

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ESTANTERÍA  
METÁLICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DFSS EN  
TUGALT S.A”**

Tesis previa a la obtención del Título de  
Ingeniero Industrial.

**AUTOR:**

DANIEL SANTIAGO VELECELA VEGA

**DIRECTOR:**

ING. WILSON PATRICIO CALLE GUAMANTARIO

**CUENCA-ECUADOR  
2015**



## **Resumen.**

Sin duda que el desarrollo de nuevos productos es un requisito fundamental para toda empresa de manufactura, razón por la cual es necesario un método que nos ayude a obtener productos en base a los requisitos del cliente y con la calidad esperada por los mismos.

El presente tema de tesis está encaminado al desarrollo de un nuevo producto dentro del portafolio actual de la empresa y para ello se ha utilizado la metodología IDDOV la misma que está dentro del enfoque DFSS (Diseño para seis sigma) y acompañado de algunas herramientas como son: la VOC (Voz Del Cliente), QFD (Desdoblamiento de la Función de Calidad), TRIZ (Resolución de problemas inventivos), Ingeniería Robusta, AMEF (Análisis de modo de Fallas) siendo las mencionadas las más utilizadas y practicas a la hora de desarrollar nuevos productos.

El enfoque DFSS está orientado tanto al diseño de productos como al de procesos, permitiendo obtener productos de acuerdo a los requisitos del cliente por un lado y por el otro, permite alcanzar procesos robustos para su fabricación, de esa forma se puede garantizar productos de alta calidad y así obtener una ventaja competitiva en un mundo cada vez más dinámico y práctico.

Palabras claves: DFSS (Diseño para seis sigma), IDDOV, (Identificar oportunidades, Definir requisitos, Desarrollar conceptos, Optimizar diseño, Verificar), VOC (Voz del cliente), QFD (Desdoblamiento de la calidad), TRIZ (Resolución de problemas inventivos), Ingeniería Robusta



## **Abstract**

Undoubtedly, the development of new products is an essential for any company manufacturing requirement, which is why a method that helps us to obtain products based on customer requirements and quality expected by them is necessary.

This thesis topic is aimed at new product development within the current portfolio of the company and it has been used IDDOV methodology it is within the scope DFSS (Design for Six Sigma) and accompanied by some tools as they are : VOC (Voice of Customer), QFD (Doubling of Quality Function), TRIZ (Inventive Problem Solving), Engineering Robust, FMEA (Analysis mode failures) being those mentioned most used and practices when develop new products.

DFSS approach is oriented both product design and the process, allowing to obtain products according to customer requirements on the one hand and on the other, achieves robust processes for their production, thus can ensure high- quality and gain a competitive advantage in an increasingly dynamic and practical world.

Keywords: DFSS (Design for Six Sigma), IDDOV, (identify opportunities, define requirements, develop concepts, design Optimize, Verify), VOC (Voice of Customer), QFD (quality splitting), TRIZ (Inventive Problem Solving ) Robust Engineering



## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

1. Generalidades. ....	1
1.1 Introducción. ....	1
1.2 Historia y Descripción de la empresa.....	2
1.3 Productos de Tugalt .....	3
1.4 Procesos de fabricación .....	7
1.4.1 Recepción de materia prima .....	7
1.4.2 Corte de flejes .....	8
1.4.3 Conformado .....	9
1.4.4 Perfilado .....	10
1.4.5 Taller de nuevos productos.....	14
1.4.6 Biselado de tubos .....	15
1.4.7 Decapado y galvanizado de tubos.....	16
1.4.8 Roscado y empaquetado de tubos.....	17
1.4.9 Bodega de producto terminado .....	18
1.5 Diagnóstico de la Situación Actual .....	18
1.5.1 Clientes Externos.....	18
1.5.2 Análisis Interno.....	19
1.5.3 Crecimiento de la empresa .....	20
1.5.4 Análisis del entorno.....	21
1.5.4.1 Fuerzas económicas. ....	22
1.5.4.2 Fuerzas competitivas.....	31
1.5.5 Análisis Organizacional.....	34
1.5.6 Misión.....	36
1.5.7 Visión.....	36
1.5.8 Valores Corporativos.....	36
1.5.9 Objetivos Generales. ....	37
1.5.10 Estrategias. ....	37
1.5.11 Indicadores.....	37



1.5.12 Políticas. ....	38
1.5.13 Política de Calidad .....	38
1.6 Organigrama de la empresa .....	41
1.7 Planteamiento del problema. ....	42
1.8 Justificación. ....	42
1.9 Alcance de la Investigación .....	42
1.10 Objetivos de la investigación .....	44
1.11 Proceso de desarrollo de producto.....	44

## CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	46
2.1 Introducción .....	46
2.2 Calidad.....	47
2.3 Seis Sigma.....	47
2.4 DFSS (Diseño para seis Sigma).....	50
2.4.1 Metodología IDDOV (Identificar, Definir, Diseñar, Optimizar y Verificar) .....	52
2.4.1.1 Identificación de oportunidades .....	52
2.4.1.2 Definir requisitos.....	54
2.4.1.3 Desarrollo de Concepto.....	55
2.4.1.4 Optimización del Diseño .....	58
2.4.1.5 Verificación y lanzamiento .....	60
2.4.2 Herramientas utilizadas por DFSS. ....	62
2.4.2.1 VOC (Voz del Cliente). ....	62
2.4.2.1.1 Etapas y Actividades del proceso VOC .....	63
2.4.2.1.1.1 Planeación del VOC .....	63
2.4.2.1.1.2 Recolectar el VOC.....	66
2.4.2.1.1.3 Estructuración de la VOC.....	69
2.4.2.1.1.4 Direcccionar la VOC.....	76
2.4.2.2 QFD (Despliegue de la Función de Calidad). ....	79
2.4.2.2.1 Fase 1.....	79
2.4.2.2.2 Fase 2.....	82



2.4.2.2.3 Fase 3.....	86
2.4.2.2.4 Fase 4.....	88
2.4.2.3 Ingeniería Robusta .....	89
2.4.2.4 TRIZ (Teoría de resolución de problemas inventivos).....	99
2.4.2.5 FMEA (Análisis a modo de fallas). .....	114

### CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE METODOLOGÍA IDDOV. ....	123
3.1 Identificación de oportunidades .....	123
3.1.1 Selección del proyecto .....	123
3.1.2 Formación del equipo de trabajo .....	124
3.1.3 Planificación del proyecto .....	124
3.2 Definición de requisitos. ....	125
3.2.1 Identificación de los clientes .....	125
3.2.2 Definición de los requisitos del cliente .....	126
3.2.2.1 Objetivos de la VOC.....	126
3.2.2.2 Alcance del estudio de la VOC.....	126
3.2.2.3 Método (s) de recolección de la VOC.....	127
3.2.2.4 Planeación del estudio de la VOC.....	127
3.2.2.5 Preparación de la VOC.....	128
3.2.2.6 Realización y extracción de la VOC.....	128
3.2.2.7 Estructuración de los requisitos del cliente .....	129
3.2.2.8. Priorización y Direccionamiento de la VOC.....	129
3.2.3 Definición de requerimientos .....	134
3.3 Desarrollo de Concepto.....	137
3.3.1 Requisitos funcionales.....	137
3.3.1.1 Análisis de los elementos de concepto .....	142
3.3.2 Desarrollo de Conceptos Alternativos.....	147
3.3.3 Seleccionar los mejores conceptos .....	150

### CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS. ....	152
---------------------	-----



4.1 Optimización del Diseño. ....	152
4.1.1 Análisis de Diseño.....	152
4.1.1.1 Análisis de fallas .....	156
4.1.1.2 Partes criticas de Diseño. ....	159
4.1.1.3 Análisis de proceso de construcción. ....	161
4.1.2 Optimización de Proceso.....	165
4.2 Verificación y lanzamiento .....	175
4.3 Análisis financiero .....	181
4.3.1 Costos de Conjuntos.....	181
4.3.2 Inversión del Proyecto.....	185
4.3.3. Ingresos planificados. ....	190
4.3.4 Retorno de la inversión .....	192
Conclusiones y recomendaciones. ....	193
Conclusiones. ....	193
Recomendaciones .....	195
Anexos.....	192
Bibliografía. ....	210



## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. 1: Mix de productos de la empresa Tugalt .....	5
Tabla 1. 2: Características de la tubería Tugalt. ....	6
Tabla 1. 3: Tasa de interés activo para la construcción .....	24
Tabla 1. 4: Indicadores macroeconómicos del Ecuador.....	27
Tabla 1. 5: Balance del mercado del acero 2011-2015.....	29
Tabla 1. 6: Matriz de evaluación de factores externos. ....	31
Tabla 1. 7: Participación de empresas en el mercado del acero afines a Tugalt. ....	32
Tabla 1. 8: Cuadro de perfil comparativo.....	33
Tabla 1. 9: Matriz de evaluación de los factores internos. ....	35
Tabla 2.1: Dimensiones de la calidad. ....	47
Tabla 2.2: Niveles Sigma.....	49
Tabla 2.3: Matriz VOC. ....	71
Tabla 2.4: Cuestionario del grado de importancia y satisfacción de los clientes.....	74
Tabla 2.5: Cuestionario Kano. ....	75
Tabla 2.6: Resultados del cuestionario Kano. ....	76
Tabla 2.7: Tabulación de la investigación del cuestionario de Kano.....	78
Tabla 2.8: Relaciones entre requisitos del cliente y del producto. ....	80
Tabla 2.9: Correlaciones entre requisitos del producto.....	81
Tabla 2.10: Matriz de selección de conceptos. ....	84
Tabla 2.11: Efecto de los factores de control sobre la variabilidad o media. ....	94
Tabla 2.12: Arreglo ortogonal L18.....	95
Tabla 2.13: Matriz para escoger arreglo ortogonal. ....	96
Tabla 2.14: Diseño de experimento (respuesta dinámica) .....	97
Tabla 2.15: Matriz de conflictos técnicos (parcial). ....	102
Tabla 2.16: Foco funcional del ítem. ....	116
Tabla 2.17: Priorización de funciones del ítem. ....	117
Tabla 2.18: identificación de los modos de falla .....	118
Tabla 2.19: Índice de severidad.....	119



Tabla 2.20: Índice de ocurrencia para P-AMEF.....	120
Tabla 2.21: Índice de ocurrencia para D-FMEA.....	120
Tabla 2. 22: FMEA de un Producto.....	122
Tabla 3.1: Equipo de trabajo del proyecto racks.....	124
Tabla 3.2: Cronograma de actividades para el desarrollo del producto caso racks Tugalt .....	125
Tabla 3.3: Empresas para el estudio de la VOC.....	126
Tabla 3.4: Cronograma de planificación de la VOC.....	127
Tabla 3.5: Formulario para estudio de la VOC. ....	128
Tabla 3.6: VOC parte A. ....	128
Tabla 3.7: Estructuración de los requisitos del cliente. ....	129
Tabla 3.8: Cuestionario Kano. ....	130
Tabla 3. 9: Evaluación de requisitos por el método de Kano.....	131
Tabla 3.10: Categorización de la calidad por requisito del cliente. ....	131
Tabla 3.11: Tabulación de Kano según requisitos del cliente. ....	132
Tabla 3.12: Índices SP y SM para gráfico de Kano.....	133
Tabla 3.13: Fase 1 de QFD (Definición de requisitos del producto).....	135
Tabla 3.14: Especificaciones de pernos.....	139
Tabla 3.15: Propiedades del acero comercial laminado en caliente ASTM A1011.....	144
Tabla 3. 16: Matriz de conflictos técnicos caso placa conectora de racks.....	148
Tabla 3.17: Selección de conceptos alternativos viga-bastidor.....	150
Tabla 4.1: Descripción, características y cantidad de partes de un bastidor.....	153
Tabla 4.2: Total de piezas para dos bastidores de un racks.....	154
Tabla 4.3: Descripción, características y cantidad de partes de una viga.....	154
Tabla 4.4: Total de piezas para vigas de un rack de seis niveles. ....	155
Tabla 4.5: Descripción, características y cantidad de partes de base de rack. ....	155
Tabla 4.6: Total de piezas para bases de rack. ....	156
Tabla 4.7: Foco funcional del rack en análisis AMEF.....	157
Tabla 4.8: Priorización de las funciones de las partes del rack con análisis AMEF. ....	158
Tabla 4.9: Identificación del modo de fallo del rack en análisis AMEF. ....	158



Tabla 4.10: Priorización de los modos de falla del rack en análisis AMEF. ....	159
Tabla 4.11: Fase 2 de QFD (partes críticas de rack) .....	160
Tabla 4.12: Fase de QFD (parámetros críticos de proceso) .....	163
Tabla 4.13: Distancia entre perforaciones de perfil bastidor. ....	164
Tabla 4.14: Valor de Cp con decisión de proceso. ....	165
Tabla 4.15: Arreglo ortogonal L9 para experimento de avance de prensa.....	168
Tabla 4.16: Niveles de los factores de control para experimento. ....	169
Tabla 4.17: Diseño de las diferentes rondas del experimento. ....	169
Tabla 4.18: Resultados de las rondas del experimento. ....	170
Tabla 4.19: Cálculos de $\eta$ y $\beta$ en los diferentes niveles de cada factor. ....	171
Tabla 4.20: Experimento confirmatorio de nueva configuración de factores de control.....	174
Tabla 4.21: Distancia entre perforaciones de perfil bastidor después de aplicar Ingeniería Robusta. ....	174
Tabla 4.22: Plan de control de perfil bastidor.....	176
Tabla 4.23: Análisis de tiempo por pieza. ....	180
Tabla 4.24: Tiempo de ciclo para cada conjunto de rack.....	181
Tabla 4.25: Codificación de los conjuntos del rack en sistema JDE. ....	182
Tabla 4.26: Resumen de costos de conjuntos de rack. ....	185
Tabla 4.27: Inversión de utillaje para perfil bastidor de rack. ....	186
Tabla 4.28: Inversión de matriz de perforación para perfil bastidor. ....	187
Tabla 4.29: Inversión de matriz de corte perforado para bases de rack. ....	188
Tabla 4.30: Inversión de matriz de doblado para bases de rack.....	188
Tabla 4.31: Inversión de matriz de perforado de perfiles de entramado 1 y 2. ....	189
Tabla 4. 32: Precio de venta de cada uno de los conjuntos del rack. ....	190
Tabla 4.33: Ingresos planificados por ventas de racks por mes.....	191
Tabla 4.34: Ingresos netos planificados por venta de racks por mes. ....	191
Tabla 4.35: Cronograma de trabajo real en el desarrollo del producto. ....	193



## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1: Bodega de materia prima.....	7
Figura 1.2: Cortadora de flejes Bonak.....	8
Figura 1.3: Conformado de tubos formadora 2. ....	9
Figura 1.4: Perfiladora Bonak.....	11
Figura 1.5: Desenrollador de perfiladora. ....	11
Figura 1.6: prensa de perfiladora con control numérico. ....	12
Figura 1. 7: Bancada conformadora de perfil.....	13
Figura 1.8: Cizalla hidráulica.....	14
Figura 1.9: Taller de nuevos productos.....	14
Figura 1.10: Biselado de tubo en rebabadora 1.....	15
Figura 1.11: Decapado y galvanizado de tubos.....	16
Figura 1.12. Roscado y empaquetado de tubos.....	17
Figura 1.13: Ingreso de productos a bodega.....	18
Figura 1.14: Crecimiento de la empresa Tugalt. ....	21
Figura 1.15: Déficit de vivienda en Ecuador.....	23
Figura 1.16: Histórico de créditos hipotecarios. ....	25
Figura 1.17: Aporte de PIB al sector de la construcción. ....	26
Figura 1.18: Precios del acero. ....	29
Figura 1. 19: Organigrama de la empresa Tugalt.....	41
Figura 1.20: Flujograma del proceso de manufactura para Tubería y perfilería de Tugalt. ....	43
Figura 1.21: SIPOC del proceso de desarrollo de productos de Tugalt.....	45
Figura 2.1: Interpretación de Motorola del programa seis Sigma. ....	48
Figura 2.2: Metodología DMAIC (Seis Sigma) vs IDDOV (DFSS). ....	50
Figura 2.3: Desenvolvimiento tradicional vs proactivo en el desarrollo del producto. ....	51
Figura 2.4: IDDOV y ciclo de desarrollo del producto. ....	61
Figura 2.5: Número de clientes por segmento. ....	65
Figura 2.6: Aclarado por sondeo de la VOC. ....	68
Figura 2.7: Estructuración de los requisitos del cliente. ....	72
Figura 2.8: Grafico I x $\Delta S$ .....	77



Figura 2.9: gráfico de Kano.....	78
Figura 2.10: la casa de la calidad.....	79
Figura 2.11: Benchmarking cliente.....	81
Figura 2.12: Árbol de estructura del producto. ....	84
Figura 2.13: Matrices de las fases QFD. ....	89
Figura 2.14: Función ideal. ....	91
Figura 2.15: Diagrama P. ....	92
Figura 2.16: Optimización en dos etapas. ....	95
Figura 2.17: Análisis de los efectos de control sobre la variabilidad. ....	98
Figura 2.18: Análisis de los efectos de control sobre la media. ....	98
Figura 2.19: Mapa funcional del sistema de galvanizado de planchas. ....	101
Figura 2.20: conflicto intensificado CT1. ....	104
Figura 2.21: Conflicto Intensificado CT2. ....	105
Figura 2.22: Complementación de campo sustancia. ....	106
Figura 2. 23: Modificación de sustancia.....	106
Figura 2. 24: Compensación por un campo. ....	107
Figura 2.25: Efecto insuficiente.....	107
Figura 2.26: Regla para problema de medición. ....	108
Figura 2.27: Modelamiento de la solución.....	108
Figura 2.28: Región de conflicto con solución ideal.....	110
Figura 2.29: Nube de conflictos del sistema Galvanizado de planchas. ....	112
Figura 2.30: Aplicación del principio de separación en el espacio.....	113
Figura 2.31: Ciclo de ocurrencia de una falla. ....	114
Figura 2.32: Priorización de los modos de fallas.....	121
Figura 3.1: Gráfico de Kano. ....	133
Figura 3.2: Concepto de rack. ....	134
Figura 3.3: Perfil bastidor.....	138
Figura 3.4: Perfil de entramado 1 y 2.....	139
Figura 3.5: Tubo rectangular para viga de rack.....	140
Figura 3.6: placa conectora viga-bastidor. ....	141



Figura 3.7: Remache de conector viga-bastidor. ....	141
Figura 3.8: Base de bastidor de rack. ....	142
Figura 3.9: Rack en 3D.....	143
Figura 3.10: Rack con carga de 15 toneladas.....	143
Figura 3.11: Comportamiento de un material ante una carga. ....	144
Figura 3. 12: Resultado de la simulación con 3000 Kg por nivel o 15 y toneladas en la estructura. .....	145
Figura 3.13: Coeficiente de seguridad de la estructura. ....	146
Figura 3.14: Conector viga-bastidor (solución Triz). ....	149
Figura 3.15: Conector viga-bastidor con perforaciones de perfil actual.....	150
Figura 4.1: Rack de 5 niveles tipo europalet.....	152
Figura 4.2: Árbol de estructura de rack de 5 niveles tipo europalet. ....	153
Figura 4.3: Árbol de estructura de bastidor. ....	153
Figura 4.4: Árbol de estructura de una viga.....	154
Figura 4.5: Árbol de estructura de una base.....	155
Figura 4.6: Flujograma de proceso entre departamentos para el producto rack.....	161
Figura 4.7: Flujograma de proceso para el departamento de producción caso racks.....	162
Figura 4.8: Diagrama P para función de avance de lámina de rack. ....	166
Figura 4.9: Esquema del sistema de la prensa para perfil bastidor. ....	167
Figura 4.10: Gráfica señal ruido para factores de control en sus distintos niveles. ....	172
Figura 4.11: Gráfica del coeficiente de linealidad para factores en sus distintos niveles. ....	173
Figura 4.12: DPO de armado de racks.....	177
Figura 4.13: Layout de taller de productos nuevos.....	179
Figura 4.14: Costo de bastidor de rack. ....	183
Figura 4.15: Costo de travesaño o viga de rack. ....	184
Figura 4.16: Costo de base de rack. ....	185
Figura 4.17: Racks de 5 niveles (1) .....	192
Figura 4.18: Racks de 5 niveles (2) .....	192



Universidad de Cuenca

*Daniel Santiago Velecela Vega* autor de la tesis "DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ESTANTERÍA METÁLICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DFSS EN TUGALT S.A", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca 27 de Abril del 2015

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval shape. The signature appears to read "Daniel Santiago Velecela Vega".

Daniel Santiago Velecela Vega

C.I: 010439390-5



Universidad de Cuenca

Daniel Santiago Velecela Vega autor de la tesis "DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ESTANTERÍA METÁLICA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DFSS EN TUGALT S.A", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca 27 de Abril del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniel Velecela", written over a horizontal line.

Daniel Santiago Velecela Vega

C.I: 010439390-5



# CAPÍTULO I

## 1. Generalidades.

### 1.1 Introducción.

El siguiente tema de tesis se realizará en la empresa TUGALT. S.A, empresa perteneciente al Grupo Industrial Graiman ubicada en el parque industrial (entre Machángara y Panamericana Norte Km 4) de la ciudad de Cuenca. La empresa está dentro del sector de manufactura metal-mecánico dedicada a la transformación de chapa metálica con algunos valores agregados más como son el galvanizado y roscado de algunas de sus tuberías de conducción de fluidos.

La empresa ha venido enfrentándose a varios retos a lo largo de su vida, entre los cuales podemos destacar, el aumento de la competencia tanto de empresas nacionales como internacionales, esta competencia no solo involucra los precios si no también el desarrollo de nuevos productos, ya que el uso generalizado del acero por parte del sector de la construcción e inmobiliario ha desencadenado un aumento en la demanda de los productos de acero.

Tugalt se ha caracterizado en el mercado por su alta calidad en sus diferentes tipos de productos, pero no ha tenido éxito a la hora de proponer nuevos, ya sea por falta de un profundo conocimiento en el mercado o por no disponer de una metodología destinada al desarrollo de nuevos productos.

Por tal motivo el objetivo del presente trabajo está orientado a diseñar un producto en particular, como es la estantería metálica conocida también con el nombre de Racks, utilizando el enfoque DFSS con su metodología y herramientas analíticas.



## 1.2 Historia y Descripción de la empresa

Tugalt fue constituida en 1963 de la mano del Señor Alfredo Peña Calderón cuyo hombre visionario y de gran temple hizo realidad su sueño de traer trabajo y progreso a su tierra, después de vivir en los Estados Unidos en donde conoció a su gran amigo y socio el Ing. Hamilton quien era compañero en la marina de dicho país se propusieron regresar al Ecuador e invertir en una empresa la cual se llamaría más tarde Vanderbilt para luego fundar Tugalt y el resto de las empresas que hoy en día conforman el Grupo Industrial Graiman.

En sus comienzos Tugalt fue la primera empresa dedicada a la fabricación de tubería, perfilería y techos en el país, con una visión de ser líderes en la producción de productos de acero en la región y en el país.

En la actualidad Tugalt posee unas de las mejores máquinas para los procesos de transformación de chapa metálica, es así, que las mismas tienen origen europeo tal es el caso de BONAK empresa española dedicada a la construcción de maquinaria para la producción de diferentes tipos de productos de acero.

Tugalt tiene a disposición del mercado productos de alta calidad tales como: tubería negra como galvanizada, perfilería y techos, teniendo sus centros de distribución a nivel nacional tanto en Guayaquil (HIDROSA) en Quito (centro sur y norte) y en Cuenca (centro TOTOTACOCHA).



### 1.3 Productos de Tugalt

Antes de hablar de los productos que fabrica Tugalt es necesario mencionar las materias primas que utiliza para la fabricación de sus diferentes productos.

La empresa utiliza una variedad de aceros que vienen en presentación de bobinas de 5 a 10 toneladas y con espesores que van desde 0.18 mm hasta los 5,2 mm entre los cuales constan:

- Acero comercial laminado en caliente ASTM A1011 que sirve para la producción de la mayor parte de productos en términos de volumen y variedad de su portafolio, es decir tubería negra y galvanizada en espesores desde 1.2 hasta 5.2 mm.
- Acero comercial laminado en frío ASTM A1008 se utiliza para la producción de tubería mueble y de carpintería metálica con espesores que van desde 0.7 a 1.1 mm.
- Acero pre galvanizado ASTM A653 tipo B que tiene las mismas características que el anterior pero incluye una capa de Zinc de 25 micras y cuyo uso es la Fabricación de tubería para cerramientos de bajos espesores.
- Aluzinc natural y pre pintado ASTM A792 CS AZM150 que tiene como material base el acero comercial más una capa de Zinc (45%) con aluminio (55%) esto para el caso de aluzinc natural y cuando es pre pintado va recubierto con una fina capa de pintura acrílica de varios colores a disposición del cliente con espesores desde los 0.23 a 0.4 mm. utilizados para la fabricación de techos trapezoidales.



- Acero estructural ASTM A653 SS37 G 90 en espesores de 0.65 a 1.23 mm. y que sirven para fabricar algunos tipos de perfiles estructurales livianos y la placa colaborante, este material es pre galvanizado con espesor de capa de 20 micras.
- Full Hard A1008 A366 es un material cuyo grado de dureza de 90 HRB y sirve para la fabricación de planchas onduladas o planchas de zinc cómo se las conoce en el mercado y viene en espesores de 0.18 a 0.20 mm.

Ecuador no es un país productor de acero, por lo que debe importar la materia prima desde distintos proveedores como: Nucor (China), Arcelor (Brasil e India), Termium (México) y SRI (Japón) para posteriormente procesarla y transformarla en productos para ser utilizados en varios sectores de la economía nacional.

Los productos que Tugalt fabrica se elaboran con acero que cumple con las normas ASTM, SAE y JIS. La empresa cuenta con un portafolio de productos muy diversos, la cual se resume en la Tabla 1.1, Tugalt codifica sus productos tomando en cuenta la familia a la cual pertenece el producto, el espesor de la lámina de acero, el desarrollo del corte, y la calidad del producto, esto para el caso de la tubería, y para techos se da la variante de la longitud de la plancha en vez del desarrollo del corte. Así tenemos por ejemplo:

Código:        1871800157NUE

En donde:



- 187 Familias de producto (redondo cerramiento)
- 180 Espesor de la lámina (1.8 mm)
- 0157 Desarrollo de corte (ancho del fleje)
- NUE Calidad (tubería **N**egra en **U**nidades de **E**xportación).

**Tabla 1. 1: Mix de productos de la empresa Tugalt**

Mix de productos		
Familia	Código del Producto	Denominación
Tubería	111	TUBO REDONDO MUEBLE
	112	TUBO CUADRADO MUEBLE
	113	TUBO RECTANGULAR MUEBLE
	131	TUBO ALUMINIZADO
	157	CAÑERÍA NEGRA ISO II
	158	CAÑERÍA GALVANIZADA ISO II
	167	CAÑERÍA NEGRA ASTM
	168	CAÑERÍA GALVANIZADA ASTM
	177	TUBO LIVIANO EMT (3m)
	178	TUBO LIVIANO EMT (6m)
	187	TUBO CERRAMIENTO NEGRO
	188	TUBO CERRAMIENTO GALVANIZADO
	191	TUBO ESTRUCTURAL REDONDO
	192	TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO
	193	TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR
TECHO	7F7	TECHO TRAPEZOIDAL
	7F4	TECHO CURVO
	2H6	Mini onda
PERFILES	4G7	PERFIL G
	4M7	PERFIL TIPO OMEGA
	4C7	PERFIL C
	4L7	Perfil Tipo L
	4C8	Perfil Galvanizado tipo C
PLACA COLABORANTE	6F0	PL COLABORANTE G
PLANCHAS	2F8	Plancha Galvanizada
	2E8	Plancha.Galvanizada.Lisa

**Fuente: Elaboración propia.**



A continuación detallamos algunas de las características (ver tabla 1.2) de los productos que fabrica Tugalt.

**Tabla 1. 2: Características de la tubería Tugalt.**

Tipo	Acabado	Calidad Normal	Norma de Fabricación	Extremo	Largo Normal	Espesor (mm)	Sección
Flúidos	Negro, galvanizado	JIS-G-3132	ISO R65/Serie liviana II	De máquina biselados o roscados	6000 mm	2, 2.3, 2.5, 2.65, 3.2 y 3.6	∅
	Negro, galvanizado	JIS-G-3132	ASTM A53/A	De máquina biselados o roscados	6000 mm	2.65, 3.2, 3.6, 5 y 5.2	∅
EMT	Galvanizado	Laminado en frío	ANSI C80-3	Biselados	3000 mm	1, 1.2 y 1.4	∅
Estructural	Negro, galvanizado	JIS-G-3132-SPHT-1	ASTM A500	De máquina	6000 mm	1.8, 2 y 3	∅
	Negro, galvanizado	JIS-G-3132-SPHT-1	ASTM A500	De máquina	6000 mm	1.5, 1.8, 2 y 3	∅
	Negro, galvanizado	JIS-G-3132-SPHT-1	ASTM A500	De máquina	6000 mm	1.5, 1.8, 2 y 3	∅
Muebles	Negro	JIS-G-3141	ASTM A500	De máquina	6000 mm	0.7, 0.9, 1.1 y 1.4	∅
	Negro	JIS-G-3141	ASTM A500	De máquina	6000 mm	0.7, 0.9, 1.1, 1.4 y 1.5	∅
	Negro	JIS-G-3141	ASTM A500	De máquina	6000 mm	0.7, 0.9 y 1.1	∅

**Fuente: Documentos TUGALT, Comercialización.**



## 1.4 Procesos de fabricación

A continuación se realiza una breve descripción del proceso de producción de Tugalt.

### 1.4.1 Recepción de materia prima



**Figura 1.1: Bodega de materia prima.**

Las bobinas de acero llegan a nuestro país por el Puerto Marítimo de países tales como: China, México, Brasil, Rusia y Japón, en donde se verifica el certificado de calidad de materia prima del proveedor, que debe contener la información de la descripción de la materia prima, el número de bobinas, el peso bruto, el número de negociación; para comprobar que las mismas cumplan con las normas estrictas internacionales calificadas como la japonesa JIS (Norma Industrial Japonesa) y la estadounidense ASTM (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales).



### 1.4.2 Corte de flejes



**Figura 1.2: Cortadora de flejes Bonak.**

En este proceso se cortan las bobinas de acero según el ancho de fleje que venga en la orden de producción emitida por programación de la producción, para lo cual se utiliza cuchillas rotativas que realizan el corte por cizallamiento. Para realizar el corte de bobinas, es necesario armar los anchos de flejes requeridos con los separadores de acero y caucho, que junto con las cuchillas de acero inoxidable forman los anchos respectivos de cada fleje a cortar, este procedimiento se lo realiza tanto para el eje excéntrico superior como para el eje excéntrico inferior de forma que se intercambien posiciones entre enteros ( anchos de corte) y compañeros [anchos de corte – (2 veces el ancho de cuchillas + 10% del espesor de la lámina a cortar)].



Es muy importante señalar que el armado de los cortes de flejes se debe tener una estricta limpieza tanto de los separadores de acero como las cuchillas de acero inoxidable para no interferir con la medida del ancho de corte.

### 1.4.3 Conformado



**Figura 1.3: Conformado de tubos formadora 2.**

Para este proceso existen 4 máquinas formadoras y una perfiladora que procesan distintos tipos de anchos de flejes y espesores de láminas, así por ejemplo la formadora dos (figura 1.3) procesa espesores de lámina desde 2.0mm hasta 5.2mm a diferencia de la formadora 5 que procesa espesores de lámina desde 0.7mm hasta 1.8mm.

El proceso comienza por la recepción de la orden de producción por la máquina asignada para el trabajo, luego se verifica la orden para proceder al armado (cambio de línea).

El cambio de línea consiste en remplazar los rodillos ya utilizados para completar una orden de producción, por rodillos para completar una nueva orden de producción, en este proceso se desmonta los rodillos verticales y horizontales del tren formador como del tren calibrador, luego se desmonta los



rodillos de la mesa de soldadura y cabeza de turco, terminado esto se procede a realizar una limpieza y lubricación de los ejes para dar paso al montaje del tren formador y el tren calibrador con los rodillos verticales y horizontales, también se realiza el montaje de los rodillos de la cabeza de turco y mesa de soldadura, terminado el montaje se procede a pasar la lámina y a dar el ajuste final para alcanzar la medida del tubo dentro de las tolerancias , por último se programa la máquina para realizar el corte de la medida longitudinal especificada por la orden de producción, se enciende el sistema de refrigeración y se da marcha junto al sistema de soldadura por alta frecuencia.

#### **1.4.4 Perfilado**

Este proceso está dentro del proceso de conformado, de igual manera su proceso antecesor es el corte de flejes y es muy importante para el desarrollo del presente proyecto ya que es aquí donde se elaboran la mayor partes del nuevo producto.

Por lo tanto es importante hacer una breve descripción de las partes con las que cuenta esta máquina (ver figura 1.4), siendo las siguientes:



**Figura 1.4: Perfiladora Bonak.**

- Desenrollador de flejes



**Figura 1.5: Desenrollador de perfiladora.**

El desenrollador es el encargado de alimentar a la máquina o prensa con los distintos tipos de flejes según el producto.

- Prensa de 50 Ton con alimentador de Control numérico.



**Figura 1.6: prensa de perfiladora con control numérico.**

**Figura 1.6: Prensa de perfiladora con control numérico.**

Después que el fleje ha sido alimentado por el desenrollador, este pasa por la prensa y es controlada por el control numérico para la realización de ciclos de perforación.

Nota: la prensa trabaja cuando se requiere perforaciones en el perfil, caso contrario esta se desactiva, es decir solo trabaja la zona de conformado o perfilado.

- Bancada conformadora de Perfiles.



**Figura 1. 7: Bancada conformadora de perfil.**

En esta parte de la máquina se conforman los pliegues mediante un sistema de rodillos de la misma manera que para el conformado de tubos se requiere un juego de rodillos para cada tipo de perfil los mismos que se cambian según la necesidad o especificación del producto.

- Cizalla Hidráulica.

Es la última parte de la máquina y es donde se corta el perfil a la medida requerida, esto se logra mediante una cizalla hidráulica que está sobre un sistema de avance controlado por un sistema neumático.



