Las repuestas que se obtiene indican que el 70,7% prefiere comprar en casas de ventas de electrodomésticos, el 14,7% en tiendas online y el resto en ferreterías, mueblerías y shopping.
  - ¿Suele comprar electrodomésticos tiendas online? El 61,3% se manifiesta por la opción que suele comprar electrodomésticos, el 28% que no y el resto tal vez, quizás por tratarse de una elección de compra pensada se necesita ver el producto y tener asesoramiento técnico, instalación y garantía.

### 3.2. Diseño del producto aplicando los métodos sistemáticos

#### 3.2.1. Análisis FAST

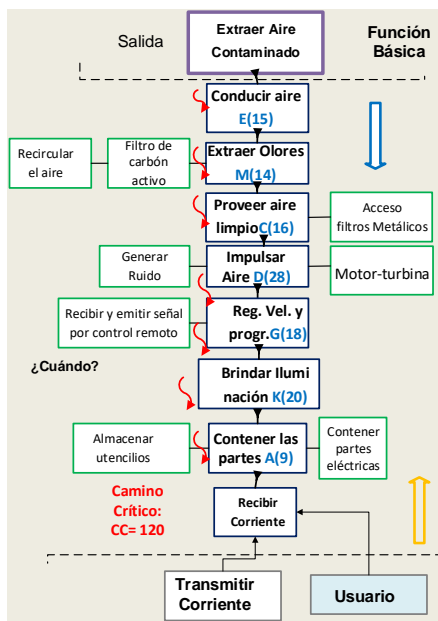
Considerando al producto a desarrollar como una “caja negra” con entradas y salidas, se estableció la “estructura de funciones”, para dar la funcionalidad externa deseada. Luego se relacionaron las funciones desde la entrada y salida como un proceso, representado como un diagrama de bloque de funciones.

Se elaboró un diagrama de Pareto de priorizaciones, a partir del método de Mudge [29, 30] en base a las funciones básicas de cada parte del producto (figura 3).

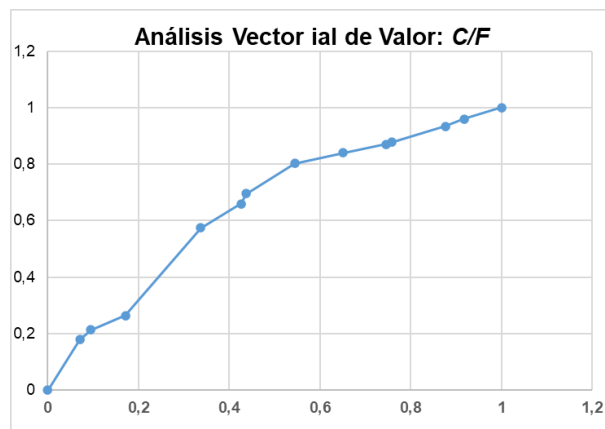


**Fig.3. Funciones y sus ponderaciones.**

A partir del peso o ponderación de las funciones, el diagrama FAST permitió identificar el “camino crítico” de las funciones, que deben ser ejecutadas para alcanzar la función básica principal (figura 4). A partir del análisis FAST, se determina el camino crítico:  $CCI: E(15)+M(14)+C(16)+D(28)+H(18)+K(20)+A(9)=120$ .



**Fig.4. Análisis FAST.**



**Fig.5. Análisis Vectorial de Valor: C/F.**

### 3.2.2. Análisis de Valor

Se realizó un Análisis Vectorial de Valor [29] de cada función. Se buscó el mínimo costo a partir de la importancia de las funciones, cumpliendo con todas las exigencias requeridas del cliente. Se evaluó la pendiente de la importancia relativa de cada función (U) (figura 6), en relación con el grado de importancia relativa del costo (ecuación 1):

$$U(\text{Valor})= f(F, C)= \tan \frac{F_f}{C_f} \quad (1)$$

Donde  $F_f$  es el valor de la función y  $C_f$  es su costo. Se concluye que tanto las funciones críticas como la función A (Contener partes: campana) y D (Motor-turbina) se deberán corregir buscando alternativas de partes más económicas sin decaer en calidad.