**Figura 1.8: Cizalla hidráulica.**

#### **1.4.5 Taller de nuevos productos**



**Figura 1.9: Taller de nuevos productos.**

Este proceso nació junto con la necesidad del desarrollo de nuevos productos para ello la dirección dispuso de algunas herramientas que se disponían dentro de la empresa como son: Torno, Taladro, prensa neumática e hidráulica, soldadoras y equipo de pintura.



El taller de nuevos productos recibe la mayor parte de elementos de las líneas de producción para luego hacer los mecanizados y terminados para cada producto.

#### 1.4.6 Biselado de tubos



**Figura 1.10: Biselado de tubo en rebabadora 1**

Es un proceso cuyo objetivo es eliminar la rebaba (viruta de acero) que se produce por el corte de la sierra de las máquinas formadoras, para ello se monta las cuchillas cuyas características depende de la medida y espesor del tubo que se va a rebabar, luego se monta las mordazas según la medida del tubo y se procede a calibrar el aire de los pistones que presionan las mordazas para evitar una sobrecarga sobre los tubos y así la deformación de los mismos.



### 1.4.7 Decapado y galvanizado de tubos



**Figura 1.11: Decapado y galvanizado de tubos.**

En el decapado los tubos son sometidos a diferentes baños químicos a lo largo de su recorrido así, el primer baño se lo realiza en una solución de ácido fosfórico cuyo nombre comercial es Hydronet para luego pasar a una solución de ácido Clorhídrico (HCl) y por último pasar a un baño en una solución salina denominada cloruro de zinc amonio, esta sal actúa como un fundente para la aleación del zinc con el acero.

El galvanizado es un proceso mediante el cual se adhiere una fina capa de zinc a la superficie del tubo de acero mediante las diferentes aleaciones que se producen entre el zinc y el acero a temperaturas mayores a los 430 °C, para ello los tubos son sumergidos en una cuba de zinc a la temperatura mencionada, en donde el zinc está en estado líquido para luego ser sacados con un tiempo controlado de inmersión que va desde 1 minuto hasta tres minutos.



#### 1.4.8 Roscado y empaquetado de tubos



**Figura 1.12. Roscado y empaquetado de tubos.**

El Roscado es el proceso por el cual se construyen los hilos de la rosca, los mismos que están normalizados por la norma ANSI, el procedimiento para el roscado es similar al del rebabado en la sujeción del tubo con mordazas, pero en vez de cuchillas se utiliza peines que están normalizados para cada medida por la norma ANSI (American National Standards Institute), luego de roscarlos se les coloca unos tapones de rosca para proceder a empaquetar.

El empaquetado es el proceso en el cual se agrupa a cada tubo por sus características de: dimensión, acabado superficial y espesor, luego se sujeta el paquete mediante zunchos y grampas, se coloca su respectiva tarjeta de identificación para ser enviado a la bodega de producto terminado.



### 1.4.9 Bodega de producto terminado



**Figura 1.13: Ingreso de productos a bodega.**

En esta parte los productos que fueron empaquetados se ubican en determinados lugares de la bodega de producto terminado, para en lo posterior ser enviados a otro destino que puede ser el cliente u otra bodega a nivel local o nacional.

Es muy importante que los productos que ingresan a la bodega de producto terminado deben tener su respectiva identificación en el extremo del paquete, en la figura 1.20 se muestra un flujo grama de los procesos de manufactura de Tugalt.

## 1.5 Diagnóstico de la Situación Actual

### 1.5.1 Clientes Externos<sup>1</sup>

Tugalt clasifica a sus clientes de acuerdo a los diferentes sectores que atiende en sus centros ubicados a nivel nacional divididos de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup>Fuente Comercialización Tugalt.



- Distribuidores con un 70%.
- Constructores con un 20%.
- Metal mecánicos 5 a 7%.
- Clientes en general de un 3 a 5%.

Como podemos observar dentro de los principales clientes de Tugalt están los distribuidores y el sector de la construcción en general; a los cuales se trata siempre de satisfacer sus necesidades de la mejor manera posible. Entre las demandas que nuestros clientes exigen son:

- ✓ Disponibilidad en cantidad y variedad
- ✓ Nuevos productos acordes a la necesidad del mercado
- ✓ Productos de calidad
- ✓ Menor tiempo de entrega de productos
- ✓ Crédito oportuno y de tres meses
- ✓ Precios razonables
- ✓ Servicio de asesoría técnica

### **1.5.2 Análisis Interno**

Se ha considerado para el análisis interno, todos los procesos de la compañía como son: El Departamento de Producción, Ventas, Comercialización, Calidad, Desarrollo Organizacional, Seguridad Industrial, con el personal que forma parte de los mismos. Entre las demandas que sus clientes establecen están:

- ❖ Tener seguridad laboral



- ❖ Objetivos claros
- ❖ Establecimiento de directrices claras por parte de sus líderes
- ❖ Capacitación
- ❖ Seguridad en el trabajo
- ❖ Comunicación y relaciones humanas
- ❖ Participación de beneficios

Sin duda que en los últimos años se ha puesto de manifiesto por parte del personal que labora en la empresa, la necesidad de tener un verdadero plan de capacitaciones, puesto que los retos a los cuales se enfrentan cada día exige mayor preparación y destrezas por parte de sus colaboradores.

### **1.5.3 Crecimiento de la empresa<sup>2</sup>**

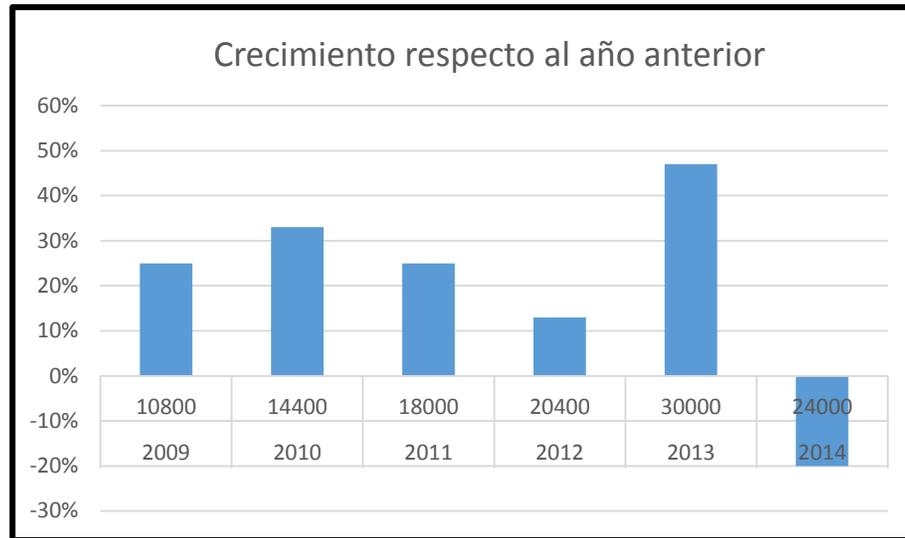
Podemos señalar que la empresa TUGALT, desde el año 2008 ha venido creciendo en el nivel de participación del mercado referente a sus años anteriores, así, en el 2009 tuvo un crecimiento del 26%, para el 2010 reporto un crecimiento del 32%, para el 2011 disminuyó su crecimiento al 25%, en el año 2012 de igual manera apenas creció un 13%, pero en el 2013 su crecimiento fue del 47% llegando a facturar más de 3 millones de dólares al mes; para este año 2014 su participación en el mercado ha decrecido alrededor de un 20% con respecto al 2013 a causa de la disminución del crecimiento del país. A continuación se muestra la figura 1.14 que resume lo anteriormente mencionado.

---

<sup>2</sup>Fuente: Departamento de Comercialización.



**Figura 1.14: Crecimiento de la empresa Tugalt.**



**Fuente: Elaboración propia.**

#### **1.5.4 Análisis del entorno.**

En este tipo de negocio como de cualquier otro es fundamental evaluar el entorno donde se desenvuelve la empresa, y para esto es necesario evaluar las siguientes variables:

- ❖ Fuerzas competitivas
- ❖ Fuerzas económicas
- ❖ Fuerzas sociales
- ❖ Fuerzas políticas
- ❖ Fuerzas tecnológicas

Los cambios en las variables del entorno, significan cambios en la demanda de consumidores. Dentro de las variables más representativas para la empresa se



encuentra la económica, teniendo en cuenta el precio del acero y su producción, también se toma en cuenta la competencia de la empresa; estas se tratan a continuación.

#### **1.5.4.1 Fuerzas económicas.**

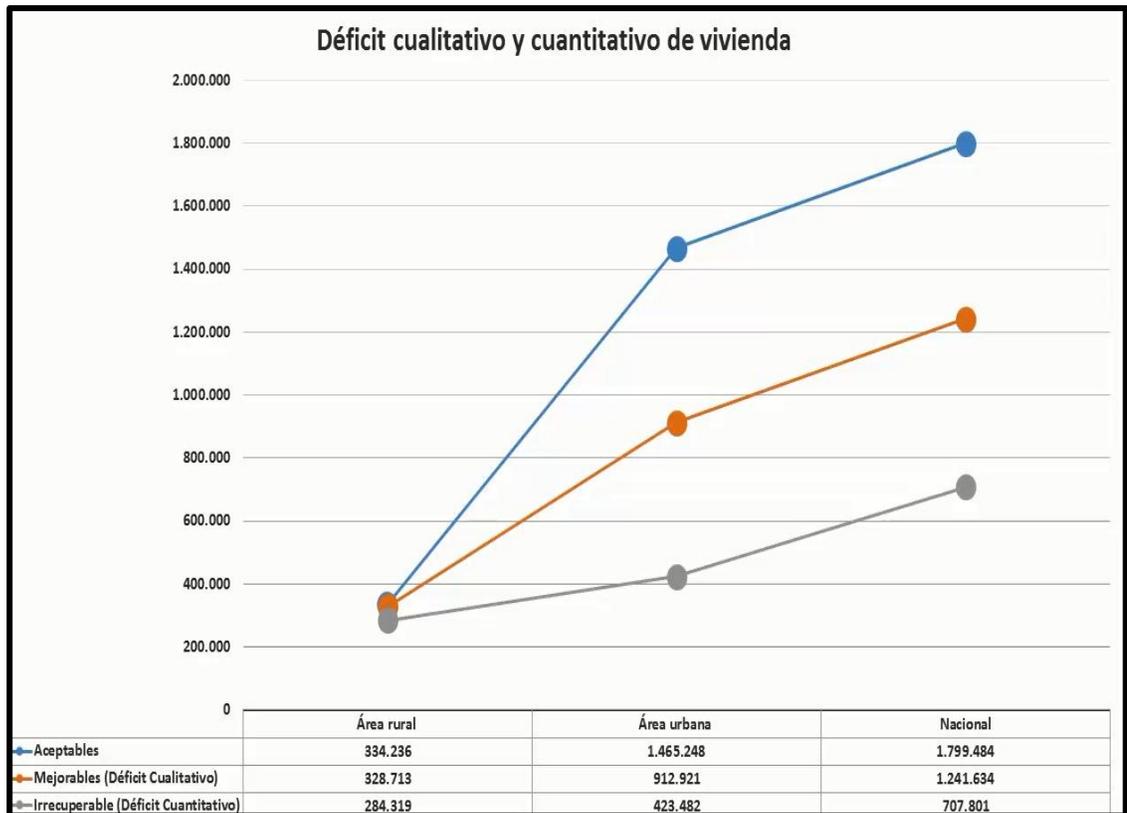
Para hacer este análisis, veremos cómo está el sector de la construcción en Ecuador, ya que es este sector que incentiva el consumo de diferentes productos de acero, adicional a esto, veremos el precio del acero que es la materia prima principal de la empresa.

- **Sector de la construcción en Ecuador**

Como ya se mencionó, el sector de la construcción en el Ecuador es la fuerza que determina el consumo de los diferentes tipos de productos de acero como son: varilla de acero, tubos, placa colaborante, techos perfiles etc.



**Figura 1.15: Déficit de vivienda en Ecuador.**



**Fuente: Cámara de la construcción del Ecuador**

Como se puede ver en la figura 1.15 existe un déficit de cerca de 1.800.000 viviendas por cubrir tanto en sectores urbanos como rurales.

Los incentivos para la reactivación del sector de la construcción que se hace a través de créditos hipotecarios por parte del BIESS. A continuación en la tabla 1.3 se observa el monto de préstamo que se puede acceder en función del sueldo que se percibe y la tasa de interés que varía de acuerdo a los años solicitados para cancelar dicho préstamo.



**Tabla 1.3: Tasa de interés activo para la construcción**

Sueldo Reportado	Cuota Máxima Mensual 40% del Sueldo	Tasa Nominal que se aplica al Préstamo según el plazo ( * )				
		7.90%	7.90%	8.20%	8.69%	8.69%
	Cuota Mensual	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años	25 Años
240	96	4.746	7.947	9.925	10.911	11.735
350	140	6.921	11.589	14.474	15.911	17.113
400	160	7.910	13.245	16.542	18.184	19.558
500	200	9.887	16.556	20.678	22.730	24.448
600	240	11.864	19.868	24.813	27.276	29.337
700	280	13.842	23.179	28.949	31.822	34.227
800	320	15.819	26.490	33.084	36.368	39.116
1.000	400	19.774	33.113	41.355	45.460	48.896
1.250	500	24.718	41.391	51.694	56.826	61.119
1.500	600	29.661	49.669	62.033	68.191	73.343
2.000	800	39.548	66.225	82.710	90.921	97.791
3.000	1.200	59.322	99.338	124.065	136.381	146.687
4.000	1.600	79.096	132.451	165.420	181.842	195.582
5.000	2.000	98.870	165.563	206.775	227.302	244.478
10.000	4.000	197.740	331.126	413.550	454.604	488.955

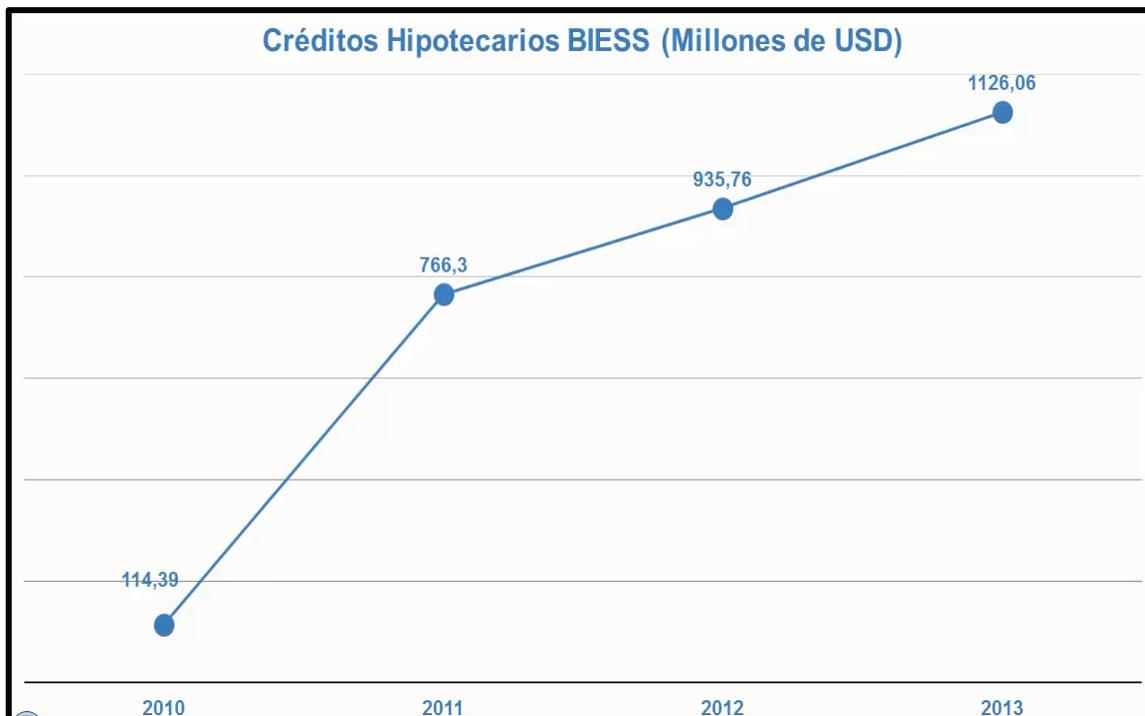
**Fuente: Banco del BIESS**

**<http://www.biess.fin.ec/hipotecarios/construccion-de-vivienda> día de la consulta 13/10/014.**

En la figura 1.16 podemos observar la cantidad de dinero invertida por el BIESS para la construcción en los denominados créditos hipotecarios.



**Figura 1.16: Histórico de créditos hipotecarios.**



**Fuente: Cámara de la construcción del Ecuador**

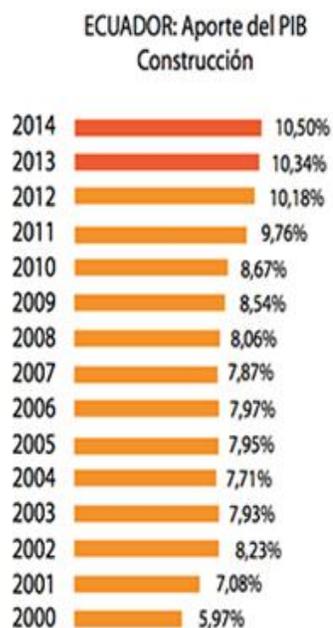
En el año 2013 se invirtió 1126,06 millones de dólares para el sector de la construcción de vivienda ,se espera que para el año 2014 y 2015 el crecimiento<sup>3</sup> sea del 4.5% para ambos años, esto significaría que la inversión en el 2014 estaría entre 1180 millones de dólares, y para el 2015 representaría 1230 millones de dólares en el sector de la construcción de viviendas; y para las obras públicas o civiles estaría calculado con la cantidad de aporte del PIB para la construcción menos lo que se invierte para el sector de la vivienda.

<sup>3</sup><http://www.clave.com.ec/1062->

[Estimaciones para el Mercado Inmobiliario Ecuador Colombia y Per%C3%BA.html](http://www.clave.com.ec/1062-Estimaciones%20para%20el%20Mercado%20Inmobiliario%20Ecuador%20Colombia%20y%20Per%C3%BA.html) día dela consulta 13/10/2014



**Figura 1.17: Aporte de PIB al sector de la construcción.**



Fuente: [www.clave.com.ec](http://www.clave.com.ec) día de la consulta 14/10/2014

Si calculamos el PIB a través del crecimiento previsto para el 2014 que es del 4.5%<sup>4</sup> teniendo como base el año 2013 en donde el PIB fue de 90351 millones de dólares; tendríamos para este año 94416 millones de dólares, si lo multiplicamos por el porcentaje que representa en el sector de la construcción (ver figura 1.17) tenemos que la inversión en construcción es de 9913 millones de dólares, quedando distribuido de la siguiente manera 1230 millones en el sector de la vivienda y 8683 millones para la obra pública.

En la tabla 1.4 se muestra algunos indicadores macroeconómicos del país.

<sup>4</sup>Banco central del Ecuador



**Tabla 1.4: Indicadores macroeconómicos del Ecuador.**

Deuda externa Pública como % del PIB (13.301 millones)	13.90%
Inflación actual( septiembre- 2014/Septiembre.2013)	4.19%
Inflación Mensual (septiembre 30-2014)	0.61%
Tasa de desempleo a junio 30-2014:	5.71%
Tasa de interés activa (octubre/14):	8.34%
Tasa de interés pasiva (octubre/14):	5.08%
Barril de petróleo(WTI 32-Ago-2014)	95.96 USD
Índice Dow jones (01-Sep-2014):	17098.45 USD
Riesgo País	412

**Fuente: Banco Central del Ecuador.**

A fines del año 2013, el saldo de la deuda externa pública fue de USD 12,920.2 millones, 14.3% del PIB, mientras que el saldo de la deuda externa privada fue de USD 5,685.4 millones, 6.0% del PIB a finales del mes de julio de 2014, el saldo de la deuda externa pública fue de USD 15,229.5 millones y el de la deuda externa privada fue de USD 6,160.3 millones. En el mes de julio, la tasa de variación (t/t-1) de la deuda externa pública fue positiva en 4.3% y la de la deuda privada en 0.43%.

La inflación anual de agosto de 2014 se ubicó en 4.15%, porcentaje superior al de igual mes del 2013 (2.27%). Por divisiones de consumo, 5 agrupaciones se ubicaron por sobre el promedio general, siendo los mayores porcentajes los de Bebidas Alcohólicas; Bienes y Servicios Diversos; Alimentos y Bebidas No Alcohólicas y, Educación; mientras que en las Comunicaciones se registró deflación.



Al analizar la estructura de la población económicamente activa (PEA) urbana, se puede observar que en junio de 2014, la tasa de desocupación es del 5.7% una tasa mayor que el 2013 (4.9%).

El West Texas Intermediate (WTI) en julio de 2014 alcanzó un valor promedio de 102.9 USD/barril, mostrando un decrecimiento de -1.6% con relación a similar mes del 2013. En el mismo mes y año, los precios del crudo Oriente y Napo registra también un decrecimiento de -8.7% y -11.6% en su orden con relación a julio de 2013.

El riesgo país ha disminuido en comparación de octubre del 2013 en más de 200 puntos de 661 a cerca de los 412 puntos.

El índice Dow Jones (valor promedio ponderado de las acciones de las 30 empresas más importantes de EEUU); ha subido en más de 1000 UDS en comparación al mes anterior del mismo año de 15327 a 16544.

- **Precio del acero.**

A continuación se observa la evolución del precio del acero desde el 2009 hasta la fecha. En la figura 1.18 el precio del acero se mantuvo con una tendencia al alza desde Enero del 2009 hasta Enero del 2011, llegando a un precio máximo de 958 UDS/ tonelada desde esa fecha hasta la actual; el precio del acero tiene una tendencia a la baja registrándose actualmente a un precio de 641UDS/tonelada (precio en planta).



Figura 1.18: Precios del acero.



Fuente: Departamento de Compras Tugalt.

A continuación se muestra la tabla 1.5 donde se indica que la tendencia del precio del acero se mantendrá hasta el 2015 (a la baja).

Tabla 1.5: Balance del mercado del acero 2011-2015.

Tabla 5: Balance de mercado del acero 2011-2015, millones de toneladas

	2011	2012	2013 p	2014 e	2015 e
Producción mundial	1.490	1.545	1.619	1.667	1.714
Var anual %	4,3	3,7	4,8	3,0	2,8
Consumo mundial	1.509	1.537	1.580	1.631	1.680
Var anual %	7,8	1,9	2,8	3,2	3,0
Balance	-19	8	39	36	34
Precios					
Promedio global HRC (\$/t)	754	653	614	601	595

Fuente: Elaborado en base a información de Macquarie Commodities Research y World Steel Association

Fuente: <http://www.cochilco.cl/estudios/info-hierro.asp> día de la consulta

13/10/2014

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



Esta baja de precios obedece al aumento en la capacidad de producción de acero y a una disminución en el consumo, especialmente por parte de China.

### **Matriz de evaluación de factores externos**

El análisis del entorno, concluye con la estructuración de una matriz de evaluaciones de factores externos (ver tabla 1.6).

Los procedimientos para la construcción de esta matriz son los siguientes:

- a) Elaborar una lista de amenazas y oportunidades decisivas para la empresa
- b) Asignar una ponderación a cada factor que oscila entre:
  - Sin importancia 0.01
  - Muy importante 1

La ponderación dada a cada factor indica la importancia relativa de dicho factor en el éxito de una empresa. La sumatoria de todas las ponderaciones dadas a los factores deben ser 1.0.

- c) Hacer una clasificación de uno a cuatro para indicar el impacto que cada variable presenta:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| • Amenaza importante     | 1 |
| • Amenaza menor          | 2 |
| • Oportunidad menor      | 3 |
| • Oportunidad importante | 4 |



- d) Multiplicar la ponderación de cada factor por su clasificación, para establecer el resultado ponderado para cada variable.
- e) Sumar los resultados ponderados para cada variable con el fin de determinar el resultado total ponderado para una empresa.

**Tabla 1.6: Matriz de evaluación de factores externos.**

<b>Factores externos claves</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Resultados ponderadas</b>
Precio del acero	0.4	4	1.6
Mantenimiento de la inversión en el sector de la construcción	0.4	3	1.6
Estabilidad política	0.1	2	0.2
Productos sustitutos	0.1	2	0.2
Total	1	11	3.6

**Fuente: elaboración propia por referencia de Tugalt.**

Sin duda que el precio del acero y la activación de la economía a través del sector de la construcción juegan un papel fundamental para el desenvolvimiento normal de la empresa, es decir; en busca del desarrollo y crecimiento del negocio, que por fortuna se ha mantenido según lo anteriormente analizado.

#### **1.5.4.2 Fuerzas competitivas**

Los principales competidores de la empresa TUGALT son IPAC, NOVACERO, KUBIEC-CONDUIC en todo su portafolio de productos, los cuales tienen tendencias muy agresivas tanto en precios como distribución, ya que al tener mayor participación en el mercado nacional ver (tabla 1.7) tienen mayor poder adquisitivo de la materia prima principal que es el acero.



**Tabla 1.7: Participación de empresas en el mercado del acero afines a Tugalt.**

<b>Empresa</b>	<b>Toneladas/mes</b>
IPAC	5000
NOVACERO	3000
KUBIEC-CONDUIT	2100
TUGALT	2000
Otras	2000
TOTAL	14100

**Fuente: Departamento de Comercialización Tugalt.**

Se considera que las fuerzas competitivas son los hechos y las tendencias ambientales que más pueden afectar la posición estratégica de la empresa. Por esto es conveniente realizar una matriz de perfil competitivo (ver tabla 1.8). Para la elaboración de la matriz se toma en cuenta:

- a) Factores claves de éxito del sector empresarial que se va analizar
- b) La ponderación a cada factor clave de éxito con el propósito de indicar la importancia relativa de ese factor de éxito del sector empresarial
  - Sin importancia 0.01
  - Muy Importante 1.00
- c) Asignar a cada competidor la debilidad o fortaleza; cada factor clave de éxito, en donde:
  - Debilidad Importante 1
  - Debilidad menor 2
  - Fortaleza menor 3



➤ Fortaleza mayor 4

d) La ponderación asignada a cada factor clave de éxito debe multiplicarse por la clasificación correspondiente a cada competidor para determinar un resultado ponderado para cada empresa, el resultado ponderado indica la fuerza o debilidad relativa de cada competidor en cada factor determinante de éxito.

e) Sumar la columna de resultados ponderados para cada competidor esto da un resultado ponderado para cada empresa, dicho total ponderado revela la fortaleza total de la empresa en comparación con la de sus competidores. El total ponderado, más alto indicará el competidor más amenazante, mientras que el menor revelará el más débil, los totales ponderados pueden variar de 1.0 (el más bajo) a 4.0 (el más alto).

**Tabla 1.8: Cuadro de perfil comparativo.**

Factores claves de éxito	Ponderación	TUGALT		IPAC		NOVACERO		KUBIEC-CONDUIT	
		Clasif.	R. Pond.	Clasif.	R. Pond	Clasif.	R. Pond	Clasif.	R. Pond
Calidad en los Productos	0.2	4	0.8	3	0.6	2	0.4	3	0.6
Atención al Cliente	0.15	2	0.3	4	0.6	2	0.3	3	0.45
Precio	0.3	2	0.6	4	1.2	3	0.9	3	0.6
Centros de Venta y distribución	0.15	2	0.3	3	0.45	3	0.4	3	0.3
Desarrollo de productos	0.2	1	0.2	2	0.4	2	0.6	3	0.6
Total resultados ponderados	1		2.2		3.25		2.6		2.55

**Fuente: elaboración Propia.**

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



Como se puede observar en la matriz competitiva, la empresa IPAC actual líder en el mercado posee las mayores ventajas competitivas en el mercado del acero a nivel nacional, seguido de NOVACERO y KUBIEC-CONDUIT.

En esta matriz también se observa que la atención al cliente, los centros de distribución, junto con el desarrollo de nuevos productos; será la clave para mejorar la competitividad dentro de Tugalt ya que como se mencionó anteriormente dado al volumen y poder económico que poseen las empresas en cuestión no es recomendable competir en precios.

### **1.5.5 Análisis Organizacional**

#### **Identificación de fortalezas y debilidades**

Las fortalezas son factores internos que contribuyen positivamente a la gestión de la empresa, y las debilidades son factores negativos que en cambio obstaculizan el adecuado desempeño.

**Matriz de evaluaciones de factores internos:** Esta herramienta analítica resume y evalúa las fortalezas y debilidades importantes de gerencia, mercadeo, finanzas, producción, investigación y desarrollo. Suministra una base para analizar las relaciones internas entre las áreas funcionales de la empresa.

El procedimiento para estructurar la matriz de evaluaciones de factores son los siguientes:

- a) Identificar las fortalezas y debilidades claves de la empresa.



b) Asignar la ponderación a cada factor que oscile entre:

✚ Sin importancia 0.01

✚ Muy Importante 1.00

c) Asignar una clasificación de uno a cuatro a cada factor, en donde:

❖ Debilidad Importante 1

❖ Debilidad menor 2

❖ Fortaleza menor 3

❖ Fortaleza mayor 4

d) La ponderación asignada a cada factor debe multiplicarse por la clasificación correspondiente para determinar un resultado ponderado para cada variable.

e) Sumar los resultados ponderados para cada variable. El total ponderado, más alto indicará la empresa con una posición interna fuerte, mientras que el menor revelará una organización con problemas débiles, los totales ponderados pueden variar de 1.0 (el más bajo) a 4.0 (el más alto).

**Tabla 1.9: Matriz de evaluación de los factores internos.**

Factores internos claves	Ponderación	Clasificación	Resultados ponderadas
Clima organizacional	0.2	4	0.8
Directrices claras por parte de la dirección	0.3	1	0.3
Investigación y desarrollo	0.3	1	0.2
Capacitación e instrucción	0.2	4	0.8
Total	1	10	2.1

**Fuente: elaboración propia.**



Como se muestra en la tabla 1.9, las principales debilidades se encuentran en la investigación y desarrollo de nuevos productos y la falta de directrices claras por parte de la dirección.

Esto nos indica que la investigación y desarrollo orientado a productos de mayor valor agregado para los clientes es de vital importancia.

#### **1.5.6 Misión.**

Fabricar y proveer servicios y productos de acero de alta calidad; utilizados en sistemas constructivos, que promuevan el éxito de nuestros clientes.

#### **1.5.7 Visión.**

Ser un referente nacional en la transformación del acero con valores agregados.

#### **1.5.8 Valores Corporativos.**

- Puntualidad
- Compromiso
- Desarrollo de nuestra gente
- Respeto a las personas
- Equidad
- Credibilidad e integridad
- Trabajo en Equipo
- Servicio
- Calidad de Producto<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Manual de Calidad de Tugalt.



### **1.5.9 Objetivos Generales.**

Para la implantación de objetivos, se tomó en cuenta lo que la empresa necesita alcanzar sea a corto o largo plazo. Entre estos objetivos se encuentra:

- Cumplir con el 95% del índice de cobertura productos
- Desarrollar productos con valor agregado
- Recuperar el nivel de ventas a cerca de 2500 toneladas

Estos objetivos se basan en la situación actual que tiene la empresa.

### **1.5.10 Estrategias.**

Las estrategias deben estar alineadas a los objetivos que se planteó para esto se debe:

- ✓ Coordinar mensualmente las necesidades de productos de parte de todas las zonas del país para los meses venideros en base a su stock y previsión de ventas conjuntamente con el departamento de producción y compras.
- ✓ Formar al personal técnico y comercial para el desarrollo de nuevos productos.
- ✓ Introducir nuevos productos para aumentar la participación en el mercado en base a su estudio.

### **1.5.11 Indicadores.**

- ✓ Sistema tipo semáforo basado en el ABC. Existencias físicas de bodegas.
- ✓ Ventas de los productos.
- ✓ Tiempo promedio de cambio de línea.



- ✓ Personas capacitadas, horas de capacitación por personal.
- ✓ Programas de capacitación puestos en marcha vs. los programas planeados.

#### **1.5.12 Políticas.**

- ✓ Es política de la empresa realizar y revisar diariamente las existencias de nuestros almacenes a nivel nacional.
- ✓ Es política de la empresa cumplir con los plazos de entrega de cada producto, especialmente los que tengan prioridad de urgente (pedidos puntuales).
- ✓ Es política de la empresa realizar un evaluación y fomentar la formación dentro del personal de nuestra organización.
- ✓ Es política de la empresa desarrollar productos con valor agregado que el mercado los necesiten.

#### **1.5.13 Política de Calidad <sup>6</sup>**

El compromiso de la Política de Calidad en Tubería Galvanizada Ecuatoriana S.A., se ha establecido por:

##### SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES

Identificamos claramente los requisitos del cliente con el propósito de aumentar su nivel de satisfacción.

- PRODUCTOS CONFORMES CON ESPECIFICACIONES O NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

---

<sup>6</sup>Manual de calidad de Tugalt.



Universidad de Cuenca

Producimos nuestros productos bajo un estricto control de calidad cumpliendo especificaciones o normas internas, internacionales o nacionales aplicables.

- COLABORADORES CONFIABLES Y CON ALTOS ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO.

Nos esforzamos por incrementar las competencias de nuestros colaboradores con el fin de mejorar su nivel de desempeño.

- MEJORAMIENTO CONTINUO.

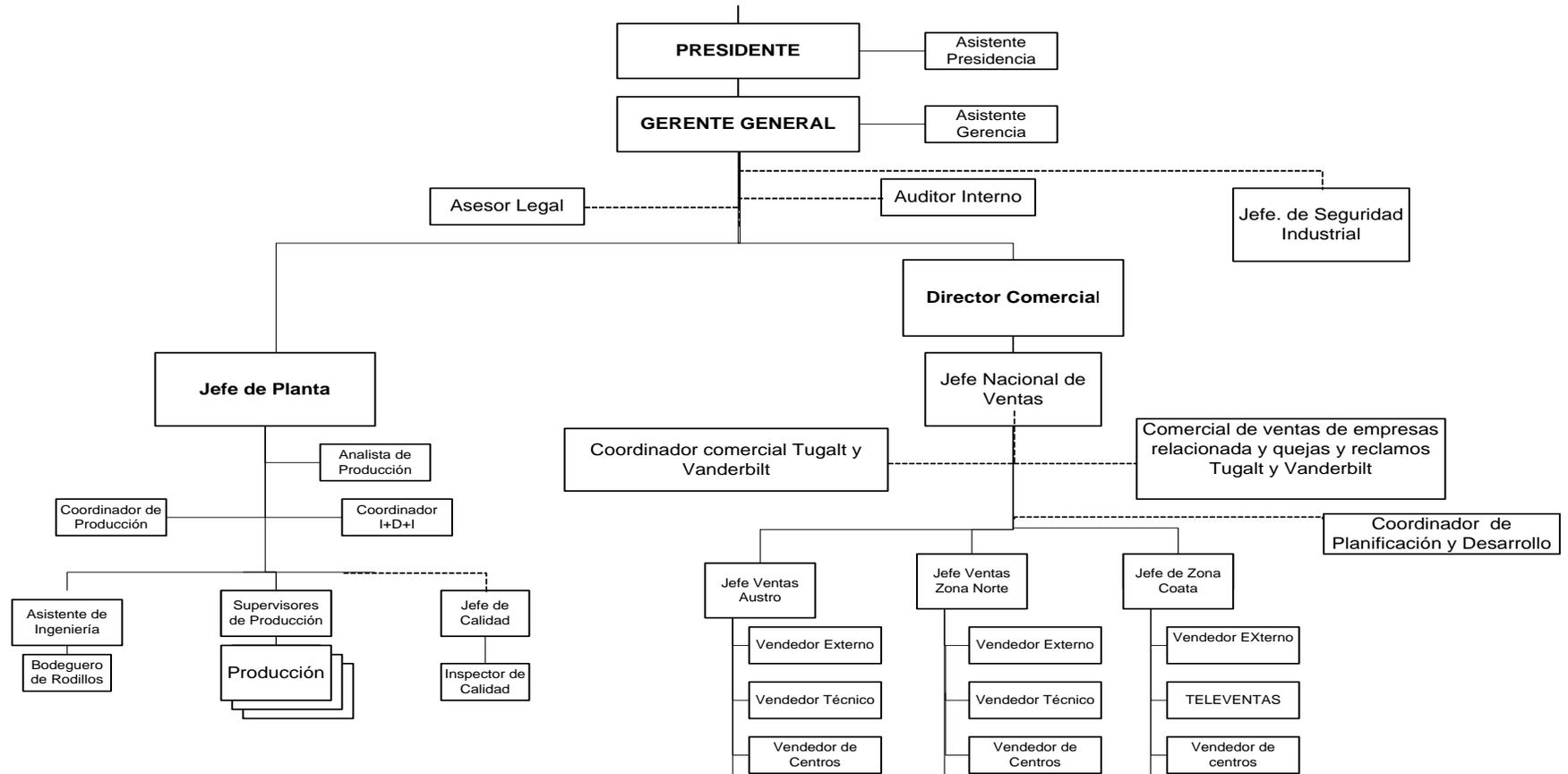
Planificamos, controlamos y medimos nuestros procesos con el propósito de mejorarlos continuamente.



### 1.6 Organigrama de la empresa

En lo que se refiere al análisis interno de la empresa, en su organigrama empresarial se lo presenta a continuación:

Figura 1. 19: Organigrama de la empresa Tugalt.



Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



## **1.7 Planteamiento del problema.**

Como se pudo ver en el análisis de perfil competitivo, se necesita hoy en día, el desarrollo de nuevos productos como ventaja competitiva fundamental, algo que Tugalt ha descuidado en los últimos años ya sea por falta de interés o por no tener el conocimiento de cómo hacerlo, por lo tanto, mientras la empresa no encamine sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos productos, estará en desventaja en un mercado cada vez más dinámico.

## **1.8 Justificación.**

Para mejorar el perfil competitivo de la empresa es necesario desarrollar productos con valor agregado siguiendo una metodología que asegure al máximo los resultados perseguidos.

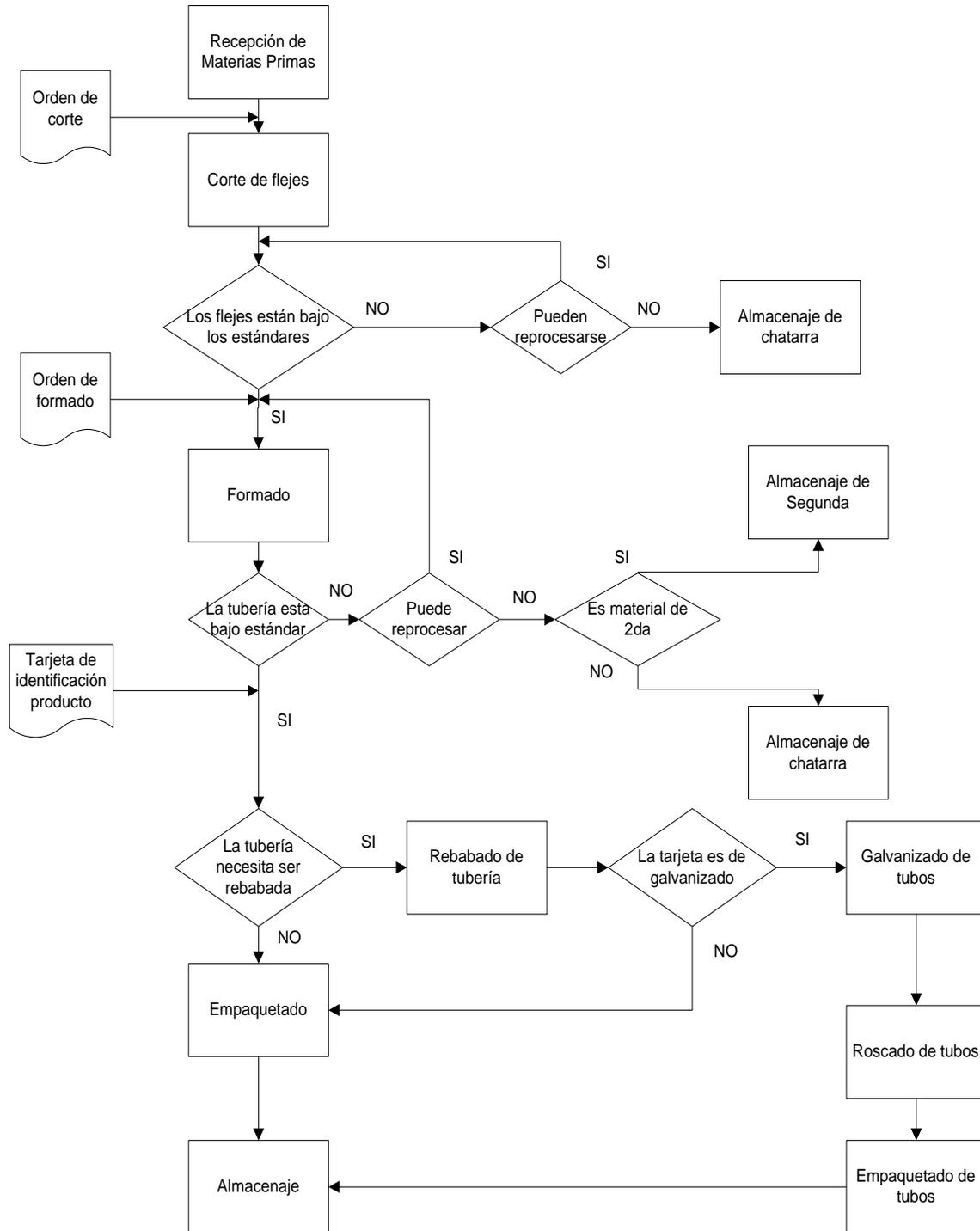
Hace algunos meses se implementó dentro de la empresa Tugalt el enfoque DFSS (Diseño por seis sigma), que no es otra cosa que la implementación de la metodología IDDOV (Identificar, Definir, Desdoblar, Optimizar y Verificar) que junto a unas herramientas analíticas promueve el desarrollo de productos .

## **1.9 Alcance de la Investigación**

Para el presente trabajo de tesis se planteó el desarrollar un producto (estantería metálica Paletizados o Racks Paletizados) siguiendo el enfoque DFSS. Que incluye el estudio de mercado hasta el desarrollo del producto.



**Figura 1.20: Flujograma del proceso de manufactura para Tubería y perfilería de Tugalt.**



**Fuente: Elaboración propia.**



## 1.10 Objetivos de la investigación

### Generales

Desarrollar un nuevo producto (estantería metálica paletizado o racks paletizado).

### Específicos

- Determinar la situación actual de la empresa.
- Determinar la metodología para el desarrollo de nuevos productos.
- Desarrollar el diseño del nuevo producto.
- Construcción del nuevo producto.

## 1.11 Proceso de desarrollo de producto

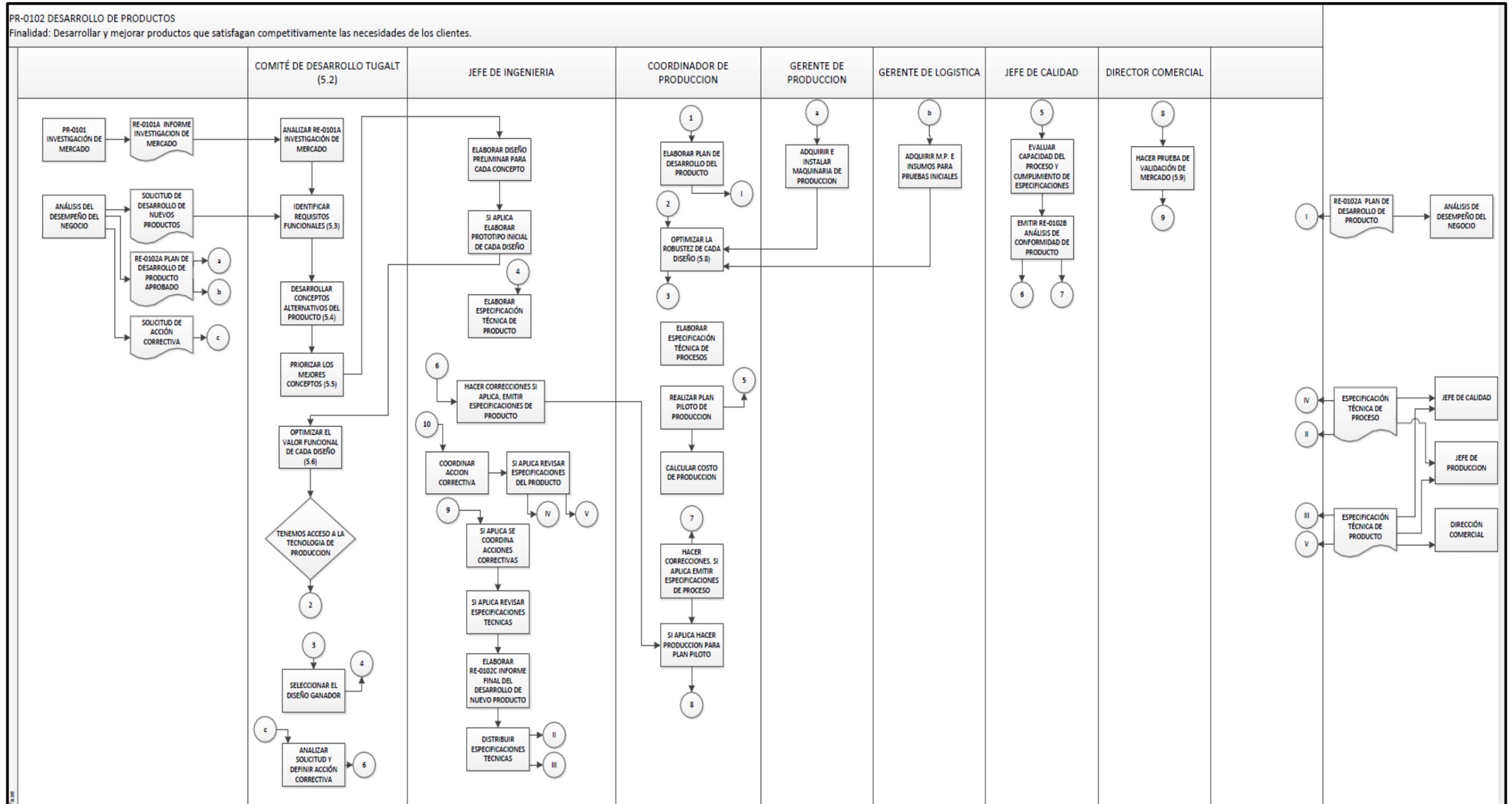
Este proceso fue creado por la alta dirección hace 6 meses en la empresa Tugalt por la necesidad de desarrollar nuevos productos con valor agregado y está conformada por el departamento de Compras (logística), Gerencia General, Producción e Ingeniería, todos estos departamentos forman el comité de desarrollo de nuevos productos.

En la figura 1.21 se muestra el SIPOC (El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo)<sup>7</sup> de Tugalt, el mismo que fue elaborado siguiendo la metodología DFSS con todas sus herramientas analíticas.

---

<sup>7</sup><http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc> día de la consulta 15/10/2014

Figura 1.21: SIPOC del proceso de desarrollo de productos de Tugalt



Fuente: Comité de desarrollo Tugalt.



# CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Introducción

En este capítulo veremos el sustento teórico del enfoque DFSS con su metodología y herramientas que permiten obtener productos de acuerdo a los requisitos del cliente.

La metodología utilizada por DFSS es la denominada IDDOV que es (Identificar, Definir, Desarrollar conceptos, Optimizar y Verificar) una serie de pasos que permiten tener una mejor visión y comprensión para el desarrollo de productos, como se mencionó, esta metodología va acompañada de algunas herramientas analíticas como VOC, QFD, AMEF, TRIZ, Ingeniería robusta, etc.

Las preguntas que planteamos en este capítulo son:

¿Qué es calidad?

¿Qué es Seis Sigma?

¿Qué es DFSS?

¿Cuáles son sus características y objetivos de DFSS?

¿Qué es la metodología IDDOV utilizada por el enfoque DFSS?

¿Cuáles son sus herramientas analíticas utilizadas por DFSS?

¿Cómo y cuándo utilizar dichas herramientas?



## 2.2 Calidad<sup>8</sup>

Es la capacidad para satisfacer necesidades explícitas o implícitas; esto es que, el producto o servicio debe ser capaz de cumplir con los requisitos de los clientes potenciales o en otras palabras “Hacer las cosas bien”, y libre de deficiencias, que significa que el producto o servicio debe cumplir con las necesidades del cliente de forma coherente, y a esto lo denominamos: “Hacer las cosas bien todo el tiempo.”

A continuación mostramos algunas de las dimensiones de la calidad:

**Tabla 2.1: Dimensiones de la calidad.**

Significado	Dimensión y ejemplo
Performance	Características primarias del producto, como el brillo , la imagen.
Características	Características secundarias, características adicionales, como el control remoto.
Especificaciones	De conformidad o estándares de la industria, localidad del trabajo.
Fiabilidad	La consistencia del rendimiento de tiempo, el tiempo promedio de falla.
Durabilidad	Vida útil, incluyendo la reparación.
Servicio	Solución de problemas y quejas, facilidad de reparación.
Respuesta humana	Interfaz humana, tales como la cortesía del concesionario.
Estética	Características sensoriales, como acabado exterior.
Las rentabilidades	Reputación y otros intangibles, como el primer puesto.

**Fuente: Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009 segunda edición página 3**

## 2.3 Seis Sigma

Sigma( $\sigma$ ) es una letra griega que se usa para designar a la desviación estándar, que es una medida de la variación dentro de un proceso de su valor medio.

Seis sigma es un enfoque para la mejora de procesos el cual se basa en el nivel de rendimiento de un proceso, así, si el nivel de rendimiento de un

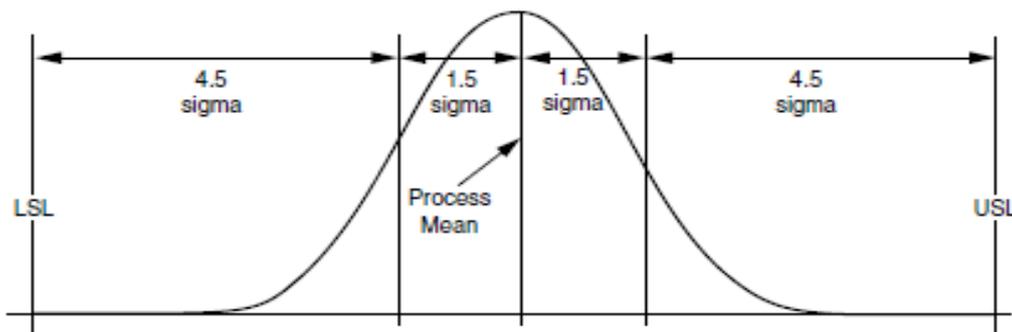
<sup>8</sup>Subir Chowdhury DFSS 2003 página 17.



proceso no es una constante si no una variable aleatoria; podemos utilizar la media y la desviación estándar del proceso como medidas claves del rendimiento del proceso.

Todo proceso tiene límites de especificación superior e inferior que son la base para el estudio de seis sigma, la diferencia entre estos dos límites es a lo que se denomina rango de aceptabilidad del proceso (USL-LSL), así, si la variación ( $\sigma$ ) es muy pequeña, los valores aleatorios estarán muy cerca de la media tanto como para que el valor media ( $\mu$ ) o valor ideal (T) más  $\pm 6\sigma$  estarán dentro del rango de aceptabilidad del proceso

**Figura 2.1: Interpretación de Motorola del programa seis Sigma.**



**Fuente: Motorola. Programa seis sigma.**

En la figura 2.1 Motorola se basa en que la media de un proceso es una variable aleatoria, así que le asigna  $1.5\sigma$  para cualquier lado de la distribución dejando  $4.5\sigma$  entre esta zona de seguridad y el límite de especificación del proceso respectivo. Por lo tanto, incluso si el proceso se desvía tanto como  $1.5\sigma$  del centro del proceso, un completo  $4.5\sigma$  permanece como seguridad. Esto asegura un peor escenario de 3,4 ppm (partes por millón) no conformes a cada lado de la distribución (6,8 ppm total)



A continuación se muestra los diferentes niveles sigma

**Tabla 2.2: Niveles Sigma.**

Nivel en Sigma	Defectos por millón de oportunidades	Rendimiento
6	3.4	99.9997%
5	233	99.98%
4	6210	99.3%
3	66807	93.3%
2	308537	69.15%
1	690000	30.85%
0	933200	6.68%

**Fuente:** <http://www.pdcahome.com/4466/calcular-el-nivel-sigma-del-proceso/> día de consulta 27/10/2014.

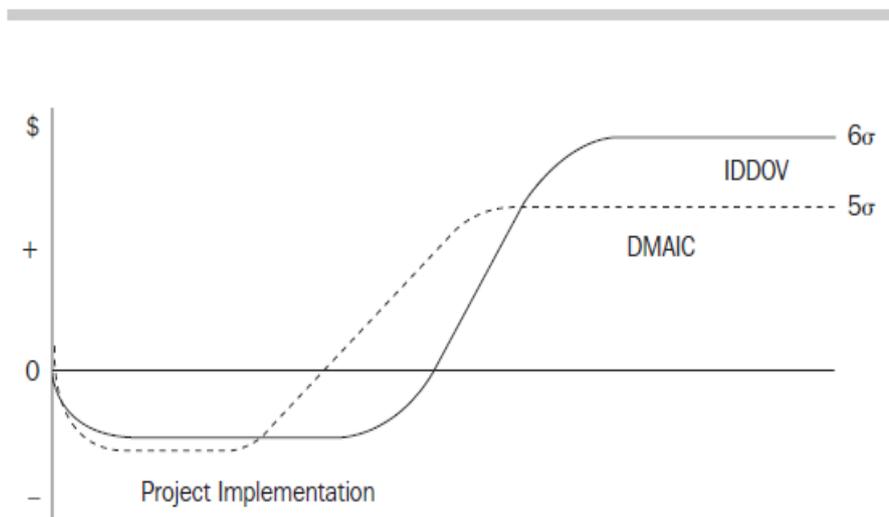
Hay dos maneras para poder conseguir un nivel de 6  $\sigma$ , la una es utilizar la mejora de procesos a través de un programa Seis Sigma, él mismo que utiliza la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Consolidar) y la otra que es utilizar el Diseño para Seis Sigma (DFSS) que es con su metodología IDDOV.

La experiencia indica, que el mejor rendimiento posible que una empresa puede lograr con el método DMAIC es Cinco Sigma, que sin duda alguna es un paso importante para casi todas las empresas, pero no un nivel de Seis Sigma para la calidad que desean. DMAIC puede producir rendimientos impresionantes, pero más cambios exhaustivos y duraderos pueden ser creados con DFSS.



A medida que las empresas suben el nivel sigma, los costos incurridos para tal objetivo son mayores que los beneficios alcanzados, esto es debido a que Seis Sigma se concentra en la resolución de problemas que aunque sea necesario, es un abordaje reactivo y al mismo tiempo garantiza la existencia de más problemas para el día de mañana, entonces para superar esto se recomienda actuar proactivamente en la fuente de la mayoría de los problemas técnicos en el ciclo de desarrollo del producto tal como lo hace DFSS.

**Figura 2.2: Metodología DMAIC (Seis Sigma) vs IDDOV (DFSS).**



**Fuente:** Subir Chowdhury DFSS 2003 página 39

## 2.4 DFSS (Diseño para seis Sigma)

Diseño por seis sigmas, es un enfoque o metodología que integra las herramientas analíticas al proceso de desarrollo de productos con la finalidad de asegurar que el desempeño de los productos o servicios se aproxime lo máximo al estado ideal, entendiéndose por ideal a:

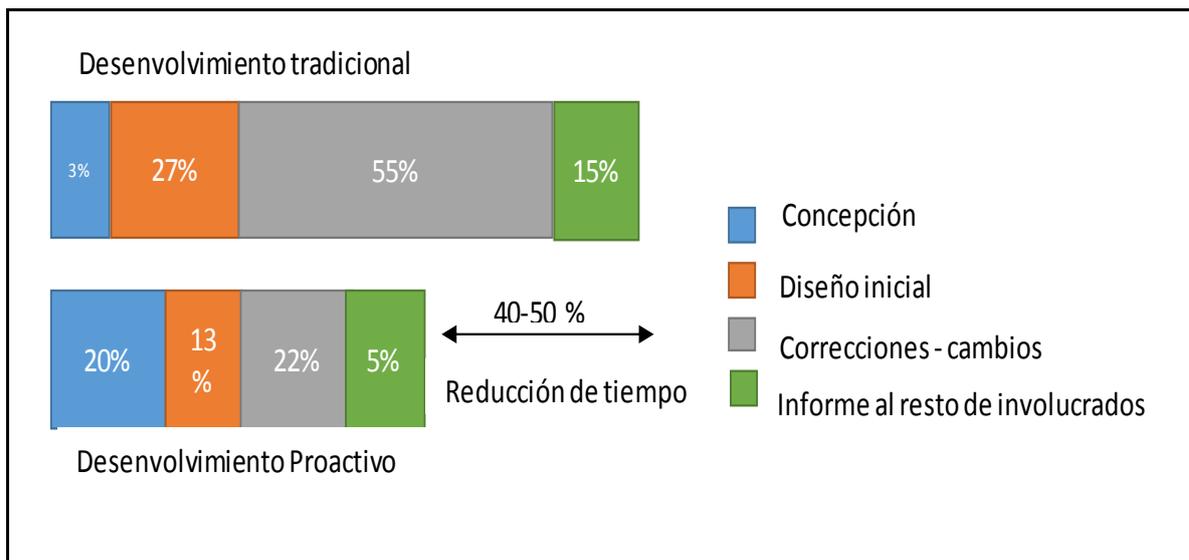
- Perfecta adecuación a las necesidades del cliente



- Mínima variabilidad ante el ambiente de trabajo
- Ausencia de defectos Perjudiciales
- Reducción de tiempo de desarrollo
- Menos cambios en su diseño
- Menor costo de desarrollo

Diseño para Seis Sigma se caracteriza por actuar en las etapas tempranas del desarrollo del producto, precisamente para evitar lo máximo posible el tener que corregir los errores en etapas más avanzadas, lo que da como resultado una disminución de tiempo de desarrollo del producto y por ende menor costo.

**Figura 2.3: Desenvolvimiento tradicional vs proactivo en el desarrollo del producto.**



**Fuente: Estudio de la fuerza Aérea de los EEUU, 1994.**

En la figura 2.3 se puede observar que cuando el desenvolvimiento es proactivo se invierte más tiempo en la concepción del producto (identificación de requisitos del cliente), el tiempo del resto de etapas disminuye a lo largo del desarrollo tales como: diseño inicial, correcciones y difusión.



Existen tres frentes de contribución del DFSS al ciclo de desarrollo del producto siendo estas:

1. La metodología IDDOV
2. Herramientas analíticas
3. Administración de proyectos

Siendo el último utilizado en proyectos complejos.

#### **2.4.1 Metodología IDDOV (Identificar, Definir, Diseñar, Optimizar y Verificar)**

La metodología IDDOV es una serie de pasos orientados al desarrollo de productos siendo los siguientes:

##### **2.4.1.1 Identificación de oportunidades**

La identificación de oportunidades en un contexto general, involucra una clara observación del entorno externo (mercado, competencias, innovaciones, etc.) como el interno (capacidad de producción, tecnología, habilidades, etc.), con el fin de establecer metas a corto o mediano plazo que permita un desarrollo de la empresa.

Los pasos para la identificación de oportunidades son las siguientes:

- **Selección de proyecto**

En esta parte, es muy importante investigar el mercado: (clientes externos, competidores, tecnología, sociedad); para identificar y priorizar oportunidades de nuevos productos, cabe señalar que el proyecto escogido debe ser relevante para el cliente (se recomienda utilizar la herramienta



analítica VOC<sup>9</sup>), así como, para la empresa para poder alinear con la estrategia y objetivos del negocio.

- **Formación del equipo de trabajo**

Lo más importante dentro de la formación de equipos de trabajo, es tener la participación directa de la gerencia o alta dirección, como directos responsables del desarrollo de nuevos productos, así, se difundirá a los demás cargos la importancia o relevancia que tiene el proyecto para la organización además que poseen un alto grado de influencia dentro de la empresa.

El equipo debe de estar conformado por especialistas directamente involucrados en el desarrollo de productos (jefes de producción, supervisores, obreros, mecánicos, etc.), es importante también señalar que el equipo debe contar con un acompañamiento periódico y soporte de la alta gerencia así como de un facilitador o experto en el uso correcto de la metodología IDDOV y sus herramientas analíticas.

- **Planificación del proyecto**

Es recomendable que la planificación y la ejecución del proyecto sean guiadas por un método eficaz de administración de proyectos (cadena crítica).

El plan del proyecto debe responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué oportunidad de mercado pretende explotar el producto?
2. ¿Qué buscamos con el proyecto? (propósito o misión del proyecto)
3. ¿Cómo vamos a saber si cumplimos el Propósito?
4. ¿Qué comprende o no el proyecto? (alcance del proyecto).

---

<sup>9</sup> Voz del Cliente (Voice of the Customer)



5. ¿Cuáles son las premisas básicas y restricciones?
6. ¿Qué personas comprenden el equipo del proyecto, y cuáles son sus responsabilidades?
7. ¿Cuáles son las reglas del equipo?
8. ¿En qué tiempo vamos a concluir el proyecto?
9. ¿Cómo serán administrados los problemas?

Es Recomendable establecer un formato estándar para el plan del proyecto DFSS.

Al final de la fase de Identificar oportunidades se espera obtener:

- Un proyecto claramente definido
- Un equipo formado y comprometido
- Consenso y apoyo gerencial asegurados

#### **2.4.1.2 Definir requisitos**

Para esta parte es de vital prioridad garantizar el éxito del proyecto, pues es aquí donde se determinan las necesidades del cliente, para esto es importante analizar las siguientes características:

- **Identificación de los clientes**

La identificación de los clientes se refiere a determinar los diferentes segmentos de mercado, el foco central para determinar dichos segmentos sería el usuario final del producto (quien paga por el producto completo).

También es necesario considerar a toda la cadena de clientes internos y externos como: Manufactura, Ensambladores, Distribuidores, Revendedores, etc.



- **Definición de los requisitos del cliente**

La definición de los requisitos del cliente es la parte central de la definición de requisitos, y es en donde se investiga, estructura y prioriza los parámetros de satisfacción de los clientes de un universo de necesidades con relación al producto.

- **Definición de requerimientos**

En esta etapa se traduce los requisitos del cliente a los requisitos técnicos, para ello se identifica, estructura y prioriza los atributos técnicos o características de desempeño del producto, cuyo cumplimiento asegura la satisfacción del cliente.

Al finalizar esta etapa se pretende:

- ✓ La identificación de clientes con sus respectivos requisitos claramente definidos y priorizados.
- ✓ Que los requisitos de desempeño del producto estén claramente definidos y priorizados, en función de su impacto sobre la voz del cliente (VOC).

#### **2.4.1.3 Desarrollo de Concepto**

Una vez definido los requisitos del cliente y pasados a requisitos técnicos el siguiente paso, es desarrollar diferentes conceptos para cumplir con los requisitos siempre orientados a satisfacer las necesidades del cliente, en general el desarrollo de conceptos consta de los siguientes pasos:

- **Mapear los requisitos funcionales**



Sin lugar a duda un punto clave de DFSS es el abordaje funcional y esto se basa en que en realidad lo que el cliente compra es un conjunto de funciones útiles para satisfacer sus necesidades, por lo tanto, es fundamental tener una visión precisa y estructurada de las funciones que el producto ejecuta para el cliente, en general, para cada necesidad existen uno o más requisitos funcionales correspondientes.

- **Generar conceptos alternativos**

Una de las principales causas detrás de los problemas graves observados en el desarrollo del producto es la utilización de un solo concepto (normalmente no ideal), el cual es rápidamente decidido y llevado para las etapas posteriores de desarrollo; por eso es necesario generar varios conceptos, los mismos que pueden ser utilizados en lo posterior para solucionar distintos tipos de problemas y de ese modo tener varias alternativas probadas que podrían no solo encaminar hacia la solución sino también disminuir el tiempo en el desarrollo de productos.

Es grande el riesgo de aferrarse por la primera buena idea, por eso es necesario que el concepto sea explotado al máximo *“la selección incorrecta del concepto en una situación dada del desarrollo muy raramente (o nunca) podrá ser compensada por el diseño detallado, por más brillante que este sea”*<sup>10</sup>.

- **Seleccionar los mejores conceptos**

Es importante asegurar una selección adecuada de los mejores conceptos a ser llevados a la etapa de diseño y caracterización del desempeño, de igual

---

<sup>10</sup> Profesor Stuar Pugh Design methodology 1981.



manera es importante realizar una combinación de los mejores conceptos de cada concepto alternativo, ya que puede llevar a uno mejor.

Si el concepto es innovador (mientras más innovador más riesgoso); es importante recurrir a la redundancia en el desarrollo, es decir sacar adelante no solo el mejor concepto si no varias alternativas de los mejores conceptos teniendo en cuenta que cada concepto debe ser explorado hasta los límites funcionales de aplicación.

Es importante señalar que aunque un concepto falle en cumplir con tal o cual aplicación en cuestión, podrá estar dentro de nuestro “estante” listo para su utilización en una posible aplicación en el futuro, esto formará parte de nuestro conocimiento reutilizable cuyo uso reduce dramáticamente el tiempo de desarrollo del producto tal como lo hace la empresa TOYOTA.

Es buena práctica confirmar la funcionalidad básica de los conceptos seleccionados, construyendo prototipos preliminares, antes de la fase de optimización.

Al final de esta etapa se pretende:

- Entender y estructurar los requisitos funcionales independientemente de un concepto específico.
- Explotar las diversas alternativas innovadoras de los conceptos así como enriquecer el conocimiento en diferentes ramas de la tecnología.
- Obtener criteriosamente los mejores conceptos para la siguiente etapa que es Optimizar conceptos.



#### 2.4.1.4 Optimización del Diseño

Como su nombre lo indica la optimización del diseño busca mejorar el diseño considerando su funcionalidad vs el costo incurrido para el desarrollo del producto y se puede dividir en las siguientes etapas:

- **Optimizar el valor**

Al valor se lo puede expresar entre la relación de la funcionalidad que un determinado producto puede cumplir, y el costo incurrido para dotar de dicha funcionalidad al producto.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Funcionalidad}}{\text{Costo}}.$$

Es decir para un concepto desarrollado, una forma eficiente de aumentar el valor es reducir el costo del producto, eliminando o simplificando ciertas partes o componentes del mismo, sin el perjuicio de la funcionalidad. Taguchi<sup>11</sup> llama a eso “diseño de la funcionalidad” y recomienda partir con conceptos con el menor número de partes, materiales más baratos y tolerancias menos apretadas antes de partir a la etapa de diseño de parámetros o Ingeniería robusta.

Una vez que esté claramente definido el diseño de cada concepto bajo desarrollo es recomendable realizar un análisis crítico del diseño con el fin de:

1. Detectar posibles fallas y riesgos, para prevenir su ocurrencia.
2. Identificar oportunidades para hacer el diseño intrínsecamente confiable, sin aumento de la complejidad y costo.
3. Asegurar la manufactura del producto.

---

<sup>11</sup> Ingeniero y estadístico Japonés (1924- 2012) creador del método Taguchi para la mejora de la calidad.



4. Identificar cuáles son los elementos que necesitan ser considerados en la optimización de la robustez.

- **Optimizar la Robustez**

La robustez es el grado de estabilidad que la función de un producto presenta frente a los factores que causan variación en el ambiente de manufactura y uso (denominados factores de ruido).

Optimizar la robustez es encontrar la combinación óptima de los parámetros de diseño (factores de control) que hacen que la funcionalidad del producto sea mínimamente sensible a los factores de ruido, al menor costo unitario de manufactura.

Comúnmente un factor de ruido es aquel que cuyo control tiene un elevado costo, al contrario que los factores de control cuyo ajuste tiene un mínimo costo en el proceso de manufactura.

- **Optimización de tolerancias**

El siguiente paso es el diseño de tolerancias; en el que vamos a optimizar nuestras tolerancias para un máximo efecto, que no necesariamente significa hacerlas a todas tan fuertes como puedan, si no hacerlas ajustadas donde tengan que estar de ese modo y permitiéndoles ser lo más flexibles en donde nos aseguremos de no perder la funcionalidad del producto, maximizando así la calidad, la eficiencia y el ahorro de nuestro diseño.



Taguchi recomienda que las tolerancias de ciertos parámetros sean establecidas con base la “función de pérdida”, buscando un equilibrio entre el costo de control en la manufactura y el costo para la sociedad.