### 3.2.3. Metodología QFD

De la primera matriz, resultó la priorización de características de calidad ( $iQ^*$ ) que se muestra en el gráfico de Pareto en la figura 7, se aprecia que los requisitos técnicos más importantes están destacados con un rectángulo de color celeste, siendo los menos prioritarios los siguientes: Diseño ergonómico, control remoto, transformador y diseño estético.

En la segunda matriz, se desplegaron las características de calidad en componentes del producto, lográndose la priorización (iP) de las partes que deben ser desarrolladas, para cumplir las características requeridas (figura 8). Las partes con mayor priorización fueron: los componentes más importantes (80/20) son los siguientes: plaqueta electrónica, motor-turbina, control remoto, filtros, las dimensiones de la campana y las luces de leds.

En la tercera matriz se desarrolló el proceso productivo. Quedó en evidencia el grado de relación entre cada etapa del proceso y cada característica de calidad, identificándose aquellos procesos críticos para asegurar la calidad del producto (figura 9), para así poder monitorearlos, controlarlos y optimizarlos. Como procesos clave, se destacaron: Corte de la chapa, soldar la chapa y pulir para completar el armado de la campana de acero inoxidable. También son importantes las pruebas eléctricas, montaje de motor-turbina, guías de filtro, plaqueta electrónica y conexión eléctrica.

La cuarta y última matriz permitió priorizar los recursos humanos y de infraestructura necesarios para la fabricación (figuras 10 y 11). Los recursos críticos identificados fueron: en los recursos humanos, entre los más relevantes se comenta los siguientes: operador de la máquina de corte (CNC), Diseñador industrial, Oficial de plegado y oficial electricista-electrónico. En cuanto que los recursos de infraestructura más importantes son los siguientes: máquina de corte (CNC), plegadora, soldadora por puntos, computadora de CNC, instrumentos de medición y testeo para componentes eléctricos, máquina de cierre de conductos y banco de trabajo para armado de componentes.

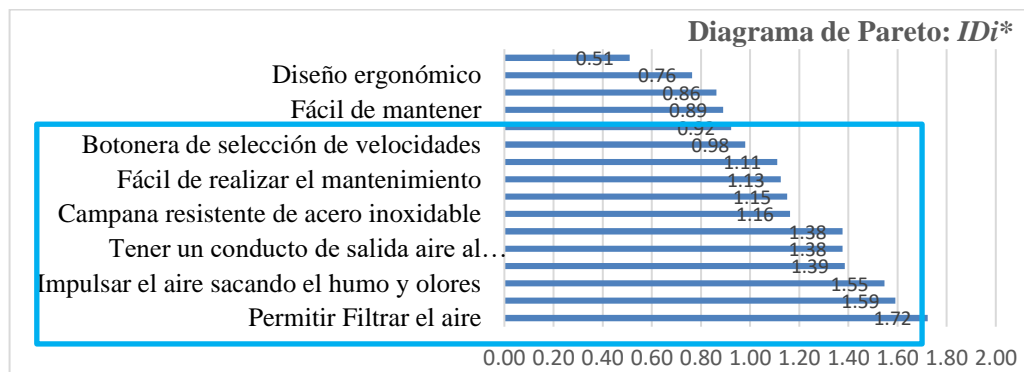


Fig. 6. Priorización de las demandas del usuario.