Es esta fase de optimización del diseño se pretende:

- Generar conocimiento (Know how) tecnológico.
- Obtener un diseño optimizado para los mejores conceptos.
- Una o más soluciones para la fase de validación con un alto potencial de éxito.

#### **2.4.1.5 Verificación y lanzamiento**

Es la última fase de la metodología IDDOV utilizada por DFSS y cuyo objetivo es la revisión del nuevo producto dentro del ambiente de manufactura y consta de las siguientes partes:

- **Verificación del desempeño del producto**

Se recomienda hacer un análisis crítico final sobre el diseño así como ensayos de demostración de la robustez y confiabilidad del producto con muestras reales de la producción ya generalmente es más eficiente realizar tales ensayos en condiciones extremas de ruido en lugar de la condición tradicional del “peor caso” buscando apenas detectar fallas.

- **Verificar el desempeño del proceso**

Se debe realizar estudios de capacidad y estabilidad estadística de las variables críticas de manufactura y características críticas del producto, a lo largo de los periodos representativos de la producción.

- **Monitorear y mejorar el desempeño de campo**

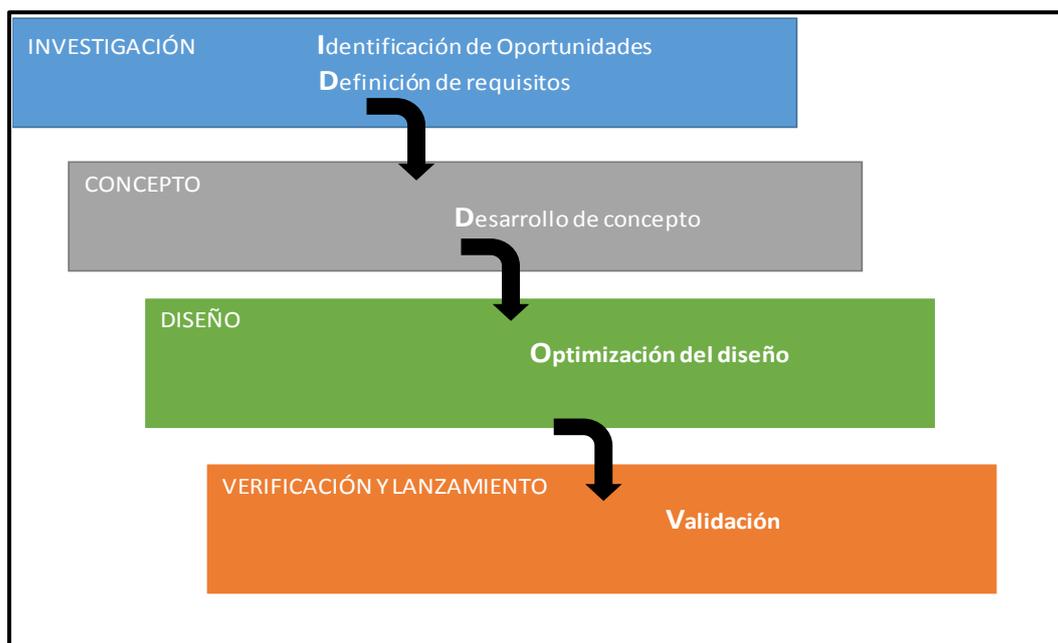


Es aconsejable implementar procedimientos para la recolección de datos de campo, así como para la implementación de las acciones correctivas necesarias, y con todo esto también se aconseja el crear y mantener actualizada una base de conocimientos, a partir del análisis de fallas de campo.

Al final de la etapa de Verificación y lanzamiento de pretender:

- Obtener una rápida curva de aprendizaje en la manufactura.
- Un producto innovador, robusto, de mínimo costo y orientado para las necesidades del cliente.
- Clientes satisfechos y leales.

**Figura 2.4: IDDOV y ciclo de desarrollo del producto.**



**Fuente: realización propia.**



## **2.4.2 Herramientas utilizadas por DFSS.**

Cada fase de la metodología IDDOV va acompañada de una serie de herramientas analíticas, las mismas que ayudan para que el desarrollo sea más eficaz en cada etapa del desarrollo del producto y son:

- VOC o voz del cliente (Voice of the customer).
- QFD o Despliegue de la Función de Calidad.
- Ingeniería Robusta.
- TRIZ (Teoría de la Resolución de problemas Inventivos).
- FMEA (Análisis de modo de fallos y Efectos).
- VA/ Trimming o Análisis de Valor.
- Selección de Conceptos o Matriz de priorización.
- Análisis Crítico de Diseño.
- Diseño de tolerancias.

En este capítulo se analizará las 5 primeras herramientas que son las más utilizadas.

### **2.4.2.1 VOC (Voz del Cliente).**

La voz del cliente es el conjunto de requisitos y expectativas que los clientes expresan al respecto de los diferentes productos, los mismos que sirven como parámetros de desempeño del producto, que una vez atendidos, da como resultado en la satisfacción inevitable del cliente.

Hay que tener en cuenta de que aunque el precio es un importante factor de decisión de compra normalmente no hace parte del VOC, pues no es un parámetro de desempeño funcional del producto.

Los factores de éxito del proceso VOC son:



- Soporte Gerencial, prioridad, recursos, empoderamiento, acompañamiento y establecer un ejecutivo para el proyecto VOC.
- Nombrar un líder del proyecto.
- Compromiso individual y formación de un equipo para el proyecto VOC.

#### **2.4.2.1.1 Etapas y Actividades del proceso VOC**

A continuación se muestra las diferentes etapas y actividades que abarcan un proceso VOC.

##### **2.4.2.1.1.1 Planeación del VOC**

Esta etapa se compone de las siguientes partes:

- **Establecer Objetivos.**

Antes de comenzar la planificación es necesario plantearse el contexto que motiva el proyecto de realizar la VOC pudiendo llegar a ser:

1. Obtener datos necesarios para la planificación estratégica.
2. Necesidades para el desarrollo de un nuevo producto.
3. Información para el mejoramiento de productos existentes.
4. Descubrir nuevos productos en el mercado.
5. Identificación de problemas a ser resueltos, aquí se trata de descubrir un nuevo producto en base a las necesidades fundamentales del cliente que se pretende resolver, o si se tratase de un producto existe ¿qué es lo que limita su desempeño actual?

También estaría un Benchmarking (copiar lo excelente) que nos indicaría ¿Cuál es el referencial de excelencia? Para poder hacer un diferencial con relación a nuestros productos.



En definitiva es importante definir en una frase la “misión” del estudio VOC para enlistar los objetivos a ser alcanzados.

- **Definir el alcance del estudio.**

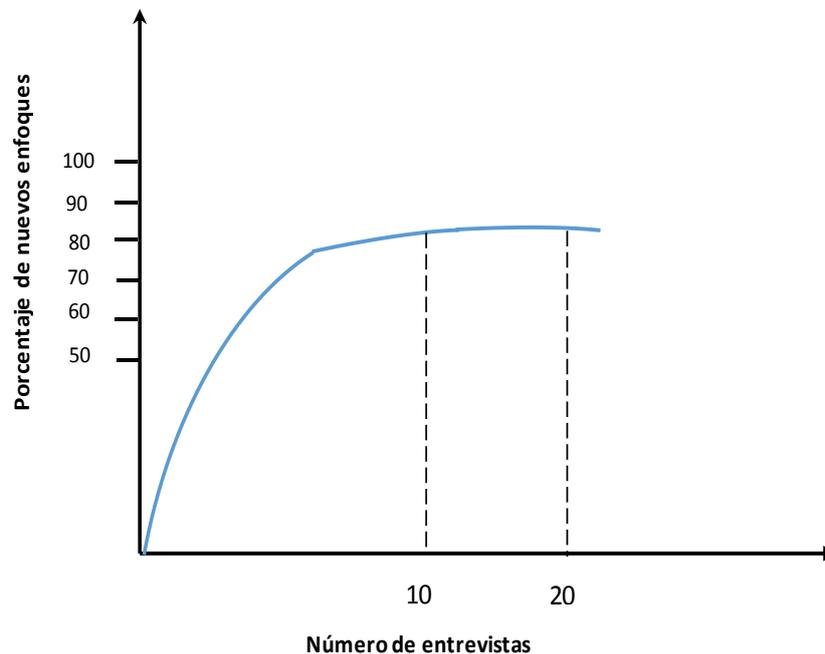
Es necesario determinar el alcance de la investigación en función de los distintos segmentos de los clientes. Aquí es importante el criterio para definir los segmentos del mercado, esto radica en el uso o aplicación que los clientes le dan al producto y no necesariamente se refiere a las diferencias geográficas, culturales, económicas, etc. Esto puede reducir drásticamente el alcance del estudio a más del tiempo y costo.

Se recomienda que para cada segmento también se incluya a los clientes no tradicionales, como son: Clientes insatisfechos, ex clientes, clientes de la competencia y distribuidores.

También es importante determinar la cantidad de clientes a investigar, aquí se recomienda que estén entre 10 y 20 clientes (figura 2.5) por segmento porque a partir de esto no se justifica el beneficio.



Figura 2.5: Número de clientes por segmento.



Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC.

- **Definir método(s) de recolección de la VOC.**

Sin duda alguna el mejor método para identificar los parámetros de VOC son las **entrevistas personales e individuales con los clientes**, otras entrevistas que pueden ser son: vía telefónica, cuestionarios, vía e mail o internet e investigación en puntos de venta.

Existen otros métodos útiles para la investigación del VOC entre otros están:

**Observar al cliente** usando el producto (reacciones, conversaciones, comentarios, actitudes positivas o negativas) en el ambiente de uso/compra.

**Ser un cliente** adquiriendo el producto o servicio.

**Usar información existente** en la empresa ya sea en forma de SAC (Solicitud de Acciones Correctivas) o reclamos.



- **Establecer el plan de la VOC.**

Es necesario definir un cronograma para las demás etapas y actividades del proceso VOC asegurándose que las responsabilidades y plazos estén claramente definidos, adicional a esto, se debe tener la aprobación para todos los recursos necesarios incluyendo el plan de revisión regular de la gerencia o dirección.

#### **2.4.2.1.1.2 Recolectar el VOC.**

De igual manera que la anterior esta se compone de las siguientes partes:

- **Preparación de la recolección de la VOC.**

En esta parte se prepara los medios de la recolección de los datos tales como guías para entrevistas y guías para la observación en el gemba (lugar de acción o donde suceden los hechos), es necesario hacer una evaluación de estos medios antes de salir al campo para hacer las correcciones respectivas si fuese necesario. Hay que instruir al personal involucrado en la recolección de datos teniendo cuidado de igual manera con todos los detalles logísticos como son citas con los entrevistados, reservas de viajes, formularios, grabadoras, etc.

Dentro de la instrucción al personal para recolectar los datos de la VOC se pretende capacitar en:

#### **Los tipos de Voz del cliente en las entrevistas.**

Hay que tener en cuenta que los clientes expresan varios tipos diferentes de datos como son:



- Sugerencias (solución) generalmente lo que los clientes expresan con este tipo de datos, es expresar en que le ayudaría una función determinada del producto para su uso personal.
- Reclamo genérico con este dato el cliente pretende asentar un detalle o aspecto que no le gusto del producto.
- Problema (reclamo específico) aquí el cliente expresa un malestar en el uso del producto.
- Especificación cuando se menciona este dato se expresa la necesidad de un parámetro específico del producto pudiendo ser o no ser necesario para la función del producto.
- Imagen es un problema descrito en forma verbal por el cliente, por una experiencia vivida con el producto.
- Necesidad explícita es un dato muy valioso dentro del estudio VOC ya que sintetiza lo que quiere el cliente con respecto al producto.
- Necesidad implícita (no dicha) es aquel requisito que el cliente no lo menciona pero que es básica para el funcionamiento del producto.
- Necesidad latente se define como aquella necesidad desconocida hasta por el propio cliente.

### **Como aclarar la VOC.**

Como regla general lo que se pretende es entender la realidad del cliente al utilizar el producto, ya que por lo general, los entrevistados tienden a ofrecer sugerencias o reclamos, por lo tanto es indispensables que el entrevistador realice sondeos de la VOC para llegar a los reales problemas o necesidades.



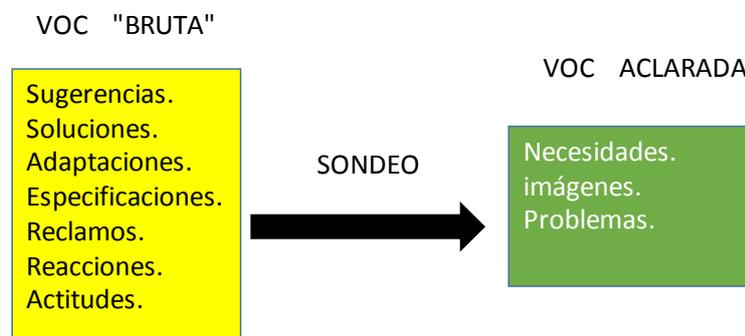
Para estimular para que el cliente hable es recomendable usar preguntas abiertas del tipo:

- ¿Describa el producto ideal para usted?
- ¿Qué es lo que más aprecia en este producto?
- ¿Qué es lo que menos le gusta?

Y cuando se encuentra ante una queja, sugerencia o especificaciones (figura 2.6), se debe utilizar preguntas adicionales denominadas “preguntas de sondeo” hasta llegar a las necesidades, tales preguntas son:

- ¿Porqué?
- ¿Usted podría explicar?
- ¿Puede dar un ejemplo?
- ¿En qué le ayudaría eso?

**Figura 2.6: Aclarado por sondeo de la VOC.**



**Fuente: realización propia.**



No siempre se consigue de los clientes la verbalización de sus necesidades, pero el entrevistador puede darse por bien servido si se consiguen extraer del cliente imágenes o escenas que describan la interacción del cliente con el producto, en su ambiente de uso.

- **Realizar recolección de la VOC.**

En este punto es importante señalar las pautas o directrices necesarias para realizar las entrevistas tales como:

- La postura frente al entrevistado la misma que se determina por la empatía, la atención activa al cliente y el sondeo para la aclaración de las diferentes respuestas.
- La postura incorrecta frente al entrevistado se recalca que la entrevista no tiene por objeto vender productos, así como la validación de las características de los mismos o defender a la empresa o producto.
- Se debe dar preferencias a entrevistas individuales ya que las entrevistas colectivas tienden a ser menos eficaces debido a la interferencia asociada a la dinámica de grupos.
- Escoja el lugar adecuado se pretende que el entrevistado se sienta a gusto durante la entrevista por lo que es preferente realizar la entrevista en su lugar de trabajo.

#### **2.4.2.1.1.3 Estructuración de la VOC.**

En esta etapa se trata los datos de la VOC inicial o bruta con la finalidad de: eliminar redundancias, identificar incoherencias y obtener una visión completa y coherente de las necesidades de los clientes, que de igual manera en las etapas anteriores se divide en las siguientes partes:



- **Transcripción de las declaraciones del cliente**

Los datos recogidos en las entrevistas deben ser transcritas en forma de declaraciones (frases completas, de sentido único), preservando el lenguaje del cliente y evitando interpretar lo que el cliente dijo.

- **Extracción de requisitos**

El próximo paso es transformar las declaraciones de la VOC en requisitos del cliente, ya que estos constituyen la parte final de la VOC a partir de los cuales se realizará la priorización y direccionamiento de los esfuerzos de mejoramiento, es muy importante que cada requisito del cliente refleje la realidad vivida por el cliente.

### **La Matriz VOC.**

Es una herramienta que ayuda a explotar al máximo la relación entre las declaraciones y el contexto de uso del producto, esta tabla o matriz (ver tabla 2.3) consta de las siguientes partes:

- Parte A contiene las declaraciones (frases VOC) obtenidas en la entrevista así como los datos del cliente, es recomendable consolidar todos los formularios en un solo formulario síntesis.
- Parte B describe todos los detalles del gamba de cada segmento.
- Parte C obtenida a través del cruce de la parte A de cada cliente con la Parte B del segmento correspondiente.



**Tabla 2.3: Matriz VOC.**

PARTE A  
Unir cada cliente

PARTE B  
unir cada segmento

PARTE C  
(unir cada segmento)

Cliente		Declaración de VOC		Contexto de uso					Requisitos del cliente		
#	Datos	#	Frase	#	A ¿Para que usa?	B ¿Cuándo usa?	C ¿Dónde usa?	D ¿Por que usa?	E ¿Cómo usa?	#	Datos
			Declaración A					→YYY			Requisito A
					→XXX						Requisito B

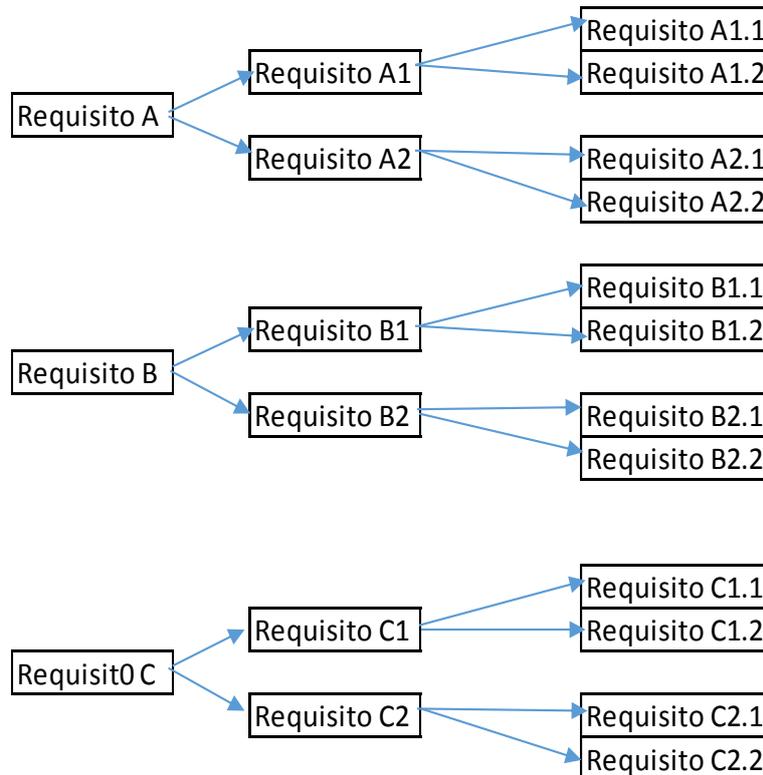
**Fuente:** MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC.

- **Estructurar los requisitos del cliente.**

Después de la identificación y redacción de los requisitos del cliente es necesario agrupar los diferentes requisitos por afinidades y similitudes (figura 2.7) en los mismos para poder dar una estructura que refleje todos los parámetros de satisfacción de los clientes para los cuales el producto se destina.



**Figura 2.7: Estructuración de los requisitos del cliente.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Priorizar la VOC**

Esta etapa comprende un segundo acercamiento con el cliente cuyos objetivos son:

- Confirmar los requisitos junto a los clientes.
- Establecer el grado de importancia relativa entre los varios requisitos.
- Si es aplicable medir el grado de satisfacción del cliente.
- De igual manera si es posible identificar nuestra posición competitiva.
- Si se desea, clasificar los tipos de requisitos en calidad mandataria, esperada o atractiva.

- **Preparación de la investigación**



Como ya se mencionó ahora se trata de una investigación cuantitativa sobre los requisitos del cliente levantados en la investigación cualitativa de las etapas anteriores.

A continuación se dictan los pasos para realizar esta segunda investigación.

1. Seleccionar los tipos de clientes.
2. Definir el tamaño de la muestra, eligiendo la mayor muestra que los recursos lo permita.
3. Defina los métodos de investigación ya sea: entrevistas personales, entrevistas por teléfono, cuestionarios vía correo electrónico, etc.
4. Desarrolle los cuestionarios.
5. Valide los cuestionarios y el método de tabulación de los resultados.
6. Capacitar a las personas involucradas en la investigación.
7. Planee la realización de la investigación, responsabilidades, plazos, recursos y logísticos.

- **Tipos de cuestionarios para esta etapa**

1. **Cuestionario I XΔS.**

Este cuestionario mide el grado (I) de importancia que tienen los requisitos descritos anteriormente para el cliente, usualmente medido en una escala de 1-9 siendo 1 sin importancia y 9 extremadamente importante, también puede ser aplicado para medir el grado de satisfacción del cliente con relación al cumplimiento con los requisitos del mismo, la escala es similar al grado de importancia siendo 1 extremadamente insatisfecho y 9 extremadamente satisfecho; para obtener el diferencial



competitivo  $\Delta S$ , se resta el grado de satisfacción de nuestro producto  $S_N$  menos el grado de satisfacción del competidor  $S_C$  ( $\Delta S = S_N - S_C$ ) (ver tabla 2.4).

**Tabla 2.4: Cuestionario del grado de importancia y satisfacción de los clientes.**

#	# Requisito		Grado de importancia	Grado de satisfacción	Grado de satisfacción del competidor		$\Delta S$
					Grado	Nombre	
	A1	Requisito A1					
		Requisito A2					

**Fuente:** MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC.

## 2. Cuestionario Kano

El cuestionario Kano identifica y clasifica los requisitos del cliente en: calidad mandataria, calidad esperada y calidad atractiva.

- **Calidad mandataria.** Es aquella que permite la entrada de la empresa en el mercado, es decir que cumple con las funciones y premisas básicas.
- **Calidad esperada.** Es la que mantiene a la empresa en el mercado es decir lo que el cliente usa consistentemente para decidir la compra.
- **Calidad atractiva.** Es aquella que lleva a la empresa al liderazgo de mercado, es el denominado efecto “guau” ya sea por innovación o saltos cuantitativos.

Para realizar el cuestionario Kano se realiza preguntas de cómo se sentiría ante el cumplimiento (positivo) e incumplimiento (negativo) de cada uno de los requisitos (tabla 2.5) establecidos en las etapas anteriores, con las opciones para contestar de:



1. Me gusta.
2. Es el esperado.
3. No siento nada.
- 4 No hay que escoger.
5. No me gusta.

Luego se realiza el conteo de cada opción de respuesta combinada positiva y negativamente para determinar el tipo de calidad (la mayor) que cumple cada requisito (ver tabla 2.6), teniendo como referencia:

C1- Calidad mandataria.

D1 Calidad atractiva.

E1 Calidad esperada.

E2 Calidad mandataria.

E3 Calidad mandataria.

**Tabla 2.5: Cuestionario Kano.**

Requisito A	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
Pregunta requisito A ( positivo) ¿que pasaria si?					
Pregunta requisito A( Negativo) ¿ que pasaria si no?					

**Fuente:** MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC.



**Tabla 2.6: Resultados del cuestionario Kano.**

Pregunnta del requisito A		pregunta negativa				
		Me gusta	Es el Esperado	No siento nada	No hay que escoger	No me gusta
		A	B	C	D	E
1	Me gusta					
2	Es el esperado					
3	No siento nada.					
4	No hay que escoger.					
5	No me gusta.					

**Pregunta positiva**

**Fuente:** Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC

#### 2.4.2.1.1.4 Direccionar la VOC

Esta es la última etapa que involucra la interpretación de los resultados finales y el direccionamiento de los esfuerzos de mejoramiento a través de la organización.

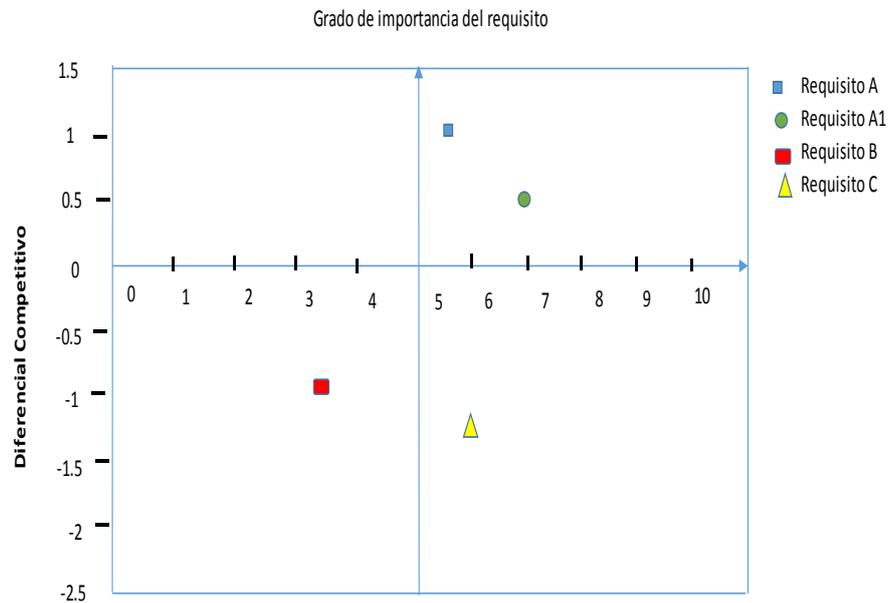
La VOC priorizada puede ser usada para: la planificación estratégica, para el desarrollo de nuevos productos, para el mejoramiento continuo de productos y procesos existentes.

- **Interpretación de los resultados.**

Los resultados obtenidos en el cuestionario **I XΔS** se pueden interpretar con el gráfico **I XΔS**, el mismo que sirve para priorizar las mejoras, ya que, según el cuadrante en el que se encuentren los diferentes requisitos, estos nos dirán los principales a considerar, siendo los del cuadrante inferior derecho los más importantes a mejorar.



**Figura 2.8: Grafico I x ΔS**



**Fuente:** MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC.

De igual manera se puede evaluar los datos conseguidos con el cuestionario de Kano (utilizando el grafico de Kano figura 2.9), pero antes hay que determinar los índices SP (porcentaje de clientes insatisfechos con atención deficiente del requisito) y SM (porcentaje de clientes satisfechos con buena atención del requisito) como se muestra en la tabla 2.7.

$$SP = CM+CE;$$

$$SM= CE+CA.$$

Siendo:

CM= Calidad Mandataria

CE= Calidad Esperada.

CA= Calidad atractiva

Ci= Calidad inválida



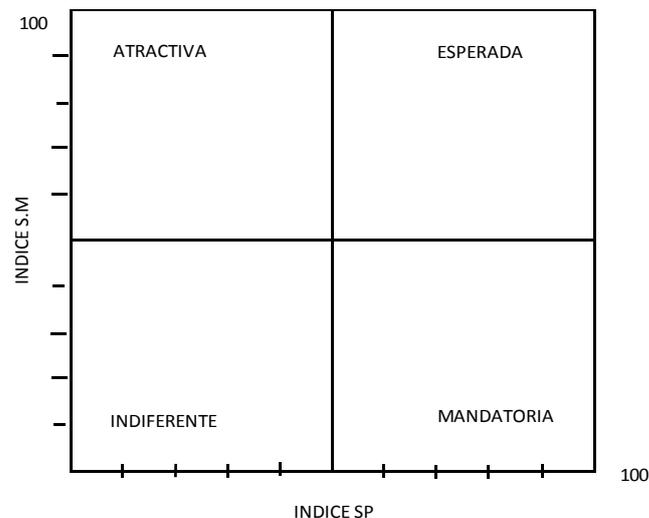
**Tabla 2.7: Tabulación de la investigación del cuestionario de Kano.**

Tabulación Kano		Porcentaje de respuestas por requisito				TOTAL
# Requisito	REQUISITOS	Calidad mandatoria (CM)	Calidad Esperada (CE)	Calidad Atractiva (CA)	Calidad invalida (Ci)	
1	Requisito A positivo	% CM	% CE	% CA	% Ci	
	Requisito A negativo					
2	Requisito B positivo	% CM	% CE	% CA	% Ci	
	Requisito B negativo					
3	Requisito C positivo	% CM	% CE	% CA	% Ci	
	Requisito C negativo					

**Fuente:** MOURA/QUALIPLUS módulo de la VOC

Una vez tabulado los datos se puede graficar los diferentes requisitos en los distintos cuadrantes del tipo de calidad, cuanto más próximo estén de las esquinas, mas unánime es la posición del mercado con relación al tipo de calidad representada por el requisito del cliente y mientras más cerca estén del centro más confusa será la opinión sobre ese requisito, este gráfico puede ser muy útil a la hora de la elección de las características del producto.

**Figura 2.9: gráfico de Kano.**





**Fuente:** Fuente: Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009  
segunda edición página 224.

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

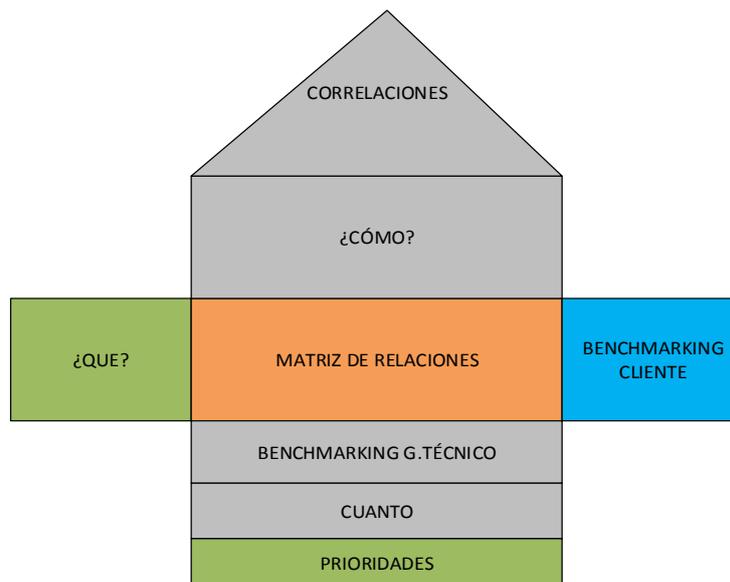
QFD es un método utilizado para traducir los requisitos del cliente (VOC) en requisitos del producto o de la empresa, los mismos que son utilizados para el diseño de mejores productos o procesos.

A partir de los datos estructurados de la VOC, las matrices (Fases) del QFD permiten responder algunas preguntas claves para diseñar y producir productos de éxito.

##### 2.4.2.2.1 Fase 1.

El objetivo de QFD en la fase 1 es determinar y priorizar los requisitos del producto; en base a los requisitos del cliente, para alcanzar tal objetivo, se utiliza una estructura o matriz que conforma la denominada casa de la calidad y describen a continuación en la figura 2.10.

**Figura 2.10: la casa de la calidad.**





**Fuente:** Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigma 2009  
segunda edición página 218

- **Que.** Lo conforman los requisitos del cliente previamente estructurados y priorizados en la VOC.
- **Como.** Es la respuesta a los requisitos del cliente, que de igual manera deben estar estructuradas y definidas con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente y se los denomina requisitos del producto.
- **Matriz de relaciones.** Muestra el grado de relación entre los requisitos del cliente y los requisitos del producto, para esto, se utiliza diferentes signos que representa el grado de relación entre los dos requisitos. (Ver tabla 2.8).

**Tabla 2.8: Relaciones entre requisitos del cliente y del producto.**

Relaciones	
●	Fuerte (9 puntos)
○	Media (3 puntos)
△	Débil (1 punto)

**Fuente:** Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigma 2009  
segunda edición página 220.

- **Correlaciones.** De igual manera que la matriz de relaciones, en esta parte se determina las inter relaciones que existe entre los requisitos del producto, el grado de correlación se lo señala utilizando la siguiente tabla.



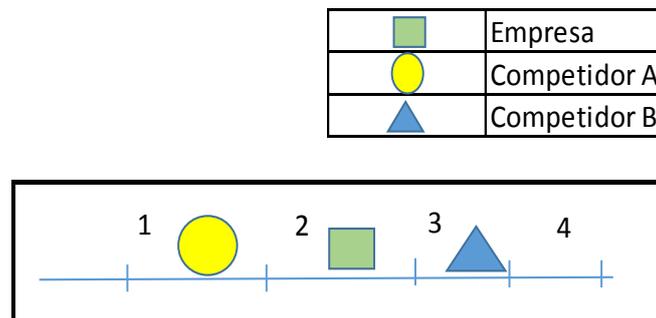
**Tabla 2.9: Correlaciones entre requisitos del producto.**

Correlaciones	
●	Fuerte positiva
○	Media positiva
X	Media negativa
#	Fuerte negativa

**Fuente: Elaboración propia.**

- **Benchmarking cliente.** Aquí se coloca la posición de la empresa frente a los diferentes competidores en el cumplimiento de los requisitos del cliente. (Ver figura 2.11).

**Figura 2.11: Benchmarking cliente.**



**Fuente: Elaboración propia.**

- **Benchmarking técnico.** Es una comparación del valor de los requisitos del producto entre la empresa y la competencia, utilizando las mismas unidades de medida ya sea fuerza, resistencia, caudal, etc.
- **Cuanto.** Se refiere a los costos incurridos para cumplir los requisitos del producto ya sean estos por: llamadas por reparaciones, reparaciones bajo garantías y reparaciones realizadas en campo.



- **Prioridad.** Por último se debe de dar el peso de importancia a cada requisito del producto, esto se consigue sumando cada producto de la importancia del requisito del cliente con el grado de relación del requisito del producto, siendo los valores mayores los de mayor prioridad.

#### **2.4.2.2.2 Fase 2.**

El principal objetivo de la segunda fase es seleccionar el mejor concepto así como sus partes críticas con sus características y metas.

A continuación se detalla las partes de la fase 2:

- Transferencia de los requisitos del producto de la fase 1. Como su nombre lo indica, los requisitos del producto se transfieren a una segunda matriz en la parte denominada planificación de requisitos del producto (en la parte del “Que”), para ello, hay que asegurarse que el nivel de detalle de los requisitos del producto sea suficiente para el éxito en el desdoblamiento del diseño. Para darle el peso de importancia se puede basar en el porcentaje de priorización dada en la primera fase, hay que recordar que aquí se encuentran los requisitos del producto priorizados en la primera fase.

- Agregar los requisitos funcionales.

La lista de requisitos del cliente obtenidas en la VOC normalmente no contienen frases relacionadas con la calidad mandataria, entre las cuales están requisitos funcionales que el cliente usualmente no expresa, por ello es necesario completar la matriz de planificación del producto con requisitos funcionales adicionales, para asegurar que el desdoblamiento del diseño sea completo.



Se recomienda que la selección de los requisitos funcionales se realice por un equipo conformado por todos los departamentos.

- En caso que el concepto esté ya definido.