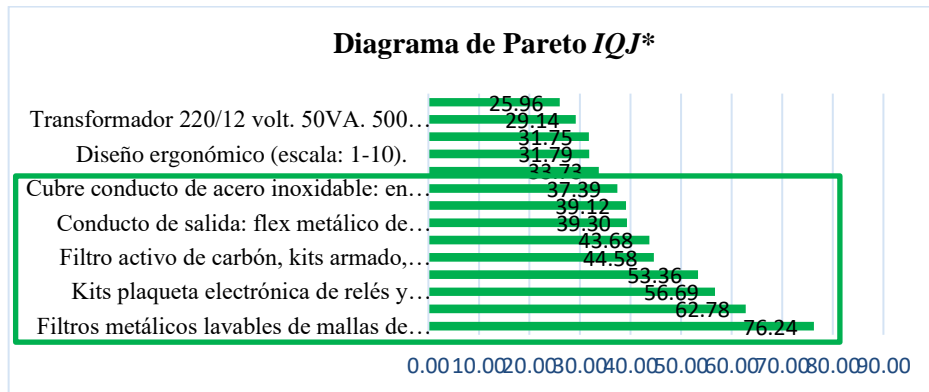


Fig. 7. Priorización de características de calidad del producto.



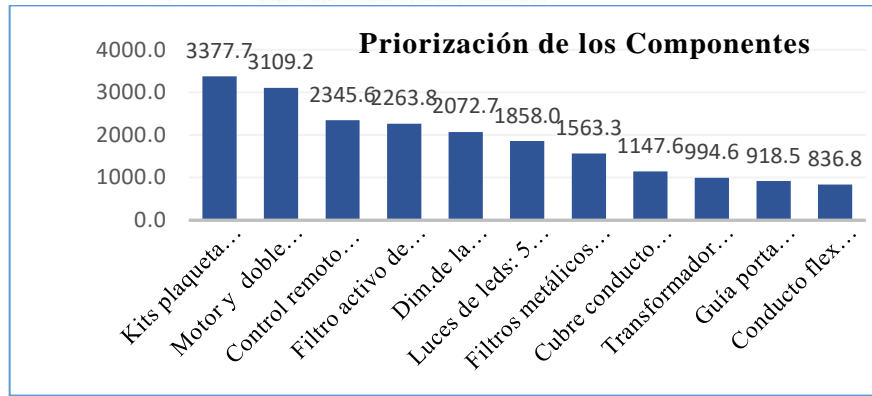


Fig. 8. Priorización de componentes del producto.

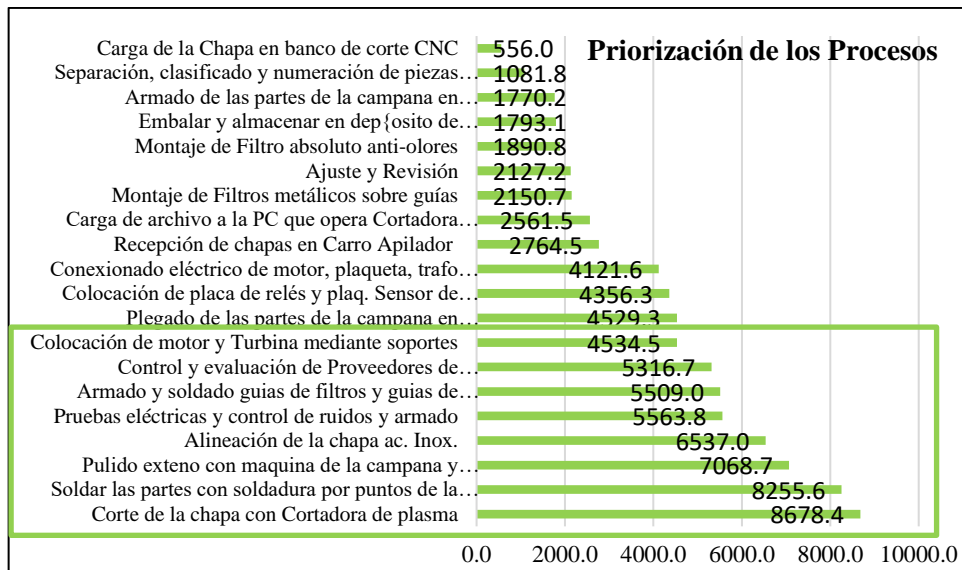


Fig. 9. Priorización de procesos.

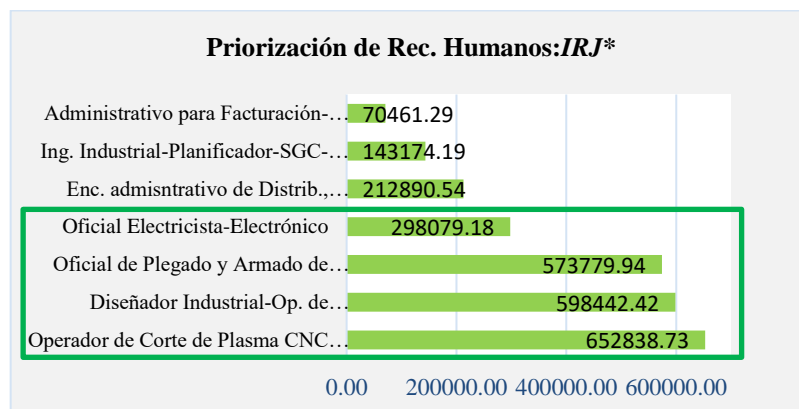


Fig. 10. Priorización de recursos humanos.

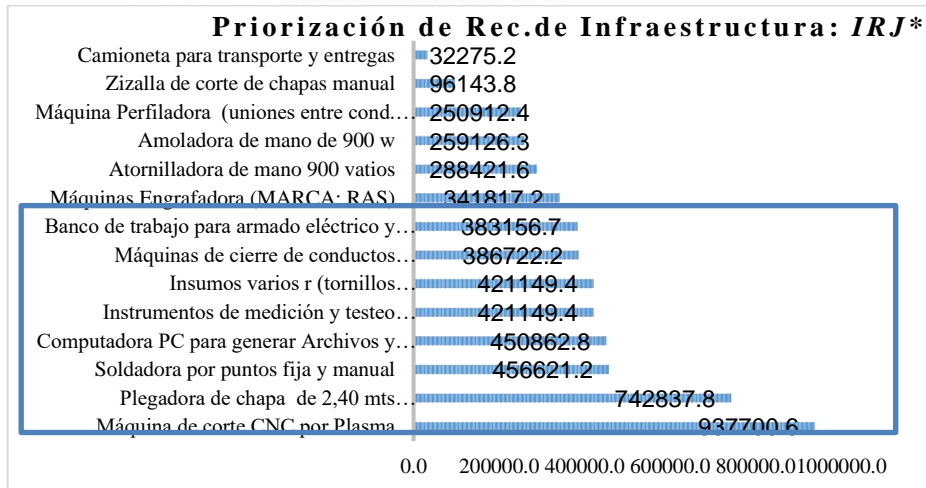


Fig. 11. Priorización de recursos de infraestructura.

### Requisitos de Valor de los clientes

Items de valor	IDI	IDI*
Producto armado	0,78	<b>0,78</b>
Diseño y color flexible	0,71	<b>1,42</b>
Campana de varios colores	0,87	<b>1,51</b>
Bajo consumo	0,69	<b>1,38</b>
Programable y control remoto	0,69	<b>1,20</b>
Aromatizar el ambiente	0,45	<b>0,68</b>
Post venta y post consumo	0,803	<b>1,61</b>
Partes intercambiables	0,92	<b>1,38</b>
Garantía Extendida	0,76	<b>1,52</b>
Servicio de instalación	0,86	<b>1,72</b>
Servicio de entrega	0,85	<b>1,70</b>