En algunas situaciones el concepto básico del diseño ya fue definido, en este caso se aconseja partir con la lista de materiales primero y luego considerará algunas alternativas de diseño, en lugar de explotar todos los posibles conceptos a partir de cero.

- Benchmarking de diseño.

Se lo realiza al igual que el benchmarking de la fase 1 pero con un mayor nivel de detalle, siendo los ingenieros del desarrollo del producto los encargados en realizar esta actividad.

- Generación y selección de conceptos de diseño.

Es una parte muy importante para la producción de mejores productos, para ello es necesario evaluar varios conceptos de diseño y seleccionar la mejor o una combinación de las mejores.

Una forma de escoger los mejores conceptos es la utilización de la matriz de conceptos figura 2.18.



**Tabla 2.10: Matriz de selección de conceptos.**

	Concepto A	Concepto B	Concepto C	Concepto D	Concepto E
Criterios de evaluación 1					
Criterios de evaluación 2					
Criterios de evaluación 3					
Criterios de evaluación 4					

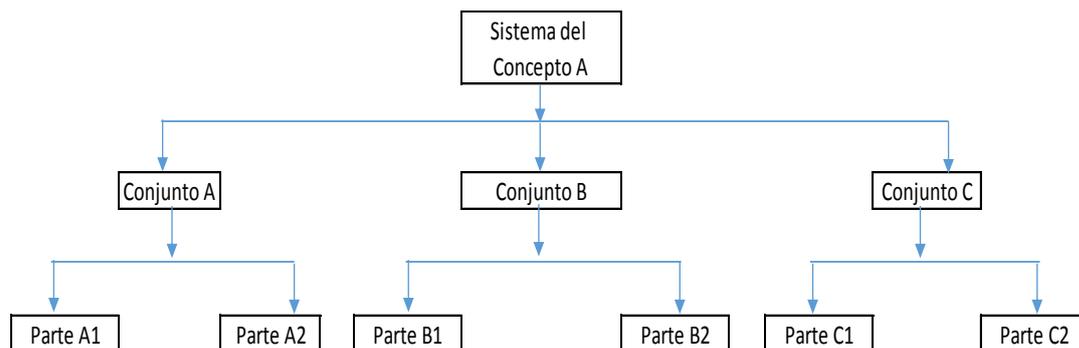
(++)	Mucho Mejor
(+)	Mejor
S	Similar
(-)	Peor
(--)	Mucho peor

**Fuente: Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009  
segunda edición página 153**

- Despliegue de lista de materiales.

La finalidad es asegurar que todas las piezas necesarias para la implementación del concepto estén identificadas, es útil aquí elaborar un árbol de estructura del producto figura 2.12.

**Figura 2.12: Árbol de estructura del producto.**



**Fuente: Elaboración propia**

- Análisis de fallas.



La finalidad de esta parte es identificar las características críticas de las piezas, las cuales serán colocadas en las columnas de la matriz para su análisis; las técnicas comúnmente utilizadas son FMEA (Análisis de Modo De Falla).

- Determinación de las características críticas.

Una vez determinadas la lista de materiales se debe determinar aquellas características esenciales para las funciones de las partes y de todo el sistema (espesor, diámetro, resistencia, etc.), algunas fuentes de estas características son: análisis FMEA, experiencia con problemas anteriores y datos históricos de fallas.

- Matriz de relaciones y grado de importancia.

Para llenar esta matriz se utiliza la misma simbología que en la fase 1, en donde se coloca las interacciones entre los requisitos del producto y las características críticas de las partes del producto, aquí es importante realizarse esta pregunta ¿Si controlamos estas características críticas cuán fuerte podremos satisfacer los requisitos del producto?, los índices de importancia son calculados como la matriz de planificación del producto.

- Optimización

Para garantizar la facilidad de manufactura y el buen desempeño, el diseño debe de ser insensible a los diferentes factores de fabricación y uso que pueden causar variación, es decir, un diseño robusto que puede ser obtenido mediante la realización de estudios de optimización llamados diseño de parámetros.

- Meta de las características críticas (CCs.).



La definición de las metas de las características críticas es esencialmente una cuestión de juicio técnico, sustentados por los resultados obtenidos de los varios análisis realizados hasta este punto; también se complementa las metas de las características críticas con una evaluación del grado de dificultad en la manufactura.

- Definición de las CCs para el desdoblamiento en la fase 3.

Las CCs seleccionadas para la siguiente fase son aquellas que requieren especial atención, dejando las demás para un control regular del sistema de manufactura, es decir las CCs deben ser aquellas más sensibles a variaciones intrínsecas o externas al proceso de fabricación.

#### **2.4.2.2.3 Fase 3.**

Los objetivos de esta fase es determinar la mejor combinación proceso- diseño así como la identificación de los parámetros críticos del proceso con sus metas para luego seleccionarlos y pasarlos a la siguiente fase.

Como en las fases anteriores se sigue los siguientes pasos para construir la matriz de la fase 3, como se describe a continuación.

- Pasar las características críticas a la columna de planificación (“Que”)  
Tal como se realizó para las otras fases se pasa los ítems más relevantes (Requisitos del cliente fase 1, Requisitos del producto fase 2 y Características críticas fase 3) a la columna de planificación para continuar con el estudio.
- Colocar las restricciones del proceso en la columna de planificación.



Aquí se coloca las restricciones más importantes o requisitos de interés de la empresa como por ejemplo, un proveedor, el uso de robots, etc.

- Seleccionar el mejor diseño de proceso.

Los criterios de selección para escoger el proceso deben constar del número de operaciones, la robustez del proceso, el área ocupada, el tiempo de ciclo, la inversión el costo.

- Determinación de los parámetros críticos del proceso.

Los parámetros críticos de cada operación del proceso necesitan ser identificados, pues estos son los “diales de ajuste” del proceso que permitirán producir conforme lo planificado, en este punto es recomendable utilizar el FMEA de proceso.

- Optimización del proceso.

Es necesario optimizar el proceso si no es capaz, es decir reducir su variabilidad ya sea utilizando las herramientas de Seis Sigma o el método Taguchi; los mismos conceptos y técnicas usadas para la optimización del producto pueden ser aplicadas y utilizadas para obtener un proceso robusto.

- Metas de los parámetros críticos.

Las metas de los parámetro críticos pueden ser establecidos a través de cálculos, experimentos o experiencias pasadas.

Para el caso de parámetros de proceso las metas pueden ser especificadas en base a normas y especificaciones.

- Definición de parámetros críticos para la siguiente fase.



Es muy importante que los parámetros críticos que sean analizados en la siguiente fase sean difíciles de controlar, requieran nuevos procedimientos de control o controles especiales.

La forma de seleccionar es similar a las fase anteriores, es decir en función de su grado de relación con las características críticas y el grado de importancia de las mismas.

#### **2.4.2.2.4 Fase 4.**

El objetivo de esta fase es traducir las determinaciones de las fases anteriores en términos de actividades operacionales de tal forma que todos los involucrados entiendan lo que necesita ser controlado para satisfacer los requisitos del cliente obtenidos en la VOC.

A continuación se describen las partes de la fase 4.

- Pasar los parámetros críticos a la columna de planificación.

De la misma forma las características críticas seleccionadas en la etapa anterior pasan a conformar parte del “Que” hacer.

- Requisitos de Control.

Los requisitos de control generalmente son extraídos de la FMEA de procesos en base a la importancia, la frecuencia de los problemas, severidad de los efectos y la dificultad de detectar el problema.

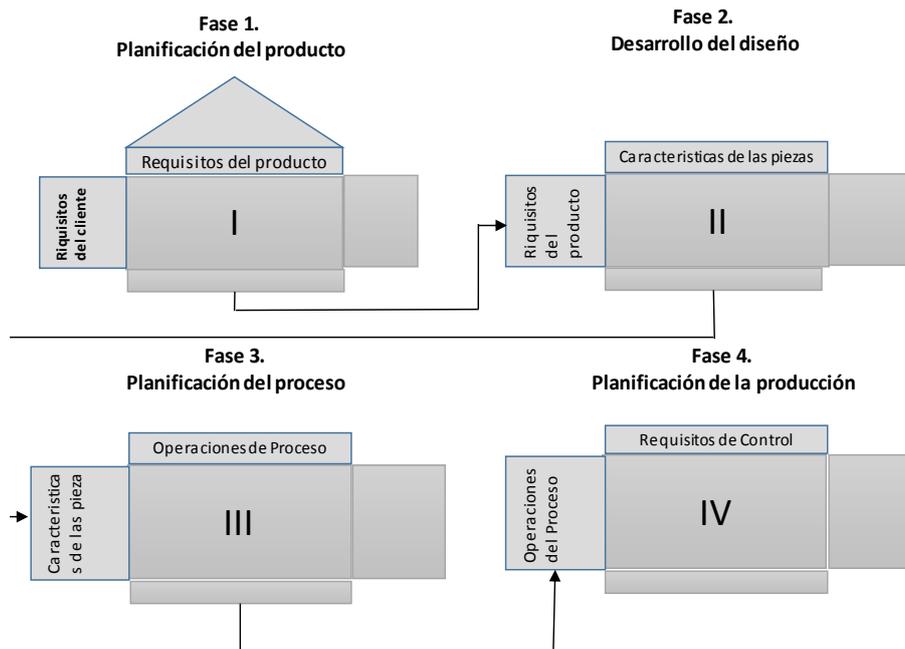
- Acciones a tomar.

Aquí se señala las formas de controlar los requisitos anteriormente mencionados para la estandarización y control de procesos.



Estos controles pueden ser en forma de planes de control, Instrucciones operacionales, Poka Yoke, Control visual, Mantenimiento preventivo, entrenamiento, etc.

**Figura 2.13: Matrices de las fases QFD.**



**Fuente:** Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009  
segunda edición página 216

### 2.4.2.3 Ingeniería Robusta

Ingeniería Robusta o Ingeniería de Calidad (métodos Taguchi) es una herramienta de calidad, cuya finalidad es disminuir la variación mediante la búsqueda de un producto o proceso robusto (insensible ante factores de uso o fabricación de un producto), fue desarrollada por el doctor Taguchi en la década de los 50 quien adaptó algunas terminologías de la ingeniería para ser aplicadas a la calidad.

A continuación se presenta la metodología del método Taguchi.



- **Construcción del diagrama P**

El diagrama P es el diseño del experimento del método Taguchi utilizado para la experimentación y se lo describe a continuación:

- 1. Determinar la función básica del producto o proceso.**

Esto hace referencia al objetivo principal del producto o proceso en cuestión, se lo realiza siguiendo la siguiente regla. **Acción + objeto.**

Ejemplo. Aumentar Presión.

- 2. Definir la respuesta (¿Qué medimos al final?).**

Aquí se determina que se va a medir y como se va a medir en una escala continúa con su respectiva unidad física,

Ejemplo Presión [PSI, BAR, Atmósferas, etc.].

- 3. Determinar el factor de Señal.**

El factor de señal es aquel que controla proporcionalmente el nivel de respuesta, (solo para el caso de respuesta dinámica).

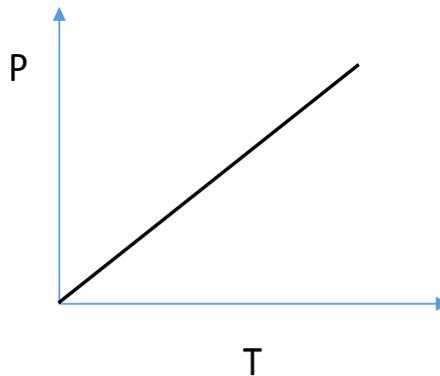
Ejemplo. Temperatura

- 4. Comprobar que se trate de una función ideal.**

Es simplemente revisar que el nivel de señal se relacione directamente con el nivel de respuesta, es decir que a cero señal cero respuesta.



**Figura 2.14: Función ideal.**



**Fuente: Elaboración propia.**

**5. Enlistar los síntomas de mal funcionamiento del producto o proceso.**

En este paso se verifica que los problemas estén relacionados con las variaciones de la respuesta.

Ejemplo. Baja presión, alta presión.

**6. Determinar los factores de ruido.**

Los factores de ruido son aquellos que perturban el correcto funcionamiento del producto o proceso y son muy difíciles (costosos) o imposibles de controlar.

Ejemplo. Temperatura ambiente, humedad relativa, tipo de material, etc.

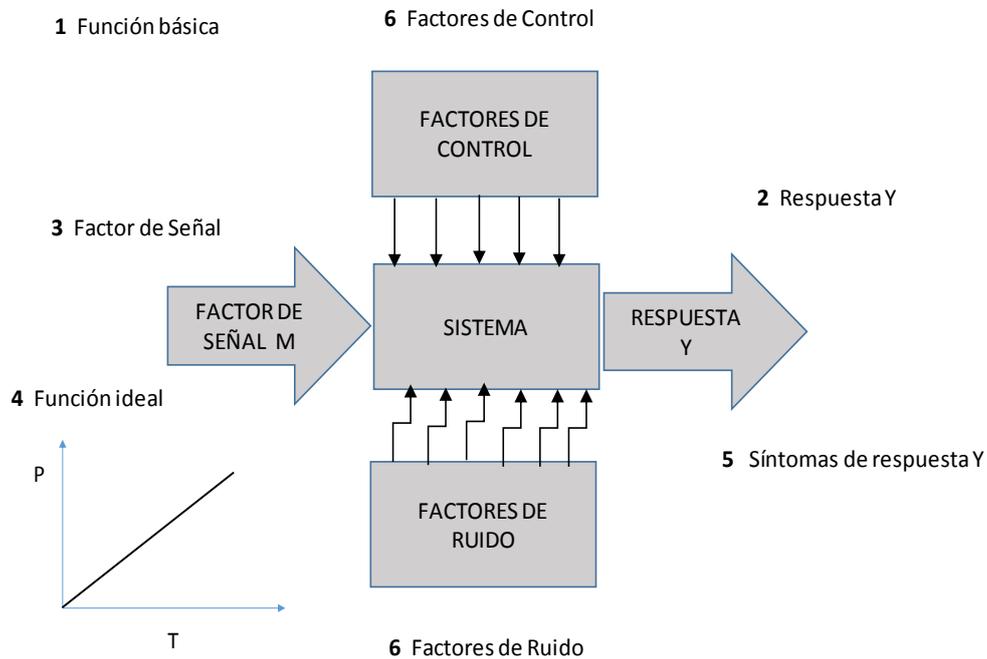
**7. Determinar factores de control.**

Son aquellos que son fáciles de controlar (bajo costo) por lo tanto son la clave para robustecer a un producto o proceso.

Ejemplo. Tiempo de proceso, temperatura, concentraciones, etc.



Figura 2.15: Diagrama P.



**Fuente:** Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009  
segunda edición página 518.

- **Determinar el tipo de señal-ruido a utilizar.**

El tipo de relación que se da entre la señal y la respuesta, derivará el tipo de señal ruido a utilizar, así, en ingeniería robusta se utiliza las siguientes relaciones señal ruido en función de las posibles respuestas:

1. Respuesta Dinámica.

Se dice que una respuesta es dinámica cuando el nivel de señal es proporcional al nivel de respuesta, en tal caso, la relación señal ruido viene determinado por:

$$\eta = 10 \log \frac{\beta^2}{S_e^2}$$



$$\beta = \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij} M_i}{\sum_i \sum_j M^2}$$

$$S_e^2 = \frac{\sum^n (Y - \beta M)^2}{n - 1}$$

De donde:

$\eta$  = nivel de señal y ruido (db).

$\beta$  = nivel de sensibilidad.

$S_e^2$  = Varianza o nivel de ruido.

n = número de medidas por rondas.

## 2. Respuesta nominal mejor.

Cuando no se pueda determinar una señal que sea proporcional a la respuesta y su relación con la misma no sea lineal, se recomienda utilizar la respuesta nominal mejor cuya relación señal ruido es la siguiente:

$$\eta = 10 \log \frac{Y_m^2}{S^2}$$

$$Y_m = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_m)^2}{n - 1}}$$

De donde:

$\eta$  = nivel de señal y ruido (db).

$Y_m$  = valor medio.



$S$  = Desviación estándar.

$n$  = número de medidas por rondas.

Existen más tipos de respuestas como son:

3. Ventana Operativa.
4. Mayor Mejor.
5. Menor mejor.
6. Atributos.

Entre todos los tipos de respuesta, es recomendable utilizar los dos primeros descritos anteriormente, ya que con estos se puede optimizar en dos etapas el producto o proceso.

Antes de describir estas dos etapas es necesario revisar los tipos de efectos que causan los diferentes factores de control en la señal-ruido (variabilidad) y en la media o sensibilidad.

**Tabla 2.11: Efecto de los factores de control sobre la variabilidad o media.**

Tipo	Media	S/N ( $\eta$ )	Efecto
1	●	●	Afecta la media y la variabilidad
2	●		Afecta la media pero no la variabilidad
3		●	Afecta la variabilidad pero no la media
4			No afecta ni la variabilidad ni la media

**Fuente: Elaboración Propia.**

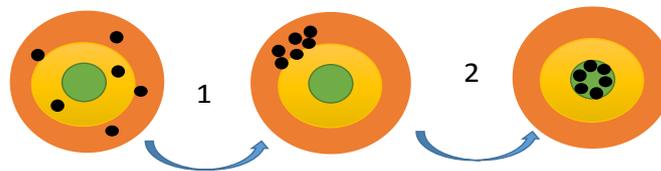
- **Optimización en dos etapas**

Reducción de la variabilidad. Que significa utilizar los factores de tipo 1 y 3 para reducir la variabilidad.

Ajustar la media. Es la utilización de un factor para llevar la media al valor nominal o deseado.



Figura 2.16: Optimización en dos etapas.



Fuente: Elaboración propia.

- **Escoger el arreglo ortogonal para la experimentación**

Los arreglos ortogonales son la base del estudio del método Taguchi, ya que ellos son los que permiten medir el grado de interacción de los factores de control con los factores de ruido, y así medir su incidencia en la respuesta.

Se dice que un arreglo es ortogonal cuando para cualquier nivel de un factor, el número de ocurrencias de cada nivel de los demás factores es igual.

Tabla 2.12: Arreglo ortogonal L8.

L8	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

**Fuente:** Fuente: Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009 segunda edición página 471

En la tabla 2.12 se observa un arreglo ortogonal L8 para 7 factores de control (A, B, C, D, E, F, G) de dos niveles (1,2) y 8 rondas de experimentación, en la cual se observa que, cuando el nivel de A es 1 los demás factores tienen el mismo nivel de ocurrencia (nivel 1 y 2 para B, C, D,



E, F, G) , de la misma manera cuando el nivel de A es 2 los demás factores mantienen el mismo nivel de ocurrencia (nivel 1 y 2 para B, C, D, E, F, G).

A esto se lo denominada ortogonalidad, el mismo que cancela el efecto de los demás factores sobre un factor dado, permitiéndolo estudiar de forma individual a dicho factor sobre la respuesta.

En La tabla se observa la forma de escoger al arreglo ortogonal (AO) en función del número de factores y el grado de libertad (G.L), el cual se calcula de la siguiente manera:

1.  $G.L = \# \text{ de factores} \times (n-1)$       donde  $n =$  al número de niveles
2.  $G.L = \# \text{ de factores} \times (n-1) + \# \text{ de factores} \times (n-1)$

La primera cuando todos los factores tienen igual nivel de factores y la segunda cuando hay un factor con un número diferente de niveles a los demás factores.

**Tabla 2.13: Matriz para escoger arreglo ortogonal.**

AO	G.L	N° Max de factores	Niveles de los factores			
			2	3	4	5
L4	3	3	3	—	—	—
L8	7	7	7	—	—	—
L9	8	4	—	4	—	—
L12	11	11	—	11	—	—
L16	15	15	—	15	—	—
L16	15	5	—	—	5	—
L18	15 (*)	8	1	7	—	—
L25	24	6	—	—	—	6
L27	26	13	—	13	—	—
L32	31	31	31	—	—	—
L32	28	10	1	—	9	—
L36	35	23	11	12	—	—
L36	29 (**)	16	3	13	—	—
L50	45	12	1	—	—	11
L54	51	26	1	25	—	—
L64	63	63	63	—	—	—
L64	63	21	—	—	21	—
L81	80	40	—	40	—	—

(*)	Mas 2 grados de libertad
(**)	Mas 6 grados de libertad

**Fuente: Kai Yang & Basem s. El- Kaik Dising For Six Sigmar 2009  
segunda edición página 474**



- **Diseño de experimento**

En el diseño de experimento, se asigna al arreglo ortogonal los factores de ruido, los mismos que están acoplados a cada nivel del factor de señal (esto para respuesta dinámica) dejando una columna para la relación señal ruido, nivel de sensibilidad y la varianza para cada ronda del experimento.

**Tabla 2.14: Diseño de experimento (respuesta dinámica)**

L8	A	B	C	D	E	F	G	M1		M2		M3		$\eta$	$\beta$	Ve
								N1	N2	N1	N2	N1	N2			
1	1	1	1	1	1	1	1									
2	1	1	1	2	2	2	2									
3	1	2	2	1	1	2	2									
4	1	2	2	2	2	1	1									
5	2	1	2	1	2	1	2									
6	2	1	2	2	1	2	1									
7	2	2	1	1	2	2	1									
8	2	2	1	2	1	1	2									

**Fuente: Elaboración propia.**

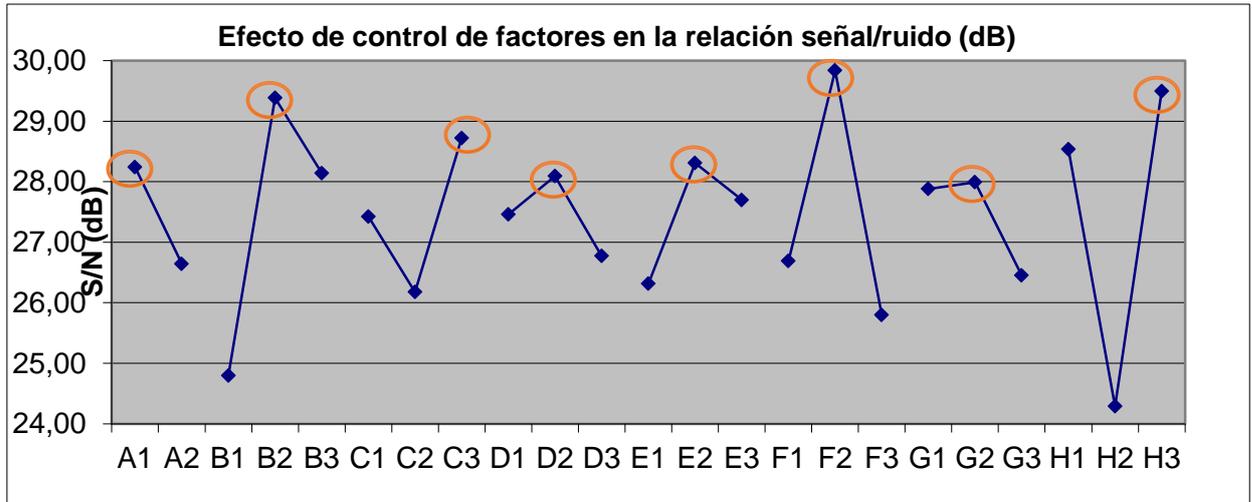
- **Realización del experimento y análisis de datos**

Aquí es en donde se aplica la optimización por dos etapas.

Primero se analiza las respuestas obtenidas, siendo los niveles de mayores decibelios; de ganancia, los apropiados para reducir la variabilidad.



**Figura 2.17: Análisis de los efectos de control sobre la variabilidad.**

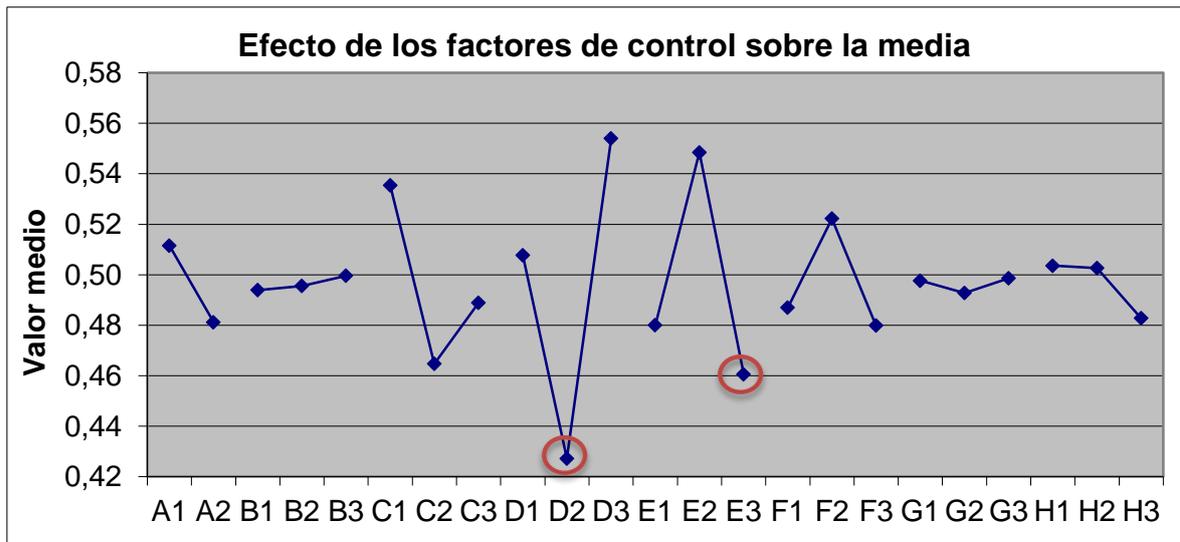


**Fuente: Experimento realizado en la empresa Tugalt**

Por Ejemplo en la figura 2.17 se observa que los niveles que determinan una menor variabilidad en el proceso son: A1, B2, C3, D2, E2, F2, G2 y H3.

Segundo se determina un factor de ajuste para llevar el valor obtenido (media) al valor objetivo que se ha trazado.

**Figura 2.18: Análisis de los efectos de control sobre la media.**



**Fuente: Experimento realizado en la empresa Tugalt**



Por ejemplo en la figura 2.18 el factor D, tiene un efecto significativo sobre el valor medio y no así sobre la variabilidad (figura 2.17), por lo tanto se puede utilizar como factor de ajuste.

Por último se realiza un experimento confirmatorio controlado por los nuevos niveles de los factores de control para comprobar su efectividad.

#### **2.4.2.4 TRIZ (Teoría de resolución de problemas inventivos).**

TRIZ es la abreviación de Teoría de Resolución de Problemas Inventivos, su inventor es el ruso Genrickh Altshuller (1926-1998) quien después de estudiar e investigar 400.000 patentes de inventos encontró un patrón en abordaje de la solución de problemas inventivos, siendo los siguientes.

- La evolución de todo sistema de ingeniería, independientemente de la rama de la tecnológica, no ocurre al azar, sino de acuerdo a ciertos patrones o líneas bien definidas.
- Todo problema inventivo tiene atrás un conflicto entre parámetros o requisitos del sistema.
- En millones de patentes de innovación investigadas, las soluciones más poderosas utilizaron un conjunto relativamente pequeño de principios inventivos.

De la misma manera Altshuller clasificó los niveles de innovación según el grado de complejidad de la siguiente manera:

- Nivel 1. La solución es encontrada dentro de los límites de conocimiento de una misma profesión en donde la solución, involucra el análisis de pocas variantes.



- Nivel 2. La solución es encontrada dentro de los límites de conocimiento de una misma industria e involucra el análisis de algunas decenas de variantes.
- Nivel 3. La solución es encontrada dentro de los límites de una determinada rama de la ciencia y tecnología, la solución involucra el análisis de centenas de variantes.
- Nivel 4. La solución es encontrada fuera de la rama del conocimiento científico y tecnológico en la cual se desarrolló el problema, puede comprender el análisis de millares de variantes.
- Nivel 5. La solución es encontrada fuera de los límites del conocimiento científico actual, a través del descubrimiento de un nuevo fenómeno y comprende el análisis de millares o millones de variantes.

Altshuller sintetizó los métodos que proveen, de manera más rápida; las soluciones más poderosas, siendo los de nivel 2, 3 y 4 los más adecuados.

Antes de utilizar el TRIZ ante un problema determinado, es necesario verificar que se está frente a un problema de innovación, para ello, es necesario identificar una contradicción que puede ser del siguiente tipo.

- Contradicción administrativa. Este tipo de contradicción se basa en la necesidad de hacer pero no se sabe cómo hacer.
- Contradicción técnica (CT). Este tipo de contradicción marca en realidad la presencia de un problema de innovación.

El problema se describe en que al mejorar el parámetro “A” el parámetro “B” se deteriora.

- Contradicción física (CF). Este tipo de contradicción es mucho más específica que la anterior.



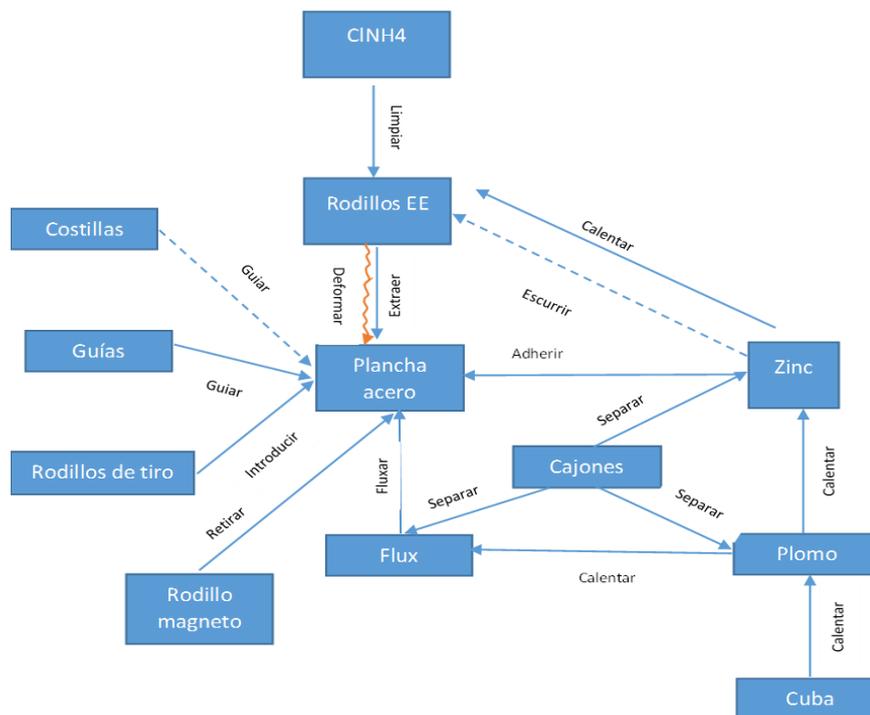
Aquí el problema se describe de la siguiente manera; para realizar la función F1, el elemento debe tener la propiedad + P, pero para realizar la función F2, el mismo elemento debe tener la propiedad opuesta -P.

Para la aplicación de esta herramienta, se puede seguir los siguientes pasos que están propuestos de manera que se pueda encontrar el mayor número de soluciones conforme su avance.

### 1. Descripción del sistema y elección del mini problema.

Aquí se identifica el sistema como por ejemplo: mecanizado de cigüeñal, galvanizado de planchas, conformado de techos etc. Junto con la identificación del sistema lo acompañan la función del sistema, los elementos del sistema, su mapa funcional, descripción del sistema y por último la selección del mini problema.

**Figura 2.19: Mapa funcional del sistema de galvanizado de planchas.**



**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt**

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



En la figura 2.19 se puede observar un mapa funcional en donde constan todas las partes del sistema así como sus funciones e interrelaciones; algo que destacar en la figura, son las distintos tipos de líneas o flechas y su significado, así, las líneas continuas significan que no hay problemas en su función, las líneas entrecortadas significan que su función no se cumple completamente y para la línea ondulada de color rojo, significa que hay un problemas en cumplir su función

El mini problema seleccionado por ejemplo para este caso sería:

“Queremos disminuir el espesor de recubrimiento de Zinc en la plancha de acero sin realizar mayor inversión en el sistema”.

## 2. Uso de la matriz de conflictos técnicos.

La matriz de conflictos técnicos es un conjunto de soluciones estándares basados en 40 principios para la resolución de problemas que Altshuller identifico.

**Tabla 2.15: Matriz de conflictos técnicos (parcial).**

<b>Parámetro a mejorar</b> 	<b>Parámetro perjudicado</b> 			
	Peso de un objeto móvil	Peso de un objeto estacional	Longitud de un objeto móvil	Longitud de un objeto estacional
	1	2	3	4
Peso de un objeto móvil		-	15, 8, 29, 34	-
Peso de un objeto estacional	-		-	10, 1, 29, 35
Longitud de un objeto móvil	8, 15, 29, 34	-		-

**Fuente: 40 principios Altshuller 2005.**

En la tabla 2.15 se muestra la matriz de conflictos técnicos (parcialmente) en donde se observa los parámetros que se quieren mejora (verticalmente) y



los parámetros que se ven perjudicados (horizontalmente), una de las características de esta matriz ,es que los parámetros tanto a mejorar como los que se ven perjudicados son iguales razón por la cual la diagonal de cruce entre los mismos parámetros no tiene ningún principio para la solución del problema, pero para los demás casos por ejemplo. Para mejorar el peso de un objeto móvil donde se ve perjudicada la longitud de un objeto móvil la matriz aconseja utilizar los principios 15, 8, 29 y 34 (Dinamicidad, Contrapeso, Construcción neumática o hidráulica y Rechazo-restauración) para solucionar este problema.

Antes de utilizar la matriz de conflictos técnicos, se debe determinar la contradicción técnica del sistema, en este caso se utiliza la fórmula siguiente:

Al mejorar el parámetro “A” el parámetro “B” se deteriora.

Continuando con el ejemplo del mapa funcional anteriormente citado tenemos:

*“Podemos reducir el exceso de zinc, pero al hacer esto deformamos la plancha en el momento de la extracción”.*

Cada solución viable recomendada por la matriz de conflictos debe ser considerada para su posterior análisis dada su viabilidad de aplicación.

Nota: los 40 principios de resolución de problemas y la matriz completa de contradicciones técnicas estarán en el anexo 3.

### **3. Detalle e intensificación de los conflictos técnicos**

En esta parte se procura agrandar los problemas en los extremos del conflicto técnico para ello se utiliza las siguientes variables.