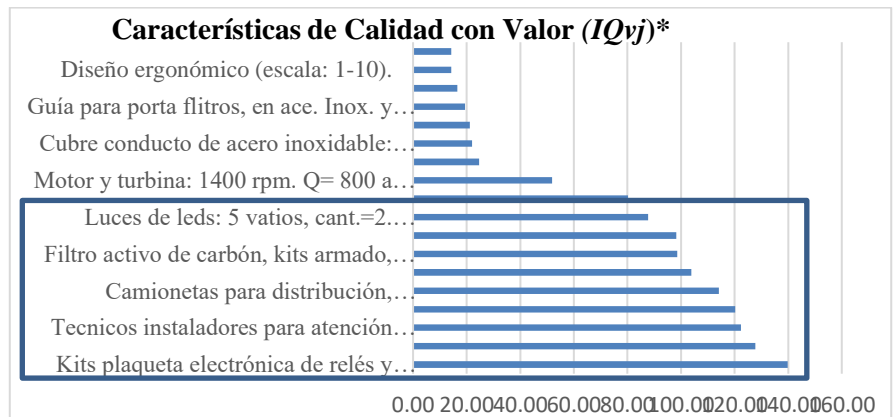
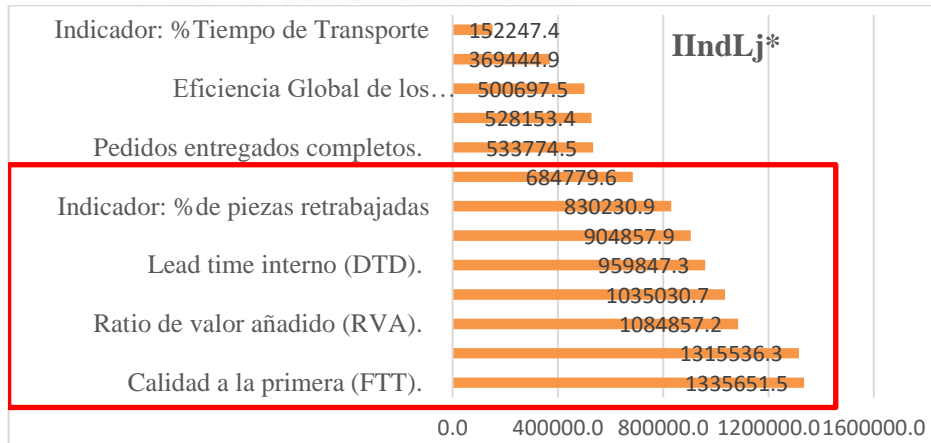


Fig. 12. Priorización de las Características de Calidad de valor.

De lo que se aprecia en la Figura 12, en los ítems de características técnicas de valor a desarrollar en la empresa cobra importancia los servicios como ser: técnicos de instalación, Repuestos de las partes de la campana, el taller de atención de post venta y post consumo, una camioneta para realizar estos servicios que acompañan al producto con el agregado de repuestos como ser: plaqueta electrónica, control remoto, luces de leds y los filtros de metal y de carbón activo.

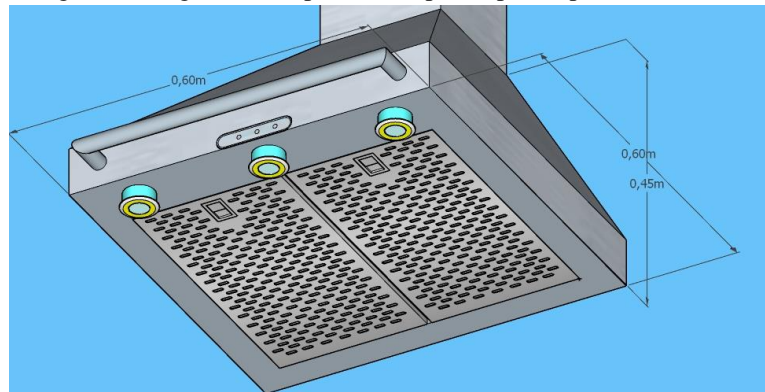


**Fig. 13. Resumen de Priorización de los Indicadores de Desperdicio.**

Analizando la Figura 13, se determina los principales indicadores Lean a controlar y verificar: ratio de valor añadido, Indicador % de tiempo de Espera, Lead time interno, Indicador: % movimientos innecesarios, Indicador: % de piezas retrabajadas y cumplimiento de la secuencia de fabricación (*BTS*).

### 3.2.4. Prototipo virtual del producto

Una vez concluidas las etapas del diseño del producto, se desarrolló un prototipo virtual del mismo, junto con los planos normalizados tanto del conjunto, como de sus componentes y ensambles. Para esta instancia se utilizó un software CAD/CAM. En las figuras siguientes (figura 14) se presenta el prototipo del producto.



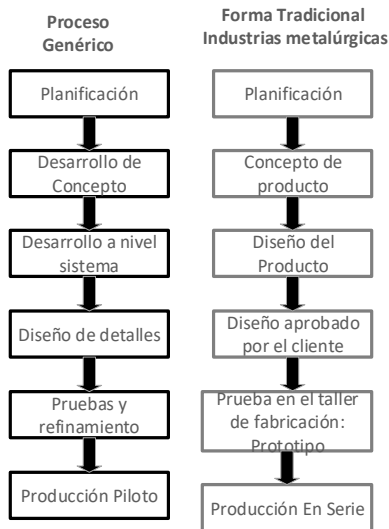
**Fig. 14. (a) Prototipo del producto y (b) sus componentes.**

## 4. Procesos de Desarrollo de productos: genéricos, tradicionales y de la industria metal mecánica.

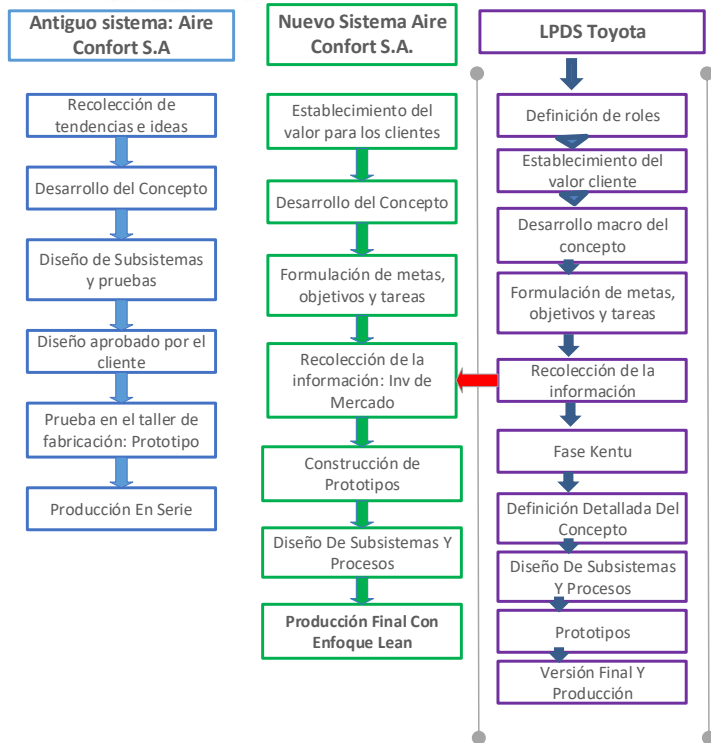
De acuerdo a [21] el desarrollo de producto de Toyota, conocido como Lean Product Development System (LPDS, sistema de desarrollo de producto Lean), promueve la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero jefe. El LPDS tiene como principal misión asegurar que el producto final cumpla con las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente entregándole lo que este realmente valora.

Seguidamente se presentan brevemente los sistemas de desarrollo de producto que se utilizaron como referentes y que llevan al diseño del sistema propio para la empresa objeto de estudio, comparando también con pequeñas empresas en el rubro metalúrgico y metal mecánico.

En la primera columna de la izquierda (Figura 15) se observa el proceso genérico de desarrollo de productos propuesto por [1], el cual tiene en cuenta todo el ciclo de vida del producto, además de emplear un enfoque multidisciplinario. En la segunda columna de la Figura 15, se muestra el proceso de desarrollo tradicional en el sector de las empresas industriales de ventilación mecánica, corte por plasma (cartelería metálica), campanas industriales para cocinas industriales y de conductos de equipos centrales de aire acondicionado.