- a. Función en cuestión. Es la tarea que el sistema tiene problema.
- b. Objeto. Se refiere al elemento o pieza, sobre la cual actúa la herramienta para realizar la función del sistema.
- c. Herramienta. Es la parte con la cual interacciona el objeto para cumplir la función del sistema.

Para poder explicar mejor seguimos con el ejemplo anterior.

Función en cuestión: “Ecurrir Zinc de plancha”

Objeto: Plancha galvanizada

Herramientas: Rodillos Extractores (rodillos EE)

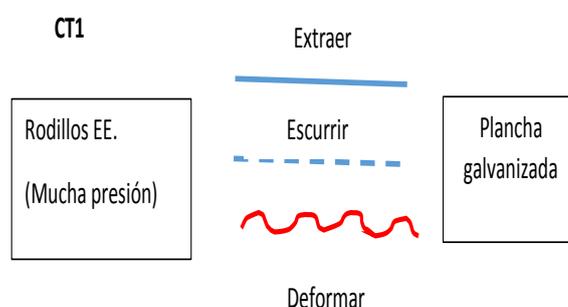
La intensificación se logra cuando se coloca en los extremos la funcionalidad del sistema, continuando con el ejemplo.

**CT1** Con mucha presión en los rodillos EE estos extraerán y escurrirán el Zinc pero dañaría la plancha deformándola después del galvanizado.

**CT2** Con ninguna presión en los rodillos EE estos no deformarían la plancha y tampoco escurrirían y extraerían la plancha después de galvanizarse.

Lo que puede ser representado por los siguientes diagramas figura 2.31 y 2.32.

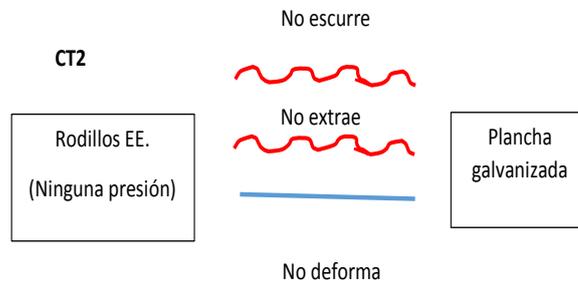
**Figura 2.20: conflicto intensificado CT1.**





**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt.**

**Figura 2.21: Conflicto Intensificado CT2.**



**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt**

El significado de las líneas se mantiene:

Línea continua. Función realizada correctamente.

Línea discontinua. Función realizada parcialmente.

Línea ondulada. Función que no se realiza correctamente.

#### **4. Modelamiento de la solución**

Para este modelamiento, se necesita los datos de la etapa anterior como son:

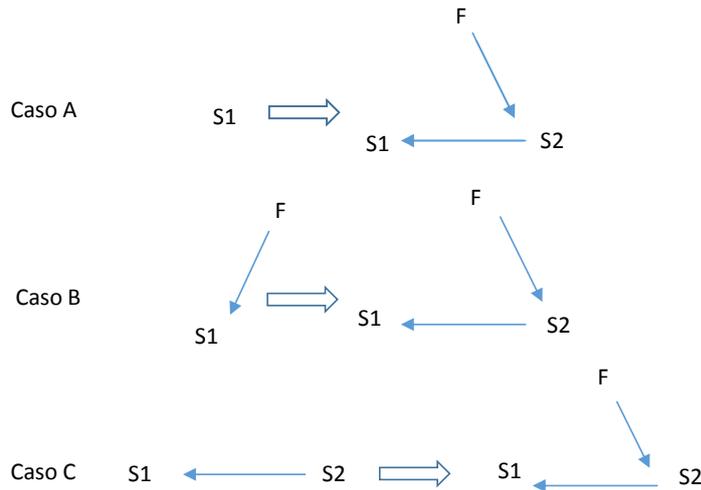
- Función requerida: Función del sistema
- S1: Objeto
- S2: Herramientas
- F: Campo energético
- Recursos. Temperatura, gravedad, aire, movimiento rotacional, etc.

El objetivo del modelamiento es comprobar si el sistema está completo, es decir, se base en el principio que todo sistema funciona bien si posee campo (F) y sustancias (S1y S2) que interrelacionen correctamente y si no es el caso se propone 5 soluciones estándares y son:



1. Completar el sistema campo sustancia. Si existe una sustancia difícil de controlar, el problema es resuelto completando el sistema campo sustancia.

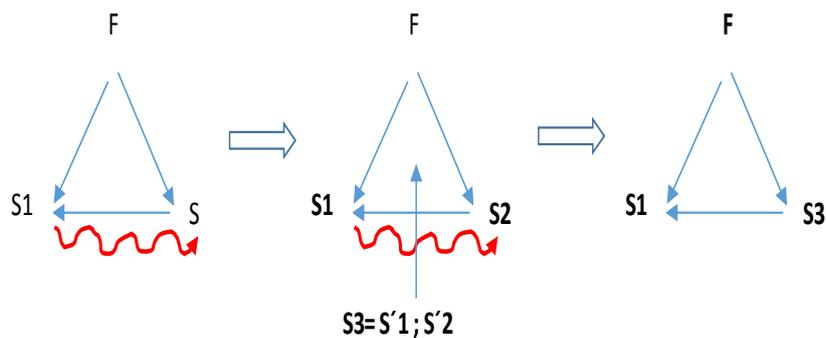
**Figura 2.22: Complementación de campo sustancia.**



**Fuente: ISAK Bukhman, TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION Capítulo 5**

2. Modificación de sustancia. Si existe una interacción perjudicial entre dos sustancias S1 y S2 se recomienda una introducción de una nueva sustancia S3, la cual debe ser la modificación de S1 o S2 de tal manera que  $S3 = S'1; S'2$ .

**Figura 2. 23: Modificación de sustancia.**

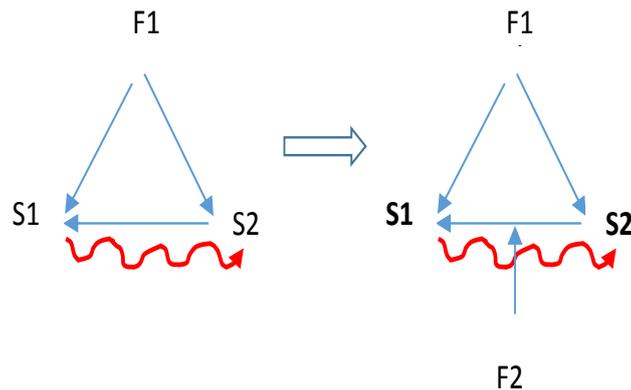




**Fuente:** ISAK Bukhman, TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION Capítulo 5

3. Compensación por un campo. Si un campo F1 causa un efecto perjudicial entre S1 y S2, un campo F2 puede compensar el efecto F1.

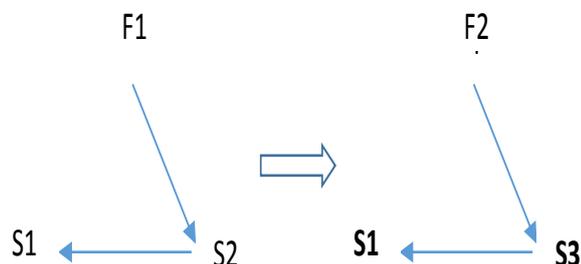
**Figura 2. 24: Compensación por un campo.**



**Fuente:** ISAK Bukhman, TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION Capítulo 5.

4. Efecto insuficiente. Si el efecto entre S1 y S2 es insuficiente, sustituya S2 por S3 y F2.

**Figura 2.25: Efecto insuficiente.**



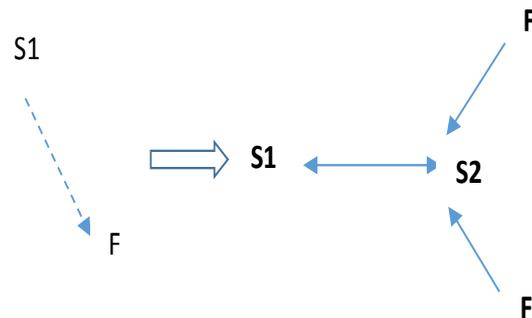
**Fuente:** ISAK Bukhman, TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION, Capítulo 5

5. Regla para problema de medición. Si una sustancia S1 es incapaz de generar un campo que pueda ser medido, o genera un campo insuficiente



o difícil de ser medido, entonces se debe introducir un par S2-F que interactúe con S1 y genere un campo medurable  $F'$

**Figura 2.26: Regla para problema de medición.**



**Fuente: ISAK Bukhman, TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION Capítulo 5**

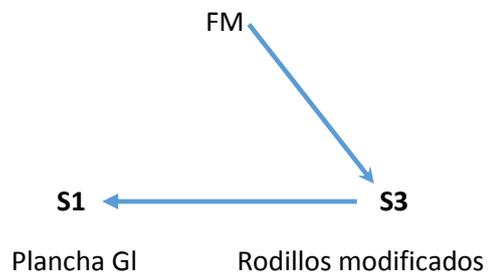
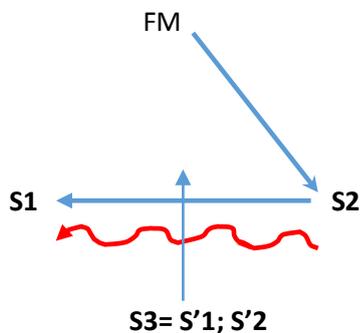
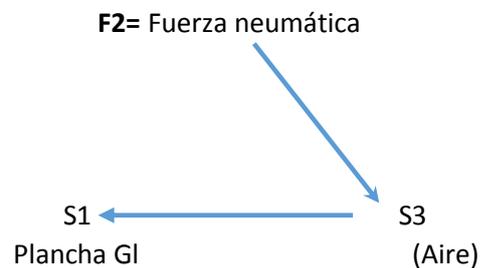
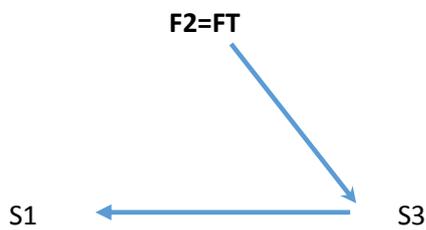
Continuando con el ejemplo tenemos:

- Función requerida: Escurrir Zinc
- S1: Plancha galvanizada
- S2: Rodillos extractores
- FM: Fuerza mecánica
- Recursos. Temperatura, gravedad, aire, movimiento rotacional de los rodillos
- S2 rodillos extractores
- S1 Zinc
- F Energía térmica

**Figura 2.27: Modelamiento de la solución**



Solución estándar: si el efecto entre S1 y S2 es insuficiente sustituya S2 por S3 y F2.



**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt**

Solución Conceptual 1. Para mejorar el escurrido de la plancha necesitamos la introducción de un segundo campo (fuerza neumática) y una tercera sustancia (aire).



Solución Conceptual 2. Para evitar la deformación de la plancha en la región de conflicto se debe hacer una modificación de los rodillos extractores (estado ideal que no existan).

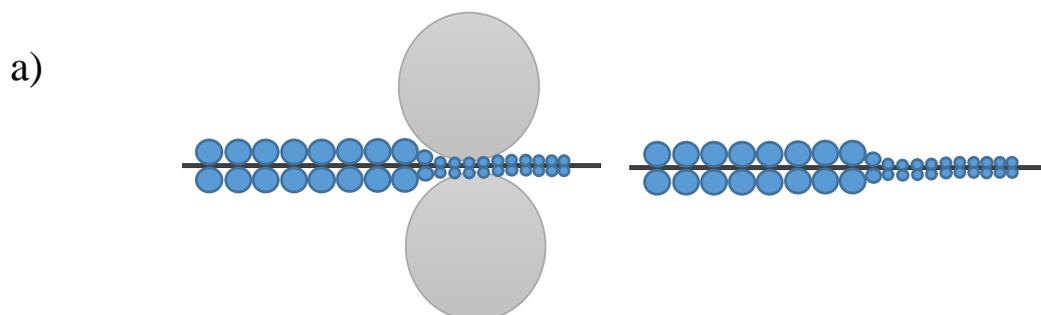
## 5. Análisis de recursos

En este punto se aconseja enfocarse en todos los recursos disponibles en el sistema para buscar posibles soluciones; clasificándose en los siguientes:

- Recurso del Tiempo. Este se divide en: tiempo pre conflicto (T1), tiempo de conflicto (T2) y tiempo pos conflicto (T3).
- Recursos de los elementos del conflicto. Se refiere a los elementos que conforman el sistema tales como: herramienta, Objeto, energía. etc.
- Recursos del ambiente. Son aquellos que están presentes en el sistema de forma natural por ejemplo: aire, humedad, gravedad, etc.
- Recursos de residuos. Son aquellos que son el resultado de desechos de los diferentes procesos como por ejemplo: Vapores, aire caliente, etc.

Algo muy importante que conjuntamente con el análisis de recursos se debe determinar es la región de conflicto, que es el lugar donde sucede el problema por ejemplo; se tiene la siguiente figura 2.28.

**Figura 2.28: Región de conflicto con solución ideal.**





b)

**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt.**

En la figura 2.28 en el literal a) se ilustra la región de conflicto para el sistema de galvanizado de planchas, en donde se observa a los rodillos EE exprimiendo el zinc en exceso en el tiempo T2; de la misma manera a lado se observa al sistema sin los rodillos en cuestión, a esta técnica se la denomina sistema ausente y sirve para introducir a unos “*pequeños hombrecillos inteligentes*” denominados operadores SLP (small little people) que son los encargados de dar una solución ideal. En la misma figura literal b) se observa que ellos se dividen en dos tipos unos encargados de retener el exceso de Zinc (aire recurso del sistema) y los demás en extraer la plancha.

## **6. Formulación del conflicto técnico**

La formulación del conflicto técnico es la última parte de la resolución de problemas y posiblemente la más eficaz.

En el transcurso de todos los puntos vistos hasta ahora se ha buscado una solución al problema o contradicción en el sistema, hasta este punto debe estar claro nuestra posible contradicción física, y para poderla aclarar



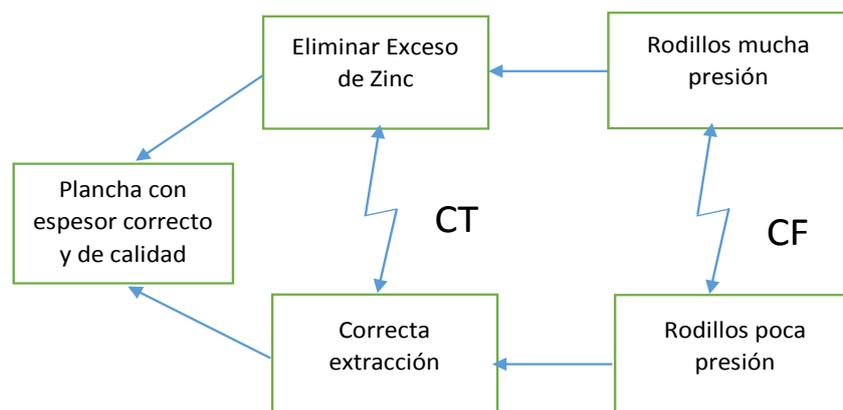
utilizamos expresión vista anteriormente; siguiendo con nuestro ejemplo del galvanizado de planchas tenemos:

Para F1 el escurrido de la plancha, los rodillos EE deben estar muy presionados, pero para no deformar la plancha, los rodillos EE no deben estar muy presionados.

En la figura 2.29 se observa una nube de conflictos, que no es otra cosa que los requisitos necesarios para lograr un objetivo, los mismos que se contraponen entre sí y no permiten alcanzarlo.

Siguiendo con el ejemplo, vemos que para obtener una plancha de calidad (no deformada), y con un correcto espesor en la capa de zinc, es necesario eliminar el exceso de Zinc y tener una correcta extracción, de igual manera, para eliminar el exceso de zinc es necesario presionar los rodillos EE, pero para no deformar las planchas los rodillos EE no deben estar presionados.

**Figura 2.29: Nube de conflictos del sistema Galvanizado de planchas.**



**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt.**

Para eliminar los conflictos técnicos es TRIZ quien aconseja aplicar los principios de separación los mismos que son:



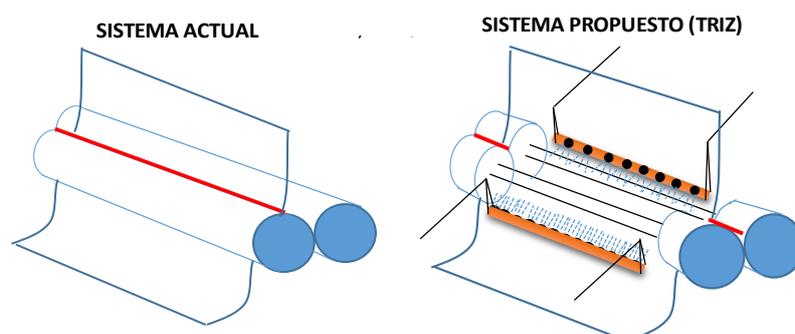
- Separación en el tiempo. En el intervalo de tiempo 1, el objeto tiene la propiedad +A, pero para el intervalo de tiempo 2 el objeto tiene la propiedad -A.
- Separación en el espacio. En la región del espacio 1, el objeto tiene la propiedad +A, pero para la región del espacio 2 el objeto tiene la propiedad -A.
- Separación por susceptibilidad de campo. Para uno de los elementos involucrados en el conflicto, el campo de energía presenta la propiedad +A, mientras que para el otro elemento conflictivo el campo presenta la propiedad -A.

Para terminar con el ejemplo anterior, el principio de separación aplicado a la evaporación de la nube de conflicto (conflicto físico) quedaría de la siguiente manera.

En la región de conflicto los rodillos EE tienen la propiedad de ser extractores y en otra región de conflicto no son extractores (no existen).

Utilizando la combinación de las soluciones vistas anteriormente, el sistema quedaría como se ve en la figura 2.30.

**Figura 2.30: Aplicación del principio de separación en el espacio.**





**Fuente: Elaboración propia realizada para la empresa Tugalt.**

El trabajar sobre la contradicción física es el último paso, que a su vez, garantiza la mayor oportunidad de encontrar una solución viable al problema.

#### **2.4.2.5 FMEA (Análisis a modo de fallas).**

Es un método para considerar de forma sistemática, todas las posibles maneras por las cuales un ítem (pieza o parte de un producto) podría fallar.

Se entiende por ítem a todo elemento que puede ser considerado o descrito individualmente ya sea este una pieza, un proceso o una operación.

Falla es la pérdida completa o parcial de una función.

A continuación se describe el ciclo de falla.

**Figura 2.31: Ciclo de ocurrencia de una falla.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

- **Causa de una falla.** Son las circunstancias que determinan la ocurrencia de un determinado mecanismo de falla.
- **Mecanismos de falla.** Son los procesos físicos, químicos y otros que llevan a un ítem a la falla.



- **Modo de falla.** Es la manera por la cual una falla es percibida.
- **Efecto de la falla.** Son las consecuencias que la existencia de una falla trae a los clientes internos y externos.

Existen varios tipos de FMEA tales como:

1. FMEA de sistemas.
2. FMEA de diseño.
3. FMEA de procesos.
4. FMEA de servicio.
5. FMEA de software.
6. FMEA de Seguridad.

Los FMEA más utilizados y vistos en este punto son el FMEA de diseño (D-FMEA) y el FMEA de proceso (P-FMEA).

A continuación se describen las Etapas principales de un estudio FMEA.

- **Definir foco.**

En esta etapa se define el ítem a ser estudiado, con todas sus partes y subdivisiones que el mismo posea; es muy importante definir el grado relación que cada uno tenga con los requisitos del producto, los cuales a su vez, tienen un grado de importancia previamente definidos.



**Tabla 2.16: Foco funcional del ítem.**

Foco funcional y subsistemas del producto			Requisitos del producto					Peso	Selección	
			5	3	4	1	2			
			Leyenda. Relación directa (9) ● Relación Indirecta. (3) ○ Posible relación. (1) △							
Ref.	Foco funcional	n°	Sub sistema/ partes	Requisito 1	Requisito 2	Requisito 3	Requisito 4	Requisito 5	Total	
1A	Ítem A									
		1A-A	Subparte A1		●		△		27	
		1A-B	Subparte A2	●		●			74	x
		1A-C	Subparte A3	●			○	△	32	x
1B	Ítem B	1B-A	Subparte B1			○			12	

**Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de AMEF**

En la figura 2.16 se observa un ejemplo de un formato para realizar el foco funcional, el grado de relación está en la leyenda del formato, conteniendo los símbolos y el valor de cada uno como son: relación directa (9 puntos), relación indirecta (3 puntos) y posible relación (1 punto); del mismo modo, a los requisitos del producto se les ha asignado un peso que va desde 1 hasta 5; siendo 5 un requisito muy importante, 4 importante, 3 razonablemente importante, 2 poco importante y 1 muy poco importante. La suma del producto del grado de relación con el peso de importancia de cada requisito, determina el total de priorización, siendo los valores más altos los que pasarán a la siguiente etapa.

- **Priorizar las funciones.**

En esta etapa se determina las funciones de las sub partes de los ítems vistos en la primera etapa, estas funciones deben estar conformadas del verbo de acción más el objeto de acción como por ejemplo “evitar corrosión”.

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



De igual manera se debe determinar las funciones principales para continuar con el estudio, para ello se sigue el mismo procedimiento que la etapa anterior.

En la figura 2.17 se muestra un ejemplo de la priorización de funciones.

**Tabla 2.17: Priorización de funciones del ítem.**

Priorizar funciones				Requisitos del producto					Peso	Selección
n°	Pregunta ¿que función realiza esta subparte del ítem?	n°	Verbo + sustantivo	5 Requisito 1	3 Requisito 2	4 Requisito 3	1 Requisito 4	2 Requisito 5		
			Leyenda. Relación directa (9) ● Relación Indirecta. (3) ○ Posible relación. (1) △							
1	Subparte A2	1A-B	Suministras tensión	●	●				72	x
2	Subparte A3	1A-C	Corregir variación	○	●				42	x

**Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de AMEF.**

- **Identificar modos de falla.**

En esta fase se determina los diferentes modos de fallo que se pueden dar en las funciones principales determinadas en la fase anterior, para ello es necesario hacerse la siguiente pregunta, ¿qué pasaría si no se cumpliera con dichas funciones?, las mismas que están bajo ciertas especificaciones de uso.

A continuación se presenta los diferentes tipos de modos de fallo que se podrían presentar.

1. Función ausente.
2. Función insuficiente.



3. Función excesiva.
4. Función inadecuada.
5. Función anticipada.
6. Función atrasada.
7. Efecto indeseable.

Continuando con el ejemplo, en la figura 2.16 se muestra la aplicación de la identificación de los modos de falla.

**Tabla 2.18: identificación de los modos de falla.**

funciones					Tipo de modos de fallo-función						
n°	Verbo + sustantivo	Especificación	n°	Pregunta que pasaría si ? Descripción	Ausente	Insuficiente	Inadecuado	Excesiva	Anticipada	Atrasada	Efecto indeseado
1	Suministras tensión	20-50 Voltios	1A-B1	No enciende	#						
			1A-B2	Sobrecarga				#			
2	Corregir variación	± 0.5 Voltios	1A-C1	Corta vida del equipo							#
			1A-C2	Se quema el equipo							#
			1A-C3	Mal funcionamiento			#				

**Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de AMEF**

- **Analizar efectos y severidad.**

Como su nombre lo indica, para cada efecto de modo de fallo se debe evaluar su severidad según los siguientes criterios:



**Tabla 2.19: Índice de severidad**

<b>Efecto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Severidad</b>
Peligroso sin previo aviso	Puede poner en riesgo la seguridad del operador y el equipo o afecta severamente el producto	10
Peligroso con previo aviso	Puede poner en riesgo la seguridad del operador y el equipo o afecta severamente el producto	9
Muy Alto	Grandes interrupciones en las líneas de producción o un producto final con perdida de sus funciones básicas	8
Alto	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción puede ser necesario la inspección del 100% , en el producto seria un cliente insatisfecho	7
Moderado	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción no es necesario la inspección del 100% , en el producto seria algunas perdidas en el confort, cliente desconforme	6
bajo	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción puede ser necesario la inspección del 100% , el producto opera en sus funciones básicas están bien pero con algún desempeño restringido en su confort, cliente algo insatisfecho	5
Muy Bajo	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción puede ser necesario re TRABAMOS en alguna parte de la producción , en el producto opera en sus funciones básicas pero con algún desempeño restringido en su apariencia el defecto es percibido por la mayoría de los clientes.	4
leve	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción puede ser necesario re TRABAMOS , paro en el puesto de trabajo , el producto final opera en sus funciones básicas pero con algún desempeño reducido en su apariencia, mas de dos clientes no perciben el defecto	3
muy Leve	Pequeñas interrupciones en las líneas de producción puede ser necesario re TRABAMOS en el puesto de trabajo , el producto final opera en sus funciones básicas pero con algún desempeño reducido en su apariencia, solamente los clientes mas exigentes perciben el defecto	2
Ninguno		1

**Fuente: Análisis del modo potencial de falla y sus efectos cuarta edición**

**General Motor pág. 37.**

- **Analizar Causas.**

En esta etapa se procura determinar las causas primarias para cada combinación del modo de falla y sus respectivos efectos.



Junto con las causas primarias es necesario determinar la oportunidad de ocurrencia basadas en las siguientes tablas para P-AMEF y D-AMEF.

**Tabla 2.20: Índice de ocurrencia para P-AMEF.**

Posibilidad de falla	posible tasa de falla	Cpk	Índice de ocurrencia
Muy alta	≥ 1 en 2	< 0.33	10
	1 en 3	≥ 0.33	9
alta	1 en 8	≥ 0.51	8
	1 en 20	≥ 0.67	7
Moderada	1 en 80	≥ 0.83	6
	1 en 400	≥ 1	5
	1 en 2000	≥ 1.17	4
Baja	1 en 15000	≥ 1.33	3
Muy baja	1 en 150000	≥ 1.50	2
Improbable	≤ 1 en 1500000	≥ 1.67	1

**Fuente: Análisis del modo potencial de falla y sus efectos cuarta edición**

**General Motor pág. 93.**

**Tabla 2.21: Índice de ocurrencia para D-FMEA.**

Posibilidad de falla	Posible tasa de falla	Índice de ocurrencia
Muy Alta	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2000	4
Baja	1 en 15000	3
	1 en 150000	2
Remota	≤ 1 en 1500000	1

**Fuente: Análisis del modo potencial de falla y sus efectos cuarta edición**

**General Motor pág. 46.**

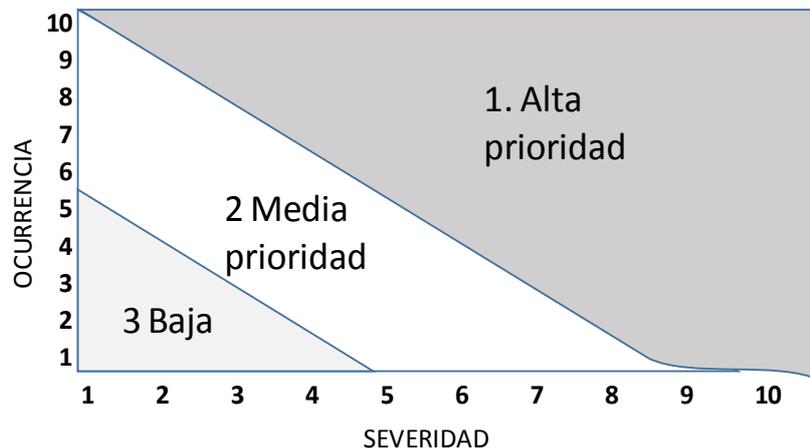
- **Análisis de riesgos y priorización.**

Esta fase consiste en determinar el grado de prioridad de los modos de falla en base al índice de severidad y ocurrencia obtenidas en las fases



anteriores, además de reforzar el carácter preventivo de FMEA, en lugar de confiar en los métodos de detección de los modos de falla.

**Figura 2.32: Priorización de los modos de fallas**



**Fuente: MOURA/QUALIPLUS módulo de AMEF**

En la figura 2.32 se muestra el nivel de prioridad en función de los índices de severidad y ocurrencia los mismos que se explican a continuación y servirán para el plan de mejoras.

Alta prioridad. Estos modos de falla deben ser el foco en torno del cual se desarrolla el plan de mejora.

Media prioridad. Después que se hayan tratado los de alta prioridad, estos modos de falla pueden ser considerados si hay disponibilidad de tiempo y recursos.

Baja prioridad. A estos modos de falla no se recomienda en la inclusión en el plan de mejora.

- **Plan de mejora.**



El plan de mejora es la razón de ser de la FMEA, los esfuerzos de mejora deben ser direccionados para obtener mejoras intrínsecas en el diseño del producto o en el diseño del proceso (que no dependan de la inspección o control) tales como: cambiar el material, cambiar la tecnología, aumentar la resistencia, Poka Yoke, etc.

A continuación se muestra un ejemplo con los índices de severidad, ocurrencia, priorización y el plan de mejora.

**Tabla 2. 22: FMEA de un Producto.**

n°	Especificación	n°	Falla potencial	Efecto potencial	índice de severidad	Causas	Índice de ocurrencia	Priorización	Plan de mejora	
									Recomendaciones	seguimiento
1	20-50 Voltios	1A-B1	No enciende	Fuera de uso	9	Mal bobinado	1	A	Bobinado automático	21/02/2015
		1A-B2	Sobrecarga	falta de eficiencia	7	Falla del rgulador	1	M		
2	± 0.5 Voltios	1A-C1	Mal funcionamiento	Perdidad de mercado	7	Calidad de resistencia	1	M		
		1A-C2	Se quema el equipo	Deterioro de marca	8	Malas conecciones	7	A	Robustecer diseño	10/02/2015
		1A-C3	Daña a otro equipo	Deterioro de marca	9	Mal uso	8	A	Robustecer diseño	11/02/2015

**Fuente: Elaboración Propia.**

## CAPÍTULO III



### **3. DESARROLLO DE METODOLOGÍA IDDOV.**

En este capítulo se aplicará la metodología IDDOV (IDD) junto con las herramientas según el enfoque DSSS en donde sea necesarias aplicarlas.

#### **3.1 Identificación de oportunidades**

##### **3.1.1 Selección del proyecto**

Hace algunos meses se identificó la oportunidad de fabricar un tipo de rack paletizado como solución a un problema de almacenaje (especialmente a lo que se refiere al espacio disponible) e incluirlos dentro del portafolio de los productos Tugalt, una de las fuentes de esta oportunidad provino de las necesidades de una de las fabricas más grandes del Grupo Industrial Graiman; como lo es Graiman, que necesitaba ordenar su inventario de uno de sus almacenes, por lo cual, solicitó la ayuda a su la empresa hermana Tugalt.

Otra fuente para identificar la oportunidad provino del área comercial; quien había identificado un nicho entre sus propios clientes que tenía la misma necesidad que Graiman, la cual era ordenar sus inventarios mediante la utilización de estantería metálica o racks como se los conoce en el mercado.

Esta oportunidad se alinea con la capacidad de la empresa Tugalt, ya que tanto la materia prima como la tecnología para fabricar dicho producto está al alcance de la empresa.



### 3.1.2 Formación del equipo de trabajo

Para la formación del equipo de trabajo se decidió conformar un equipo multidisciplinario, es decir, con gente de todas las áreas de la empresa como son: logística, compras, producción, comercialización y la alta gerencia quedando conformado de la siguiente manera:

**Tabla 3.1: Equipo de trabajo del proyecto racks.**

Nombre	Área	Cargo
Galo López	Producción	Jefe de Producción
Diego Timbi	Producción	Jefe de Ingeniería.
Fabián Moscoso	Comercialización	Director de comercialización
Lourdes Becerra	Logística	Directora de logística
Diego Ochoa	Compras	Jefe de compras
Daniel Velecela	Producción	Coordinador de producción
Fabio Zhunio	Producción	Jefe de taller mecánico
Ricardo Peña	Gerencia	Gerente de producción
Diego Bueno	Producción	Operador de máquina
Iván Sacta	Producción	Soldador
Marco Bermeo	Producción	Operador de máquina

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.1.3 Planificación del proyecto

En la planificación del proyecto se considera los siguientes puntos:

**Nombre del proyecto:** Estantería metálica o Racks.



**Objetivos y metas del proyecto:** Introducir al mercado un racks que satisfagan las necesidades del cliente en el tiempo estimado.

**Alcance del proyecto.** Diseño y construcción de racks.

**Cronograma de trabajo.** Ver en tabla 3.2

**Tabla 3.2: Cronograma de actividades para el desarrollo del producto caso racks Tugalt**

Actividades	Subactividades	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13
Estudio de mercado VOC	Focalizar VOC													
	Realizar VOC													
	Sintetizar VOC													
	Definir requisitos de clientes													
Diseño de RACKS	Definir requisito de productos													
	Proponer conceptos													
	Definir concepto													
Construcción Racks	Obtener herramental													
	construir prototipo													
	Mejorar prototipo													
	Mejorar proceso													
	Implementar producción													

**Fuente. Equipo de trabajo para desarrollo del nuevo producto (rack).**

### 3.2 Definición de requisitos.

#### 3.2.1 Identificación de los clientes

Los clientes de este segmento son aquellos que poseen dentro de sus instalaciones, grandes y medianas bodegas como parte de su cadena de valor en su negocio, es decir comerciantes mayoristas y fábricas de diferentes productos como son: Grupo Graiman, Grupo Eljuri , Grupo Ortiz , Grupo La Favorita , El hierro, Mega hierro, etc.



### 3.2.2 Definición de los requisitos del cliente

Para la definición de los requisitos del cliente se utilizó una de las herramientas de DFSS como lo es VOC (voz del cliente).

#### 3.2.2.1 Objetivos de la VOC

El objetivo del estudio de la VOC es determinar las necesidades de los clientes referentes a los sistemas de estanterías metálicas, como son: tipo, capacidad, tamaño, modularidad, etc.

#### 3.2.2.2 Alcance del estudio de la VOC

El estudio de la VOC abarca a diferentes tipos de empresas tanto comerciales como de manufactura a nivel nacional, es decir, Quito, Ambato, Guayaquil, Manabí y Cuenca para determinar las necesidades de almacenamiento utilizando los sistemas de estanterías metálicas o racks.

El número y las empresas para realizar el estudio de la VOC quedo definido de la siguiente manera (ver tabla 3.3)

**Tabla 3.3: Empresas para el estudio de la VOC.**

<b>#</b>	<b>Empresa</b>	<b>Ciudad</b>
1	Hidrosa	Guayaquil
2	Multicentro Daule	Guayaquil
3	Sirense	Quito
4	Graiman Quito	Quito
5	IMG	Quito
6	MIALCA	Quito
7	Graiman	Cuenca
8	Curtiembre	Cuenca
9	Instruequijos	Ambato
10	Metal Hierro	Manabí

**Fuente. Equipo de trabajo para desarrollo del nuevo producto (rack).**



### 3.2.2.3 Método (s) de recolección de la VOC

El método escogido y utilizado en el estudio VOC es el de las entrevistas personales utilizando preguntas abiertas sobre el producto.

### 3.2.2.4 Planeación del estudio de la VOC

En la planeación de la VOC se conformó 3 equipos formados por los miembros del proyecto quedando de la siguiente manera:

Grupo 1. Galo López, Diego Timbi.

Grupo 2. Fabián Moscoso, Lourdes Becerra.

Grupo 3. Daniel Velecela, Diego Bueno.

A su vez se planificó un cronograma de actividades para la realización de la VOC conjuntamente con el equipo de trabajo como se observa en la tabla 3.4

**Tabla 3.4: Cronograma de planificación de la VOC.**

#	Grupo	Empresa	Ciudad	Semana del 11 al 13 de Noviembre del 2014							Dirección	Contacto	Cargo	hora	Presupuesto
				11	12	13	14	15	16						
1	1	Hidrosa	Guayaquil							Av. Juan Tanca Marengo	Ricardo Quimi	Jefe de zona Costa	8:00 AM	250	
2		Multicentro Daule	Guayaquil							Av. Vicente Piedrahita	Rolando Toscano	Gerente general	11:00 AM		
3	2	Sirense	Quito							Calle Isla Isabela	Luis Sotomayor	Gerente general	9:00 AM	1000	
4		Graiman Quito	Quito							Av. Galo Plaza	Jaime Abad	Jefe de zona Quito	1:00 PM		
5		IMG	Quito							Alfredo Escudero	Stalin Gordon	Gerente general	8:00 AM		
6		MIALCA	Quito							Parque la Magdalena	Arq. Alexandra Luna	Gerente general	13:00PM		
7	3	Graiman	Cuenca							Parque Industrial Machángara	Diego Ávila	Jefe de inventarios	11:00 AM	25	
8		Curtiembre	Cuenca							Av. Pumapungo	Frank Tosi	Gerente general	15:00 Pm		
9	3	Instruequijos	Ambato							Av. las Américas y Gonzales Suarez	Mario Astudillo	Gerente general	9:00 AM	500	
10		Metal Hierro	Manabí							Av. 22 y calle 17	Pedro Cedeño	Gerente general	8:00 AM		
<b>TOTAL</b>													\$ 1,775.00		

**Fuente. Elaboración Propia caso racksTugalt.**



### 3.2.2.5 Preparación de la VOC

En la preparación se capacitó a los equipos de trabajo en los tipos de voz del cliente y como aclarar la misma, adicionalmente se diseñó un formulario muy simple (ver tabla 3.5) utilizando preguntas abiertas para fomentar una conversación entre el entrevistador y el entrevistado.

**Tabla 3.5: Formulario para estudio de la VOC.**

#	Tipo de pregunta abierta
1	¿Que es lo que mas le agrada del Rack?
2	¿Que es lo que menos le agrada del Rack?
3	¿Describa el Rack ideal para usted?
4	¿Si usted tuviese una varita mágica como concibiese un Rack?
5	¿Que le llevaría a escoger un Rack?
6	¿Cuales son los principales factores que considera en su decisión de compra?

**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

### 3.2.2.6 Realización y extracción de la VOC.

En la tabla 3.6 se muestra el ejemplo de una tabla estructurada como resultado de la realización de la VOC a un cliente, el resto se muestra en el anexo 2.

**Tabla 3.6: VOC parte A.**

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Hidrosa		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero flexibilidad para almacenar mis ítems
2	producto	Quiero seguridad
3	producto	Quiero que se adapte a mis necesidades
4	producto	Quiero que sea fácil de transportar
5	Servicio	Quiero asesoría para instalación
6	Producto	Quiero que sea fácil de instalar
7	Producto	Que sea duradero
8	Producto	Quiero que soporten cargas de hasta 3000Kg por nivel

**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**



### 3.2.2.7 Estructuración de los requisitos del cliente

Después de haber realizado la VOC y extraído los requisitos del cliente se procedió a la estructuración de la misma para obtener una síntesis de la VOC por cada uno de los clientes entrevistados, quedando de la siguiente manera (ver tabla 3.7).

**Tabla 3.7: Estructuración de los requisitos del cliente.**

1	Quiero flexibilidad al modular la altura
2	Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg
3	Quiero que sean resistentes a la corrosión
4	Quiero que se hagan a medida
5	Quiero que sean fácil de montar y desmontar
6	Quiero asesoría
7	Quiero que sean estables
8	Quiero que se adapten a mis pallets
9	Quiero repuestos.

**Fuente. Equipo de trabajo para desarrollo del nuevo producto (rack).**

### 3.2.2.8. Priorización y Direccionamiento de la VOC

En esta etapa se utilizó el cuestionario de Kano para evaluar los requisitos anteriormente obtenidos en la VOC, para ello, se determinó un formato que ayudó a recopilar la información de cada requisito, en la tabla 3.8 se muestra un ejemplo de los requisitos 1 al 4, en el anexo 3 se incluye todas las evaluaciones por clientes realizadas.

A continuación se evaluó los resultados para determinar el tipo de calidad que tiene cada requisito, como por ejemplo, el requisito número uno (ver tabla 3.9) tiene su mayor incidencia en el puesto E1 que es Calificada como calidad esperada.



Así finalmente se tiene clasificado cada requisito por su tipo de calidad como se muestra en la tabla 3.10.

**Tabla 3.8: Cuestionario Kano.**

Hidrosa Guayaquil

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x				
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?				x	
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es para altas cargas?		x			
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?		x			
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es a medida el racks?	x				
¿Que pasaría si es a medida el racks?				x	
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x				
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?		x			

**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.



**Tabla 3. 9: Evaluación de requisitos por el método de Kano.**

1		pregunta negativa				
Quiero flexibilidad al modular la altura		Me gusta	Es el Esperado	No siento nada	No hay que escoger	No me gusta
		A	B	C	D	E
1	Me gusta				1	5
2	Es el esperado				1	3
3	No siento nada.					
4	No hay que escoger.					
5	No me gusta.					

**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

**Tabla 3.10: Categorización de la calidad por requisito del cliente.**

# de requisito	Mayor incidencia	Clasificación
1	E1	Calidad Esperada
2	E1	Calidad Esperada
3	E1	Calidad Esperada
4	E2	Calidad Mandatoria
5	E2	Calidad Mandatoria
6	E2	Calidad Mandatoria
7	E1	Calidad Esperada
8	D1	Calidad Atractiva
9	D1	Calidad Atractiva

**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

Por último realizamos la interpretación de los resultados (requisitos del cliente) utilizando el gráfico de Kano (ver figura 3.1), pero antes realizamos la tabulación de Kano (Ver tabla 3.11) y determinamos los índices SP y SM (Ver tabla 3.12) para proceder con el gráfico.



**Tabla 3.11: Tabulación de Kano según requisitos del cliente.**

Tabulación Kano		Porcentaje de respuestas por requisito				TOTAL
# Requisito	REQUISITOS	Calidad mandatoria (CM)	Calidad Esperada (CE)	Calidad Atractiva (CA)	Calidad invalida(Ci)	
1	Quiero flexibilidad al modular la altura	30%	50%	10%	10%	100%
2	Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	20%	50%	20%	10%	100%
3	Quiero que sean resistentes a la corrosión	30%	50%	10%	10%	100%
4	Quiero que se hagan a medida	40%	20%	30%	10%	100%
5	Quiero que sean fácil de montar y desmontar	40%	20%	20%	20%	100%
6	Quiero asesoría	30%	20%	10%	40%	100%
7	Quiero que sean estables	0%	90%	10%	0%	100%
8	Quiero que se adapten a mis pallets	30%	20%	50%	0%	100%
9	Quiero repuestos.	20%	20%	40%	20%	100%

**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.

Los resultados de la tabla 3.11 se han obtenido en base a la categorización de cada requisito, es así por ejemplo, para el requisito número 1 (ver tabla 3.9) se tendría 5 entrevistados ubicados en la posición E1 (Calidad esperada), 3 en la posición E2 (Calidad Mandatoria), 1 en la posición D1 (calidad Atractiva) y 1 en calidad indiferente (no se clasifica en ninguna de las anteriores).

Entonces para determinar el porcentaje de cada uno en los distintos tipos de calidad; se divide el número de entrevistados en cada categoría de calidad para el total (en nuestro caso 10 clientes) y se multiplica por 100.

Una vez determinados los porcentajes de cada requisito en sus diferentes categorías, se procedió a calcular los Índices SP y SM.

$$SP = 30\% + 50\% = 80\%$$

$$SM = 50\% + 10\% = 60\%$$

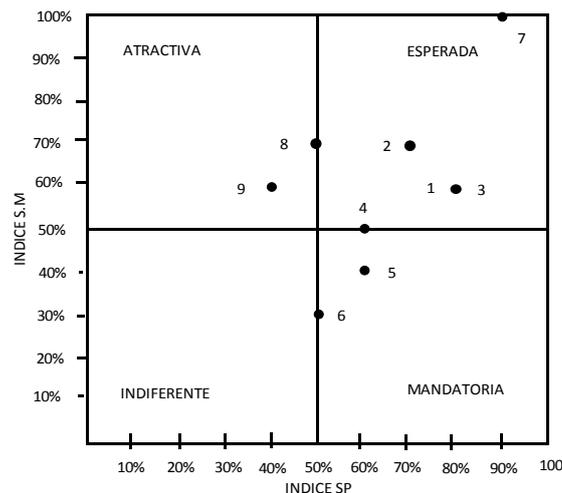


**Tabla 3.12: Índices SP y SM para gráfico de Kano.**

Tabulación Kano		SP	SM
#	REQUISITOS		
1	Quiero flexibilidad al modular la altura	80%	60%
2	Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	70%	70%
3	Quiero que sean resistentes a la corrosión	80%	60%
4	Quiero que se hagan a medida	60%	50%
5	Quiero que sean fácil de montar y desmontar	60%	40%
6	Quiero asesoría	50%	30%
7	Quiero que sean estables	90%	100%
8	Quiero que se adapten a mis pallets	50%	70%
9	Quiero repuestos.	40%	60%

**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

**Figura 3.1: Gráfico de Kano.**



**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

En la figura 3.1 se observa que los requisitos 7, 2, 1 y 3 son los requisitos más definidos (más se alejan del centro del gráfico) como calidad esperada, mientras que los requisitos 8 y 9 están definidos como calidad atractiva y los requisitos 5 y 6 están definidos como calidad mandatoria.

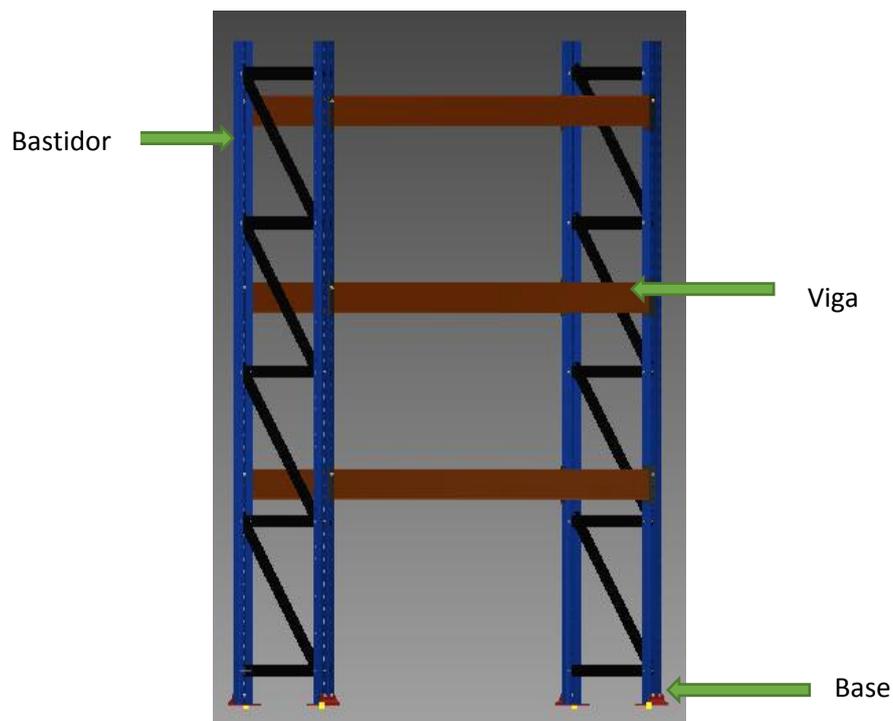


En resumen la adaptabilidad del rack para los pallet, los repuestos que conjuntamente con los requisitos esperados son de vital importancia en el concepto del diseño.

### 3.2.3 Definición de requerimientos

Para la definición de los requisitos del producto se partió del concepto de un rack es decir, que esté compuesto de Bastidores, Vigas (travesaños) y Bases como el de la figura 3.2.

Figura 3.2: Concepto de rack.



**Fuente: Realización propia caso Racks Tugalt.**

En la figura 3.2 se observa el concepto del producto como tal, a continuación se desarrolla las fases de QFD para afinar los detalles del concepto y diseño del producto con relación a los requisitos del cliente.





En la tabla 3.13 se observa los requisitos del producto los mismos que fueron obtenidos a partir de los requisitos del cliente en consenso con el equipo de trabajo multifuncional y plasmados en la herramienta del QFD fase 1, es importante señalar que los Racks, al ser un producto nuevo para la empresa, el Benchmarking del cliente se lo ha realizado comparando a tres empresas como son: Racks del Guayas, Racks del Pacífico y Mecalux, que son las principales empresas que ofrecen este producto en el mercado nacional, siendo las dos últimas importadoras, Mecalux de origen europeo líder en el mercado y Racks del Pacífico de origen mexicano.

Los requisitos del producto 2, 3, 4, 7 y 9 tienen mayor relación con los requisitos del cliente por lo tanto son estos los que se utilizan para el desdoblamiento del diseño en la siguiente fase de QFD.

Es importante señalar que las metas de los requisitos del producto se basaron en la exigencia máxima que tendría una estructura de este tipo, es decir alrededor de 15 toneladas distribuidas en 5 niveles (3 toneladas por nivel) sin contar el nivel cero o también conocido como pallet al piso y con una altura aproximada de 6 metros, a su vez, esta altura se basa en la capacidad de elevar una carga mediante un montacargas convencional, fuera de este rango de altura, se necesita otro tipo de montacargas que no es común en el país.

También se observa que el grado de correlación entre los requisitos del producto número 3 y 6 tiene una correlación fuerte negativa (#), ya que la longitud del bastidor no sólo está determinada por la capacidad de elevación de un montacargas, sino también por la capacidad de la estructura, por ejemplo si a cada nivel se coloca una carga de 3 toneladas y el número de niveles es 7, la



capacidad de la estructura debería ser de 21 toneladas que modificaría por completo la exigencia de la misma.

El grado de dificultad en el requisito número 5 (protección anticorrosiva) es de 5, es decir complejo ya que en la actualidad no se posee una infraestructura y tecnología para la aplicación de pintura electrostática como es la meta planteada, así que se deja la opción para la aplicación de fondo fosfatizante como protección anticorrosiva y sobre ella una pintura acrílica.

### **3.3 Desarrollo de Concepto**

Como se mencionó anteriormente, se partió un diseño preestablecido de un rack paletizado convencional, por lo tanto, en esta parte se analiza el concepto para el diseño de cada una de sus partes, teniendo presente la capacidad en infraestructura y tecnología disponible para satisfacer las necesidades del producto.

#### **3.3.1 Requisitos funcionales**

**Perfil de bastidor.** Es muy importante ya que es el elemento principal de la estructura del Bastidor y sobre la cual se apoya toda la carga, éste perfil necesita perforaciones tanto en su parte frontal para el acople rápido con la Viga o travesaño y base, como en su parte lateral para las uniones emperradas con el perfil de entramado.

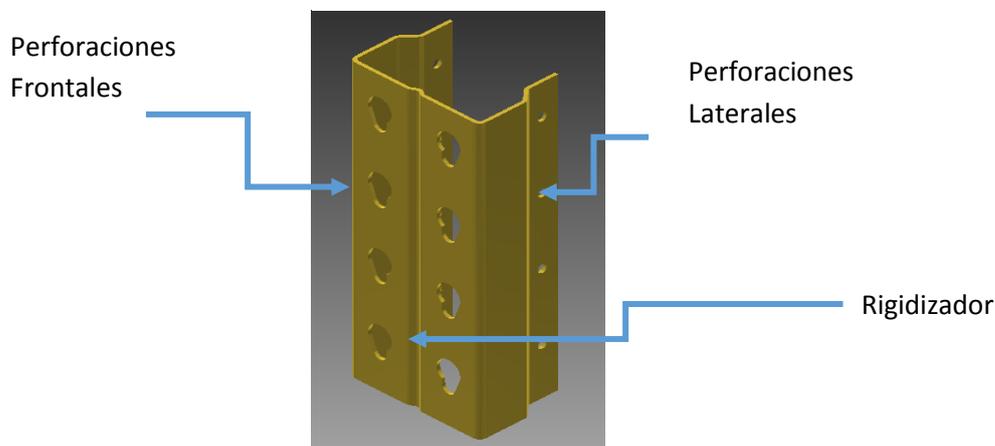
Es muy importante señalar que este perfil necesita un número máximo de dobles con el fin de ser rigidizado para cumplir con la exigencia o capacidad de carga sometida.



Cabe resaltar que este perfil fue desarrollado bajo las exigencias de las necesidades del producto y a la capacidad de la máquina de perfilar hasta 6 dobles en función con su número de pasos o cabezales de perfilado.

A continuación se muestra en la figura 3.3 el diseño de este perfil con 6 dobles o pliegues, un rigidizador en el medio y perforaciones tanto frontales como laterales.

**Figura 3.3: Perfil bastidor.**



**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

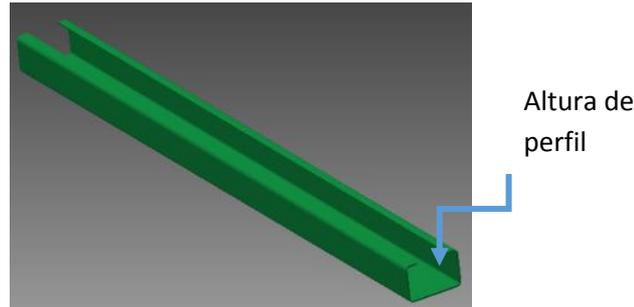
El diseño de los agujeros del perfil bastidor están basados en una matriz que se disponía y a la cual se le agregó unos punzones adicionales para lograr las perforaciones laterales, los planos y especificaciones de este perfil se muestran en el anexo 4.

**Perfil de entramado 1 y 2.** El perfil de entramado es el que permite unir los perfiles de bastidor y transmitir la tensión hacia los pernos de unión para conformar el bastidor como tal, el concepto que debe cumplir este bastidor es que el alto de este perfil debería ser la mitad del espacio interno entre las perforaciones laterales del perfil de bastidor.



Se puede destacar que este perfil está dentro del portafolio de productos que actualmente se fabrica, los planos y especificaciones se encuentran en el anexo 5 y 6 respectivamente.

**Figura 3.4: Perfil de entramado 1 y 2.**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Pernos unión.** Para garantizar la resistencia en las uniones emperradas se decidió utilizar pernos galvanizados grado 8.

**Tabla 3.14: Especificaciones de pernos.**

PRODUCTO	especificación			material	diámetro	carga de prueba (PSI)	dureza			
	SAE grado	DIN grado	ASTM grado							
tuerca hexagonal liviana	J-995	267	A-194	A-563	1/4" - 1-1/2"	90,000	32 Rc máx.			
	2	6	-	A						
	5	8	1	B						
	8	10	-	-		150,000	24 -36 Rc.			
tuerca hexagonal pesada	J-995	-	A-194	A-563	1/4" - 2"	90,000	32 Rc máx.			
	2	-	-	-						
	-	-	2, 2M	-				acero bajo carbono SAE 1010	120,000	32 Rc máx.
	-	-	-	D				acero medio carbono SAE 1030/1038	150,000	24 - 36 Rc
	-	-	2H, 4, 7	DH	acero bajo carbono SAE 1030/1041	175,000	24 - 38 Rc			
tuerca hexagonal ranurada	J-995	267	-	A-563	1/4" - 1-1/2"	90,000	32 Rc máx.			
	2	6	-	A						
tuerca hexagonal alta	J-995	267	-	A-563	1/4" - 1"	90,000	32 Rc máx.			
	2	6	-	A						
tuerca hexagonal castillo	J-995	267	-	A-563	1/4" - 1-1/2"	90,000	32 Rc máx.			
	2	6	-	A						

**Fuente:** Normas equivalentes y requerimientos mecánicos

<http://www.tornillosytuercas.com.mx/Normas.htm> día de la consulta 03/02/2015

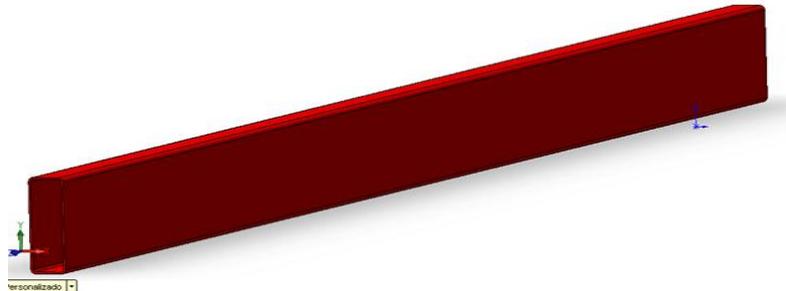
Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



En la tabla 3.14 se observa que los pernos grados 8 soportan esfuerzos de 120.000 Psi (827 MP a este tema se lo analizará más adelante) que prácticamente garantizarían la resistencia de la estructura en las uniones empernadas tanto para los pernos utilizados en bastidores ( $\frac{1}{4}$ "x 4") y las bases de ( $\frac{3}{8}$ " x  $\frac{3}{4}$ ").

**Viga o travesaño.** El concepto para la viga es que se pandee lo menos posible ante la carga sometida, como meta se ha planteado que soporte hasta 1.5 toneladas, así que se optó por utilizar un tubo rectangular el mismo que se lo fabrica en planta como lo es el 150 x 50 en 3 mm de espesor (los planos se encuentran en el anexo 7), que es el más apropiado para este nivel de exigencia Ver figura 3.5.

**Figura 3.5: Tubo rectangular para viga de rack.**



**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.

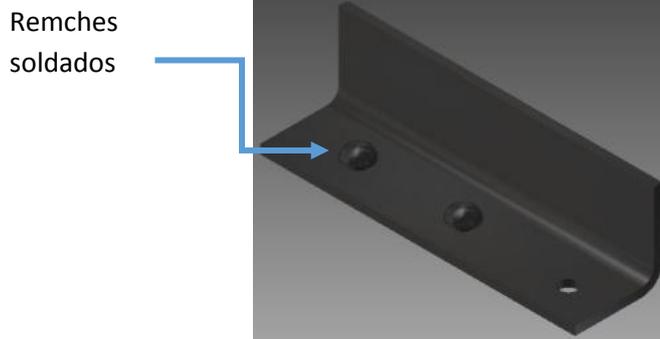
**Placa Conectora Viga-Bastidor.** La placa conectora es un elemento más de la viga o travesaño y sirve para transmitir la carga desde la viga hacia el bastidor y el acoplamiento con el mismo.

El concepto es que sea rápido de montar o acoplar al bastidor, además de que sea lo suficientemente fuerte para la carga sometida.



Para tal encomendado se diseñó la siguiente placa conectora ver figura 3.6.

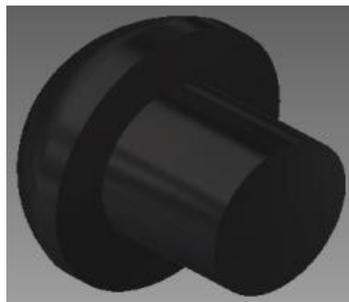
**Figura 3.6: placa conectora viga-bastidor.**



**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.

En la figura 3.6 se observa la placa conectora obtenida mediante dos piezas las cuales son un ángulo de 50 x 50 5.00mm y unos remaches (ver figura 3.7) cuya geometría coincide con los agujeros frontales del perfil bastidor para lograr un acople rápido.

**Figura 3.7: Remache de conector viga-bastidor.**



**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.

Es importante señalar que el ángulo de 50 x 50 se lo fabrica en la misma perfiladora y el remache se lo mecanizaría en el taller de productos nuevos.

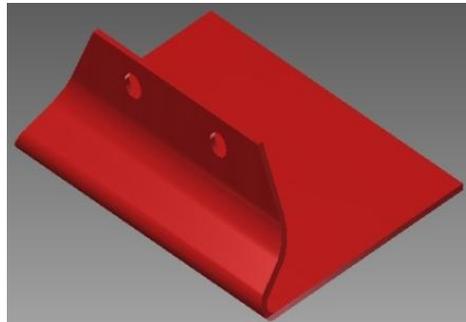
Los planos y especificaciones de estos elementos se muestran el anexo 8 y 9 respectivamente.



**Base de bastidores.** Para el diseño de la base se manejó el concepto de uniones empernadas ya que se puso énfasis en no utilizar la soldadura para unirla al perfil de bastidor, la fusión de la base es de anclar el bastidor al piso y la de acoplarse al perfil de bastidor.

En la figura 3.7 se observa el diseño de la base, cuyos planos y especificaciones están en el anexo 10.

**Figura 3.8: Base de bastidor de rack.**



**Fuente:** Realización propia caso Racks Tugalt.

En el anexo 11 se muestra la estructura ensamblada con cada elemento.

### **3.3.1.1 Análisis de los elementos de concepto**

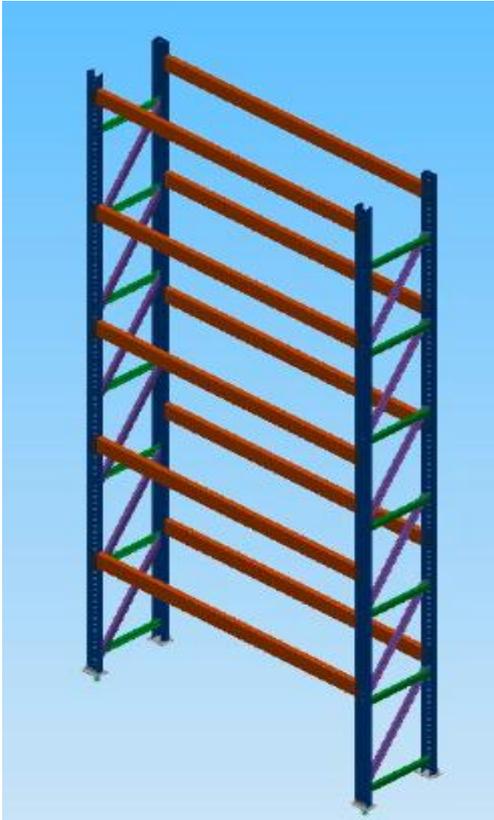
En este punto se analizó los diferentes elementos o piezas que componen el racks bajo las exigencias de los requisitos del producto, cabe resaltar que el objetivo es validar dichas exigencias más no demostrar todo el cálculo estructural.

Como se mencionó anteriormente el rack es una estructura metálica cuya función principal es soportar cargas o peso, además de modular los espacios para cada tipo de producto que vaya a ser colocado sobre él, en la figura 3.9 y 3.10 se observa una vista en 3 dimensiones (3D) del diseño del rack paletizado

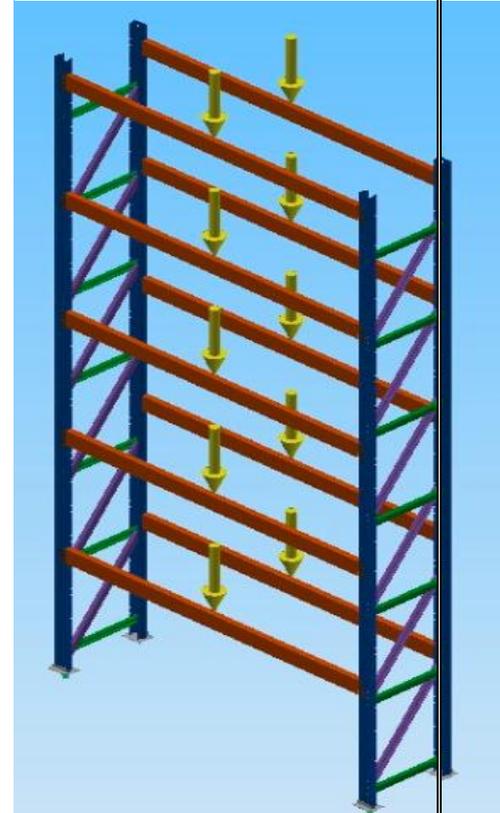


de 5 niveles cuya carga exigida es de 15 toneladas, es decir 3 toneladas o 3000Kg por nivel.

**Figura 3.9: Rack en 3D**



**Figura 3.10: Rack con carga de 15 toneladas.**



**Fuente: Departamento de Ingeniería Tugalt.**

Con la ayuda de un software como lo es el INVENTOR<sup>12</sup> versión 2013; se simuló el comportamiento de esta estructura con la finalidad de validar cada uno de los elementos como un todo, es decir, como una sola estructura.

Es muy necesario aclarar las propiedades del acero utilizado para la construcción de racks, a continuación se muestra la tabla 3.15 con algunas de estas propiedades más importantes.

<sup>12</sup>Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk.



**Tabla 3.15: Propiedades del acero comercial laminado en caliente ASTM A1011.**

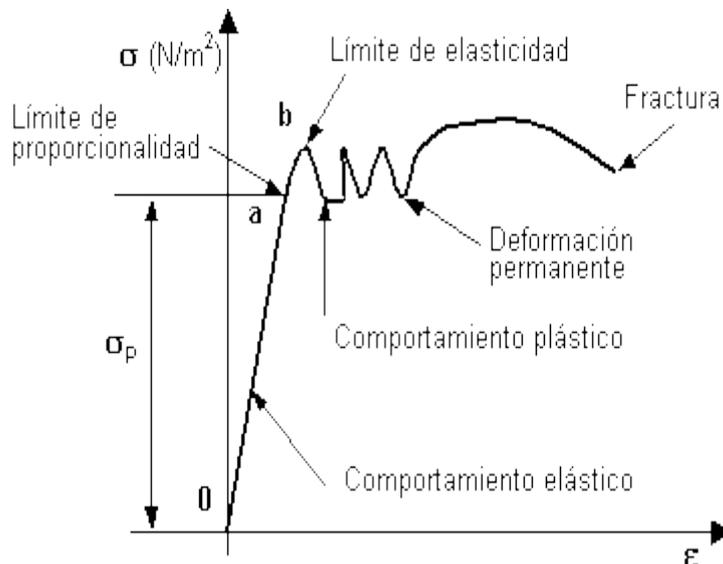
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa

**Fuente: Departamento de Ingeniería Tugalt.**

De estas propiedades sin duda, el límite elástico es el más importante para la validación de la estructura así que, es importante definir y aclarar este tema.

Límite elástico “*El límite elástico, también denominado límite de elasticidad (ver figura 3.11), es la tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes*<sup>13</sup>”

**Figura 3.11: Comportamiento de un material ante una carga.**



Fuente: [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/elasticidad/ap01\\_elasticidad.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/elasticidad/ap01_elasticidad.php) día de la consulta 22-12-2014

<sup>13</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmite\\_el%C3%A1stico](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmite_el%C3%A1stico)

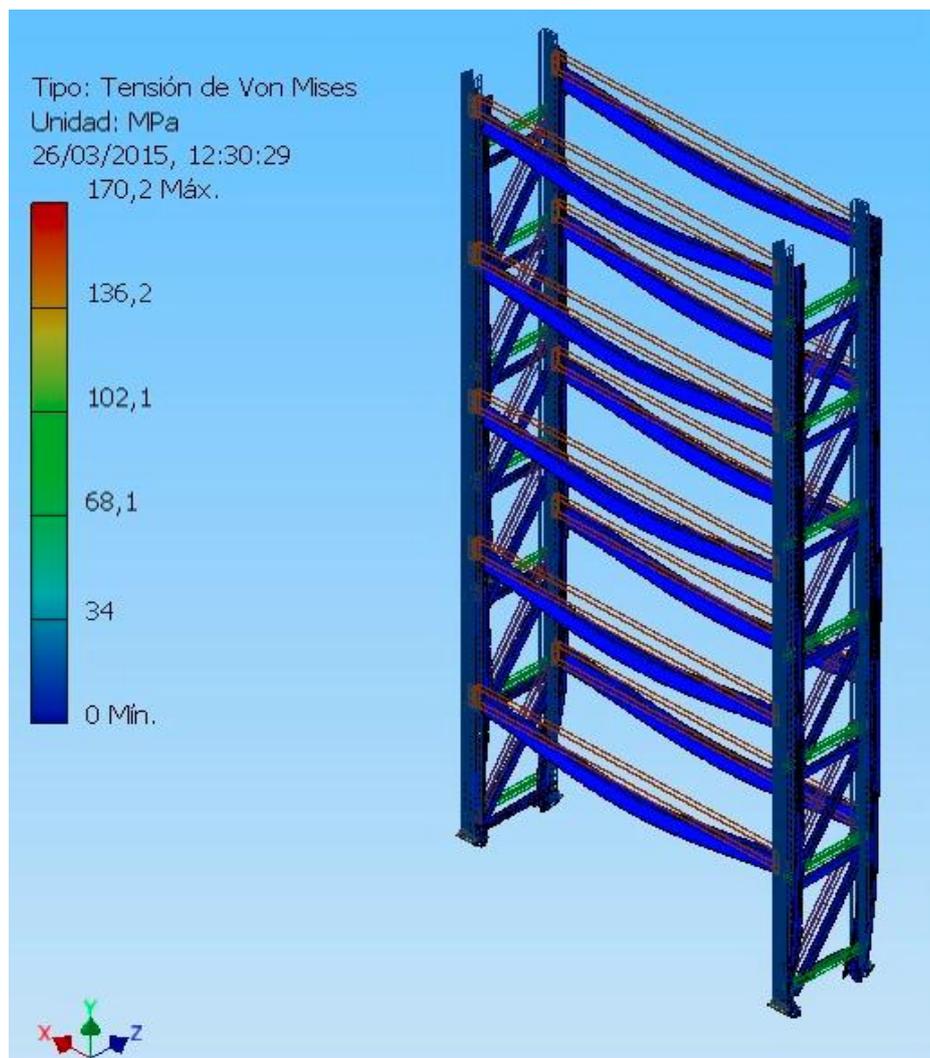


Como se observa en la tabla 3.15, el límite de elasticidad de nuestro acero es de 207MPa. Por lo tanto la estructura no debe exceder este esfuerzo teóricamente.