**Fig. 15. Proceso Genérico vs. Forma Tradicional en empresas metalúrgicas.**



**Fig. 16. Comparación de Procesos de desarrollo de productos de la empresa antiguo, nuevo vs. PPDS Toyota.**

En la última columna de la Figura 16 se muestra el sistema de desarrollo de la empresa japonesa, caracterizado por promover la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero jefe, quien es el directo responsable del desarrollo del vehículo y toma todas las decisiones críticas con respecto a este.

El ingeniero en jefe tiene como principal misión asegurar que el producto final cumpla con las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente entregándole lo que este realmente valora, de acuerdo con lo expuesto por [21]. El desarrollo de productos en Toyota no es lineal sino iterativo, lo cual permite detectar y corregir errores más rápidamente.

Después de la revisión de los diferentes autores explicados anteriormente, se elige Lean Product Development System (LPDS) como base para el nuevo sistema de desarrollo (ver la cuarta columna de la Figura 16), debido a se incluye conceptos de ingeniería concurrente, inversa y ecodiseño en conjunción con la metodología QFD permite que se detecte lo que el cliente valora y además ser una empresa ágil, con un enfoque en cuidar los desperdicios.

Cabe mencionar que el nuevo sistema se tendrá en cuenta el mapeo de la cadena de valor tanto para analizar el desarrollo de producto actual como para diseñar el estado futuro, lo cual permitirá que se detecte desperdicios y diseñar de manera armónica las diferentes actividades que lo componen.

Las nuevas etapas de desarrollo de diseño de campanas, en la empresa estudiada se muestra en detalle en la Figura 16 y son las siguientes:

- Establecimiento del valor para los clientes.
- Desarrollo del concepto del producto.
- Formulación de metas, objetivos y tareas.
- Recolectión de información.
- Diseño de los subsistemas y procesos.
- Construcción de los prototipos.
- Producción Final con enfoque Lean.

A la espera de una futura implementación de estos cambios en la empresa para lograr posibles cambios como ser: aumento de la agilidad para responder a las necesidades del mercado, la búsqueda de ideas innovadoras, incremento de la flexibilidad en los modelos, colores y materiales de las campanas extractoras adaptándose a las necesidades del cliente y agregando valor con los servicios de instalación y canales de post venta y post consumo.

## 5. CONCLUSIONES

Como se puede observar, existe un amplio repertorio de herramientas útiles en el desarrollo de un proyecto de diseño de productos. La secuencia que se presenta en la empresa estudiada (metalmecánica) es una parte representativa, existen más modelos de los que se pueden utilizar, lo importante es ver este panorama que nos orienta y nos da expectativas de

lo que se puede hacer a la hora de desarrollar un proyecto de diseño para planearlo adecuadamente lo cual nos reeditarán en calidad.

Todo este proceso se presentó y se trabajó aplicando las herramientas sistemáticas de diseño propuestas: Análisis Funcional, de Valor, Fast, en base a los resultados obtenidos de la investigación de mercado se realizó la detección de las necesidades y funciones de valor para poder valorarlas y utilizar los datos en las fases de desarrollo del producto. Luego se realizó el diseño detallado del producto y de los procesos para su obtención, utilizando el método de Despliegue de la Función Calidad (QFD) y de enfoque Lean (FVD).

Por otro lado, el QFD parte de oír la voz del cliente, que son quienes esperan que sus necesidades sean satisfechas mediante un adecuado trabajo en equipo para convertir estas necesidades en especificaciones, orientando todo el proceso de desarrollo hacia las expectativas del usuario.

En la 1ra. sub matriz de valor y de desperdicios, se detecta mediante las encuestas la importancia de funciones de valor que permiten desarrollar los servicios de post venta, garantía, instalación y determinar los recursos necesarios. En la 3ra. Sub- matriz que depende de los procesos, se planea los indicadores Lean y se prioriza los más importantes para poder mantener al proceso lo más estable y controlado posible, teniendo la visión de disminuir los desperdicios más importantes y así mejorar la relación entre valor agregado y valor no agregado al proceso.

Además, se plantea un modelo de desarrollo de nuevos productos que va en línea con el uso de Lean por parte de la empresa analizada valiéndose de un conjunto de herramientas de gestión, matemáticas y visuales para mejorar el valor agregado, el flujo de materiales, información y productos, además de reducir el desperdicio.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos. Quinta edición. McGraw-Hill. México.
- [2] Aguayo González, F.; Soltero Sánchez, V.M. (2003). Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente. Alfaomega. México.
- [3] Ribeiro, J. L.; Echeveste, M. y Danilevicz, A. M. (2001). Desarrollo de Productos. Cuaderno didáctico de disciplina: Desarrollo de Productos. Especialización y Maestría en Ingeniería de Planta y Producción. UNaM. Oberá, Argentina.
- [4] Kotler, P & Armstrong, G. (2016). Principles of marketing. Inglaterra. Decimosexta edición. Editorial: Pearson. Harlow.
- [5] Ulrich, Karl & Eppinger, S. (2015). "Product Design and Development". México. Sexta Edición. Mc Graw Hill, Education.
- [6] Pahl, G.; Beitz, W; Feldhusen, J.; Grote, K. H. (2007). Engineering design: a systematic approach. Tercera edición. Springer. Londres, Inglaterra.
- [7] Garcia, J. P. (2005). Tema 2 Diseño del Producto. Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. Recuperado el 29 de Agosto de 2019 de: <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/2disennodeproducto.pdf>.
- [8] Cuatrecasas, L. (2010). Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación. España. Profit. Barcelona, España.
- [9] Valverde Islas, J. (2006). Utilización de métodos sistemáticos para el diseño de productos: Caso de un portabebidas para automóviles (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, México.
- [10] González Sara, A. (2014). Quality Function Deployment: una herramienta para establecer los requerimientos técnicos de un edificio en México. Valencia. España. Universidad Politécnica de Valencia.
- [11] Osete, Julen de Miguel. (2010). Carretilla ergonómica. Proyecto Fin de Carrera. Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural. Universidad Pública de Navarra.
- [12] Villamil García, E.; García Hernández, M.J. (2003). Introducción al proyecto de ingeniería. Recuperado de [http://materias.fi.uba.ar/6612/archives/Libro\\_materia.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6612/archives/Libro_materia.pdf).
- [13] Childs, P. R. N. (2014). Mechanical design engineering handbook. Elsevier. Gran Bretaña.
- [14] Alcaide Marzal, J.; Diego Más, J. A.; Artacho Ramírez, Miguel A. (2004). Diseño de producto: métodos y técnicas. Alfaomega. México.



- [15] Franceschini, F; Galetto, M.; Maisano, D.; Mastrogiacomo, L.(2015). Prioritisation of engineering characteristics in QFD in the caso of customer requirements ordering International Journal of Production Research. 53, 13, 3975-3988.
- [16] Tanure, R.L.Z.; Tudesco, A.P.K.; Silva, V.V.M.; Echeveste, M.E.S. (2013). Modelo conceitual para a integração de QFD e Kansei: aplicação em um caso da indústria de produtos de higiene e beleza. 9º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto.
- [17] Carreras, M. R., y García, J. L. S. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. España, Madrid. Editorial: E. D. de Santos.
- [18] Hernández Matías, J. y Vizán Idoipe, Antonio. (2013). Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid. España. Editorial: Fundación EOI.
- [19] Pessôa, M.V.P., y Trabasso, L.G. (2017). The Lean Product Design and Development Journey. A Practical. Londres, Inglaterra. Editorial: Springer.
- [22] Tobón Collazos, Vanessa y Villegas Gómez, Laura V. (2017). Propuesta de mejoramiento del proceso de producción de Madera plástica de la empresa madera plástica Colombia Ecológica. Trabajo de grado en ingeniería industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
- [21] Maldonado Barón, Diana I. y Cadavid Rivera, Leonardo. (2014). Cómo una microempresa logró un desarrollo de productos ágil y generador de valor empleando Lean. Revista Estudios Gerenciales, Vol. 30 (130), 40-47.