A continuación presentamos los resultados de la simulación.

Como se puede observar en la figura 3.12 el máximo esfuerzo que soporta la estructura es de 170.2 MPa, por lo tanto se concluye que la estructura es apta para soportar en sus 5 niveles un peso de 3000 Kg.

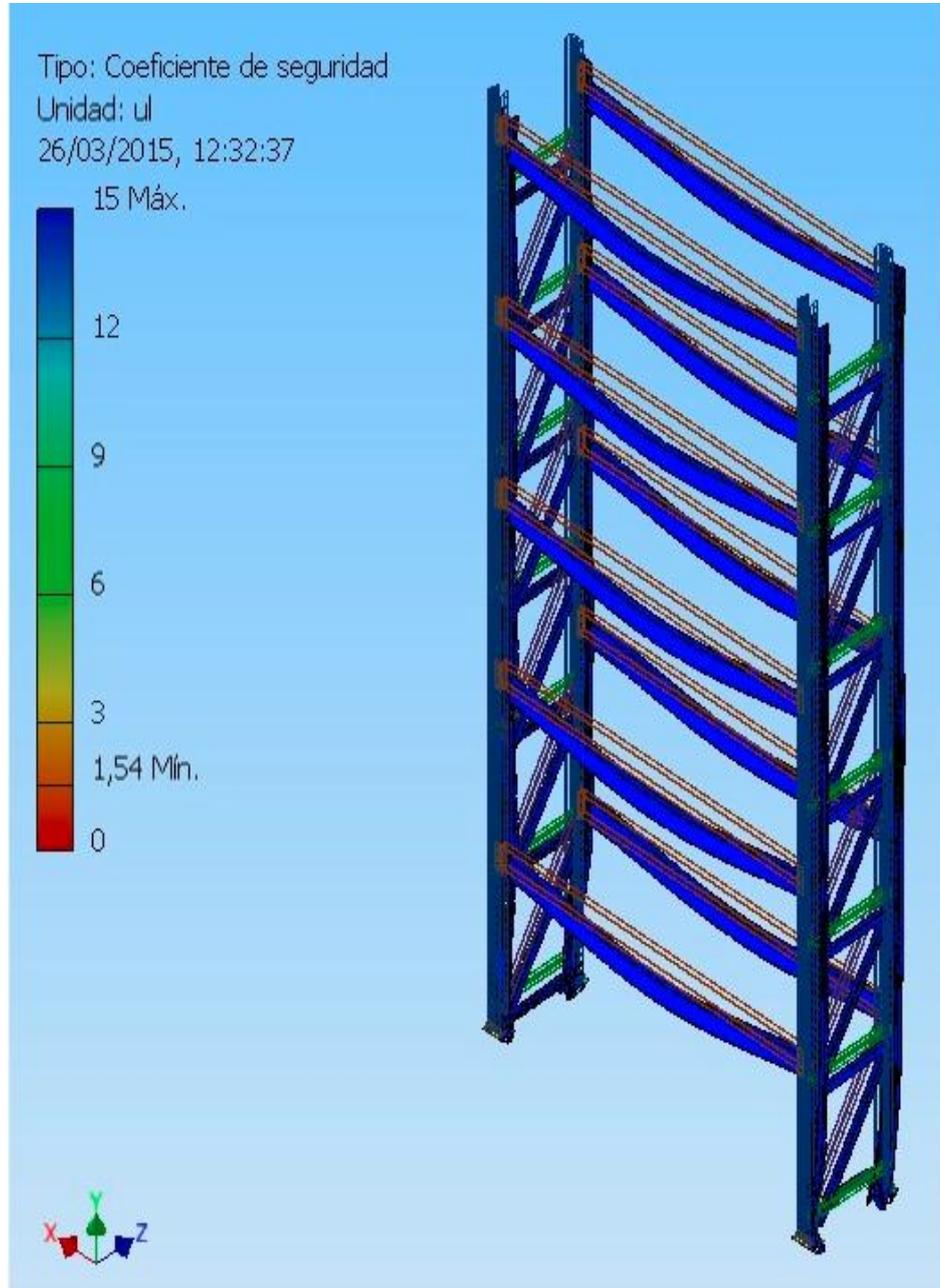
**Figura 3. 12: Resultado de la simulación con 3000 Kg por nivel o 15 y toneladas en la estructura.**





Fuente: Realización Propia.

Figura 3.13: Coeficiente de seguridad de la estructura.



Fuente: Realización Propia.

En la figura 3.13 se observa el coeficiente de seguridad de la estructura que no es otra cosa que la capacidad adicional que tiene la misma de soportar una carga.



En nuestro caso el factor de seguridad es de 1.54, lo que significa que tiene 54% más de capacidad, es importante señalar que si bien existe capacidad adicional de carga, no se debe sobrepasar para lo que se diseñó, ya que como su nombre lo indica esta capacidad adicional sirve como seguridad frente a condiciones de trabajo fuera de lo normal tales como movimientos anormales de la estructura o choques leves contra la misma.

### 3.3.2 Desarrollo de Conceptos Alternativos

A continuación se analiza el concepto de la placa conectora ya que tiene algunos inconvenientes en su fabricación, por ello se analizó un nuevo concepto.

Para el desarrollo de un nuevo concepto de la placa conectora Viga- Bastidor se utilizó la herramienta del TRIZ como se describe a continuación.

- Planteamiento del conflicto Técnico.

**Introducción.** El sistema Viga – Bastidor, es un sistema simple, razón por la cual no se realizó el mapa funcional sino más bien se partió del conflicto técnico.

**Función.** La función de la placa conectora Viga – Bastidor es como su nombre lo indica; el de acoplar la Viga con el perfil del bastidor y de transmitir la carga hacia el bastidor desde la Viga mediante los remaches.

**Conflicto Técnico.** El conector Viga – Bastidor actual cumple con su función, pero su tiempo de fabricación es muy largo ya que se utiliza soldadura en su construcción.



**Tabla 3. 16: Matriz de conflictos técnicos caso placa conectora de racks.**

<div style="text-align: center;"> <b>Parámetro perjudicado</b>    <b>Parámetro a mejorar</b> </div>		Peso de un objeto móvil	Peso de un objeto estacional	Longitud de un objeto móvil	Complejidad de control	Nivel de automatización	Productividad o capacidad
		1	2	3	37	38	39
1	Peso de un objeto móvil		-	15, 8, 29,34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
37	Complejidad de control	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24		34, 21	35, 18
38	Nivel de automatización	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	34, 27, 25		5, 12, 35, 26
39	Productividad o capacidad	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

En la tabla 3.16 se observa la utilización de la matriz de conflictos técnicos para el conflicto expuesto anteriormente, aquí es importante aclarar la forma en la cual fueron escogidos los parámetros, para este caso se escogió como parámetro “Productividad o capacidad”, ya que el soldar los remaches a la placa conectora resta productividad o capacidad, y esto es lo que se quiere mejorar, para el parámetro que se ve perjudicado se escogió “Nivel de automatización”, por ser la forma clásica de mejorar la productividad en un proceso de soldadura con todos sus inconvenientes.

La intersección de estos dos parámetros el de mejorar y el perjudicado, aconsejan utilizar los principios 5, 12, 35 y 26 siendo el número 5 la solución más relacionada con el conflicto técnico planteado.



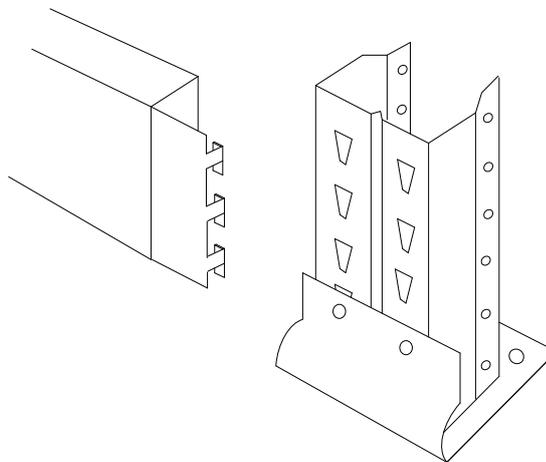
**Principio 5** <sup>14</sup> *Consolide o integre en el espacio o tiempo, objetos similares u objetos destinados a operaciones contiguas*".

**Solución.** Consolide la placa conectora con los remaches para cumplir con la función requerida.

Esta solución dio como resultado el integrar la placa conectora y los remaches como un solo elemento, es decir sin la necesidad de soldar los remaches a la placa conectora sino más bien hacer una placa conectora que posea unos acoples que se puedan calzar en los agujeros del perfil de bastidor.

En la figura 3.14 se muestra la solución o concepto para el acople Viga-Bastidor para este determinado conflicto.

**Figura 3.14: Conector viga-bastidor (solución Triz).**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Tugalt.

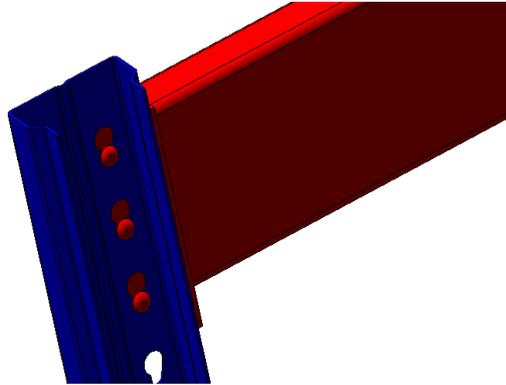
Como se observa en la figura 3.14, este concepto lleva a la necesidad de cambiar el tipo de perforación actual del perfil utilizado en la construcción de

<sup>14</sup> 40 Principios de resolución de problemas TRIZ.



los bastidores (ver figura 3.15) razón por la cual se debe considerar este concepto antes de su aplicación.

Figura 3.15: Conector viga-bastidor con perforaciones de perfil actual.



Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

### 3.3.3 Seleccionar los mejores conceptos

En este punto se analizó los conceptos para el conector Viga-Bastidor partiendo de un conector básico como es el de utilizar pernos para acoplar la viga bastidor hasta el último concepto obtenido mediante el TRIZ.

Tabla 3.17: Selección de conceptos alternativos viga-bastidor.

Criterios	Conceptos		
	Conector 1	Conector 2	Conector 3
Tiempo de fabricación	+	-	+
Costo	-	--	+
Resistencia	+	++	+
Facilidad para usuario	--	++	++
Inversión	+	++	--

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

Como se puede observar en la tabla 3.17 el concepto del conector 2 es mejor (6 +) que los otros conceptos; ya que como se mencionó anteriormente, que las perforaciones se lo realizarían aprovechando el herramental (matrices) disponible, el concepto 3 desarrollado con la herramienta del TRIZ requeriría una importante inversión en matrices tanto para las perforaciones del perfil bastidor como para la placa conectora, razón por la cual se opta por conservar el concepto 2 a pesar de sus inconvenientes en el tiempo de manufactura.

El concepto 3 se lo utilizará cuando el volumen de la demanda justifique la inversión necesaria para su manufactura, así que se lo coloca en nuestro “estante” como una solución viable en el mediano plazo.



# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS.

En este último capítulo se continúa con el desarrollo de la metodología IDDOV (OV) junto con un breve análisis financiero al final del desarrollo del producto con sus respectivas conclusiones y recomendaciones en el tema desarrollado.

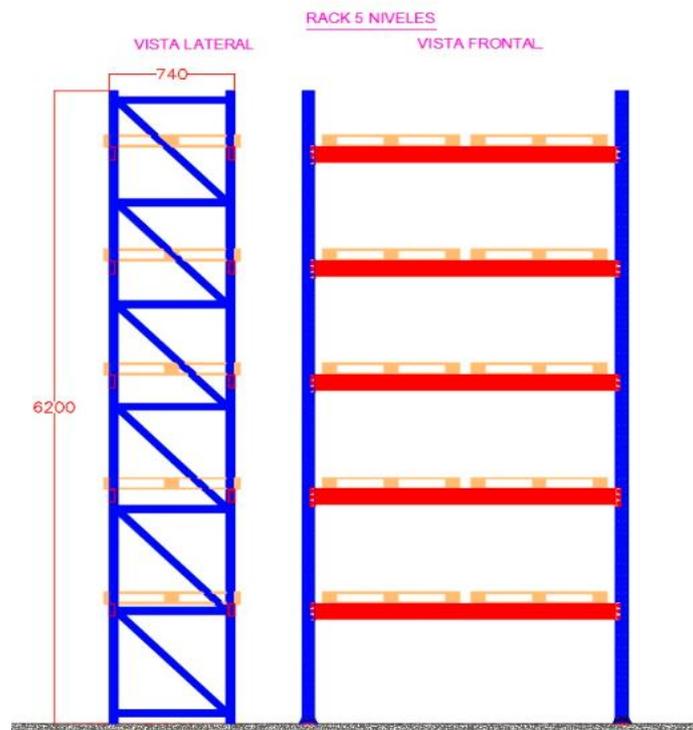
### 4.1 Optimización del Diseño.

#### 4.1.1 Análisis de Diseño.

Una vez determinado el concepto del racks es necesario realizar un análisis en sus partes para proseguir con el desarrollo del producto.

A continuación se muestra un árbol de estructura del producto para un rack de 5 niveles con una altura de 6.2 m y especificado para la utilización de pallets tipo Europalet (ver figura 4.1).

**Figura 4.1: Rack de 5 niveles tipo europalet.**

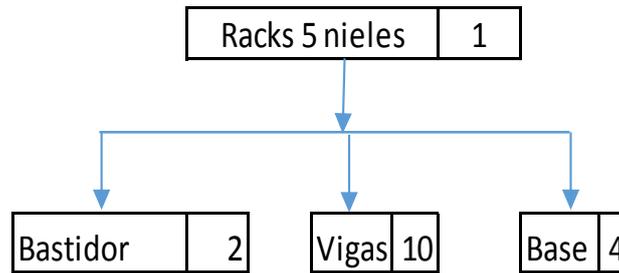


**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega

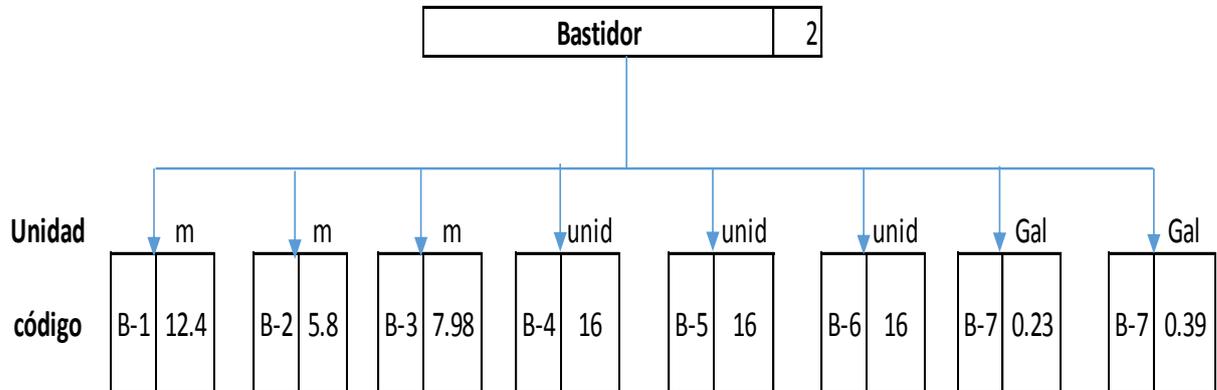


**Figura 4.2: Árbol de estructura de rack de 5 niveles tipo europalet.**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Figura 4.3: Árbol de estructura de bastidor.**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Tabla 4.1: Descripción, características y cantidad de partes de un bastidor.**

Código	Descripción	Características	Cantidad	Observaciones
B-1	Perfil de Bastidor	perfil de 6.2 m de longitud	2	ver plano de perforación
B-2	Perfil de entramado 1	perfil de 0.724 m de longitud	8	ver plano de perforación
B-3	Perfil de entramado 2	perfil de 1.14 m de longitud	7	ver plano de perforación
B-4	Perno GI 1/4"x 4"	Grado 8	16	
B-5	Arandela GI 1/4"		16	
B-6	Tuerca GI 1/4"		16	
B-7	Fondo Fosfatizante		0.23	Mezcla 2:1
B-8	Pintura acrílica azul		0.39	Mezcla 2:1

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

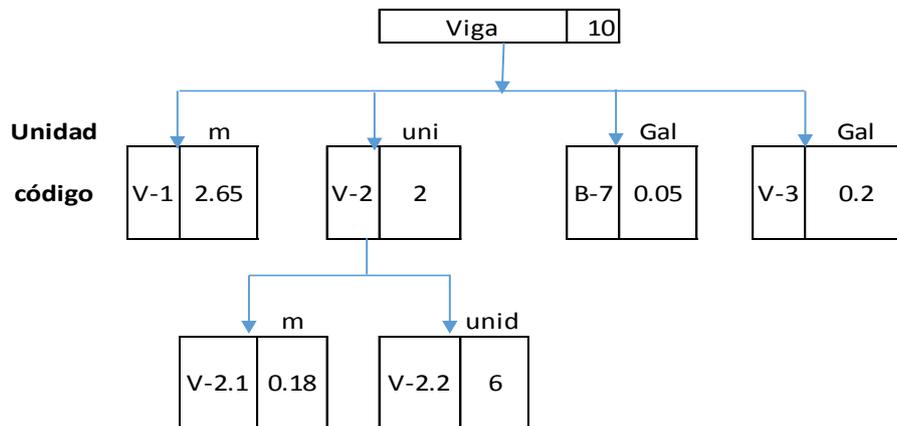


**Tabla 4.2: Total de piezas para dos bastidores de un racks.**

Código	Total	unidad
B-1	24.8	m
B-2	11.584	m
B-3	15.96	m
B-4	32	unid
B-5	32	unid
B-6	32	unid
B-7	0.46	Gal
B-8	0.78	Gal

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Figura 4.4: Árbol de estructura de una viga.**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Tabla 4.3: Descripción, características y cantidad de partes de una viga.**

Código	Descripción	Características	Cantidad	Observaciones
V-1	Tubo 150 x 50 3.00 mm	Tubo de 2.65 m de longitud	1	
V-2	Conector Viga- bastidor		2	
V-2.1	Angulo 50x50 5.00 mm	angulo de 0.18 m de longitud	2	ver plano de perforación
V-2.2	Remaches		6	ver plano de especificación
B-7	Fondo Fosfatizante		0.05	Mezcla 2:1
V-3	Pintura acrílica Tomate		0.2	Mezcla 2:1

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

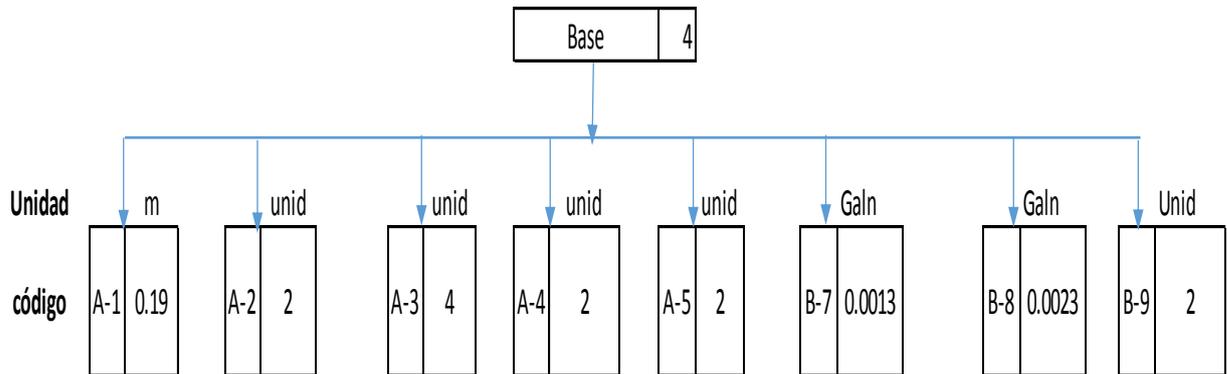


**Tabla 4.4: Total de piezas para vigas de un rack de seis niveles.**

Código	Total	unidad
V-1	26.5	m
V-2	20	uni
V-2.1	3.6	m
V-2.2	120	unid
B-7	0.5	Gal
V-3	2	Gal

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Figura 4.5: Árbol de estructura de una base.**



**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

**Tabla 4.5: Descripción, características y cantidad de partes de base de rack.**

Código	Descripción	Características	Cantidad	Observaciones
A-1	fleje 159 3.00 mm	longitud 0.19 m	1	
A-2	Perno GI de 3/8 x 3/4	Grado 8	2	
A-3	Arandela plana GI de 3/8		4	ver plano de perforación
A-4	Arandela de presión GI de 3/8		2	ver plano de especificación
A-5	Tuerca GI de 3/8		2	
B-7	Fondo Fosfatizante		0.001	Mezcla 2:1
B-8	Pintura acrílica azul		0.002	Mezcla 2:1
B-9	Perno de anclaje 1/2 x 3 3/4		2	Marca Hiltin

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.



**Tabla 4.6: Total de piezas para bases de rack.**

<b>Código</b>	<b>Total</b>	<b>unidad</b>
A-1	0.76	m
A-2	8	unid
A-3	16	unid
A-4	8	unid
A-5	8	unid
B-7	0.0052	Galn
B-8	0.0092	Galn
B-9	8	unid

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

#### **4.1.1.1 Análisis de fallas**

Una vez determinado las partes del rack se procede al análisis de modo de falla AMEF, en la tabla 4.7 se muestra el Foco funcional y subsistema del rack, este paso se lo realiza para determinar las partes principales que tienen relación directa con los requisitos del producto, así, se puede observar que el perfil de bastidor, perfil de entramado 1, perfil de entramado 2, los pernos de Gl. de  $\frac{1}{4} \times 4$ ", el conector Viga-Bastidor, el fleje de 140 en 3.00mm y los pernos Gl. de  $\frac{3}{8} \times \frac{3}{4}$ " son las partes más importantes por ser las más relacionadas con los requisitos del producto.

Continuando con el desarrollo del AMEF se observa en la tabla 4.8 la priorización de las funciones de cada una de las partes obtenidas en la tabla anterior, siendo las más relevantes las del perfil bastidor, acople Viga bastidor y de los pernos de  $\frac{1}{4} \times 4$ ", cabe resaltar que los análisis que se han llevado a cabo se lo ha realizado con el equipo de trabajo utilizando la matriz de relaciones como en el caso anterior de QFD.



**Tabla 4.7: Foco funcional del rack en análisis D-AMEF.**

Foco funcional y subsistemas del producto				Requisitos del Producto					Peso	
				4	5	4	3	2		
ref	Foco funcional	n°	Sub sistema/partes	Acoples rapidos viga bastidor	Capacidad de carga de bastidor	Capacidad de carga por viga	Uniones empernadas	Base acoplable a perfil	TOTAL	
B	Bastidor	B-1	Perfil de Bastidor	○	●	△	●	○	94	
		B-2	Perfil de entremado 1		●		●		72	
		B-3	Perfil de entremado 2		●		●		72	
		B-4	Perno GI 1/4"x 4"		●		●		72	
		B-5	Arandela GI 1/4"		△		△		8	
		B-6	Tuerca GI 1/4"		△		△		8	
		B-7	Fondo Fosfatizante							
		B-8	Pintura acrílica azul							
V	Viga	V-1	Tubo 150 x 50 3.00 mm			●			36	
		V-2	Conector Viga- bastidor	●		●			72	
		V-2.1	Angulo 50x50 5.00 mm			○			12	
		V-2.2	Remaches	●		●			72	
		B-7	Fondo Fosfatizante							
		V-3	Pintura acrílica Tomate							
A	Base	A-1	fleje 159 3.00 mm				●	●	45	
		A-2	Perno GI de 3/8 x 3/4				●	●	45	
		A-3	Arandela plana GI de 3/8					△	2	
		A-4	Arandela de presión GI de 3/8					△	2	
		A-5	Tuerca GI de 3/8					△	2	
		B-7	Fondo Fosfatizante							
		B-8	Pintura acrílica azul							

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**



**Tabla 4.8: Priorización de las funciones de las partes del rack con análisis AMEF.**

Priorizar funciones					Requisitos del Producto					PESO
n°	Pregunta ¿ que función realiza esta sub parte del ítem?	n°	Verbo + Sustantivo	Especificaciones	4	5	4	3	2	
Leyenda. Relación directa (9) ● Relación Indirecta. (3) ○ Posible relación. (1) △					Acoples rápidos viga bastidor	Capacidad de carga de bastidor	Capacidad de carga por viga	Uniones empennadas	Base acoplable a perfil	
B-1	Perfil de Bastidor	B-1.1	Soportar Carga	3.5 ton		●	△			49
		B-1.2	Modular altura para acople con Viga	33 mm / agujero	●	△				41
B-2	Perfil de entremado 1	B-2	Trasmitir tención a Perfil bastidor			○	△	○		28
B-3	Perfil de entremado 2	B-3	Trasmitir tención a Perfil bastidor			○	△	○		28
B-4	Perno Gl 1/4"x 4"	B-4	Soportar tensión en uniones empennadas	Grado 8		●		●		72
V-2	Conector Viga- bastidor	V-2-1	Trasmitir tención a Perfil bastidor desde Viga	1 ton			●			36
		V-2-2	Acoplamiento con perfil de bastidor	Planos de perforación	●					36
A-1	fleje 140 3.00 mm	A-1	acoplarse a Perfil de bastidor	Planos de perforación					●	18
A-2	Perno Gl de 3/8 x 3/4	A-2	Unir base a perfil de bastidor	grado 8					●	18

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

**Tabla 4.9: Identificación del modo de fallo del rack en análisis AMEF.**

Identificación de modos de fallo					Tipos de modo de falla- función						
n°	n°	Verbo + Sustantivo	Especificaciones	Modo de falla	Ausente	Insuficiente	Inadecuada	Excesiva	Anticipada	Atrasada	Efecto indeseado
B-1	B-1.1	Soportar Carga	3.5 ton	Colapso estructura							X
				Deformación de estructura		X					
B-1	B-1.2	Modular altura para acople con Viga	33 mm / agujero	Dificultad al armar bastidores			X				
				Desnivelación de Viga			X				
B-4	B-4	Soportar tensión en uniones empennadas	Grado 8	Colapso de estructura							X
				Deformación de estructura			X				
V-2	V-2-1	Trasmitir tención a Perfil bastidor	1 ton	Colapso de nivel de carga							X
	V-2-2	Acoplamiento con perfil de bastidor	Planos de perforación	Dificultas al acopla Viga con bastidor			X				

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

En la tabla 4.9 se muestra la identificación del modo de fallo de las partes cuyas funciones fueron priorizadas anteriormente, cabe destacar que el efecto



indeseado del colapso de la estructura se debe evitar a toda costa por ser un tipo de fallo que pone en peligro la vida de quienes vayan hacer uso del rack.

**Tabla 4.10: Priorización de los modos de falla del rack en análisis AMEF.**

n°	n°	Especificaciones	Falla potencial	Efecto potencial	Índice de severidad	Causas	Índice de ocurrencia priorización		Plan de mejora	
									Recomendaciones	Seguimiento
B-1	B-1.1	3.5 ton	Colapso estructura	Seguridad de personas y materiales almacenados	9	Sobrecarga de estructura	1	A	Atención en diseño	15/11/2014
			Deformación de estructura	Seguridad de materiales	8	Sobrecarga de estructura	1	A	Atención en diseño	15/11/2014
	B-1.2	33mm / agujero	Dificultad al armar bastidores	Retraso en la producción	7	Descoordinación en avance de prensa	10	A	Robustecer proceso	03/01/2015
			Desnivelación de Viga	Seguridad de materiales	8	Ajugeros de bastidores no alineados	10	A	Robustecer proceso	03/01/2015
B-4	B-4	Grado 8	Colapso de estructura	Seguridad de personas y materiales almacenados	9	Sobrecarga de estructura	1	A	Especificaciones a proveedores	20/12/2014
			Deformación de bastidor	Seguridad de materiales	8	Falla de algun perno de entremado	1	M	Especificaciones a proveedores	20/12/2014
V-2	V-2-1	1 ton	Colapso de nivel de carga	Seguridad de personas y materiales almacenados	9	Mal soldado placa -tubo	1	A	entrenamiento estandarizado	05/12/2014
	V-2-2	Planos de perforación	Dificultas al acoplar Viga con bastidor	Desconformidad del cliente	5	Error en medidas de mecanizado	1	M	entrenamiento estandarizado	05/12/2014

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.

Por último en la tabla 4.10 se muestra la priorización de las partes críticas del racks en función de sus modos de falla, los mismos que son evaluados de acuerdo a sus índices de criticidad y ocurrencia.

#### 4.1.1.2 Partes críticas de Diseño.

El perfil de bastidor junto con el conector viga bastidor y los pernos galvanizados son considerados como partes críticas y pasan a las siguiente etapa del QFD tal como se muestras a continuación en la tabla 4.11.



**Tabla 4.11: Fase 2 de QFD (partes críticas de rack)**

	REQUISITOS DEL PRODUCTO	PARTES Y CARACTERISTICAS CRITICAS	Importancia			METAS PARA RPs
			BASTIDOR		VIGA	
			perfil Bastidor	pernos de uniones	Conector Viga-Bastidor	
			1	2	4	
2	Capacidad de carga de bastidor		5 ●	○		7 toneladas ○
3	Uniones empernadas		○	●		Todos los entremados y bases
4	Capacidad de carga por viga				●	1.5 Toneladas
7	Acoples rapidos viga bastidor				●	Tiempo de armado menor que para los pernos
9	Base acoplable a perfil		○			Unión mediante pernos
	Color de Racks					Bastidores azul y Vigas Tomate
	DIFICULTADA ORGANIZACIONAL		3	1	3	
	METAS PARA CCs		6 Dobles espesor de 2.65 mm	Grado 8 1/4 x 4 "	Capacidad para 1 tonelada	
	DIFICULTAD DE MANUFACTURA		4	1	3	
	IMPORTANCIA ABSOLUTA		63	51	35	

Relaciones	
●	Fuerte (9 puntos)
○	Media (3 puntos)
△	Débil (1 punto)

**Fuente: Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.**

En la tabla 4.11 se observa un análisis de las partes críticas obtenidas anteriormente, las mismas que mediante la utilización del QFD fase 2, se las prioriza de acuerdo a los requisitos del producto, siendo el perfil bastidor y los

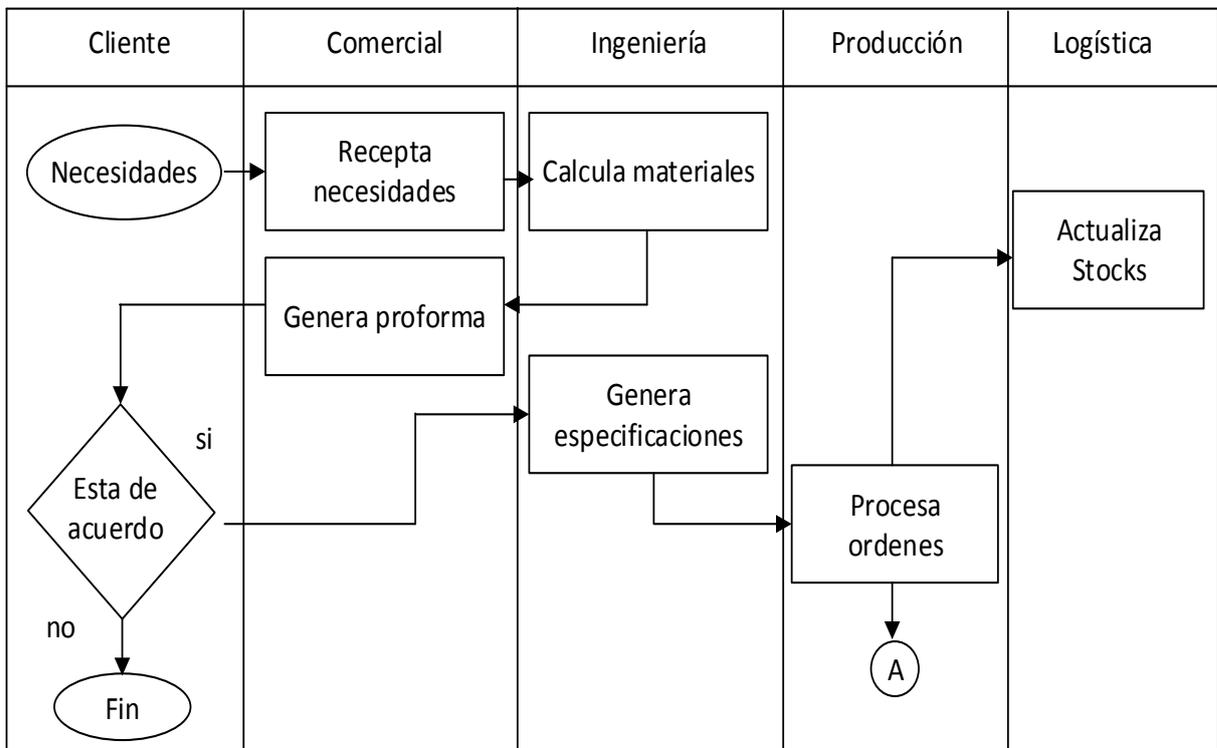


pernos galvanizados como partes críticas importantes en el desdoblamiento y análisis del diseño del producto.

#### 4.1.1.3 Análisis de proceso de construcción.

A continuación se muestra un flujograma de proceso entre departamentos para la fabricación de los racks.

**Figura 4.6: Flujograma de proceso entre departamentos para el producto rack.**



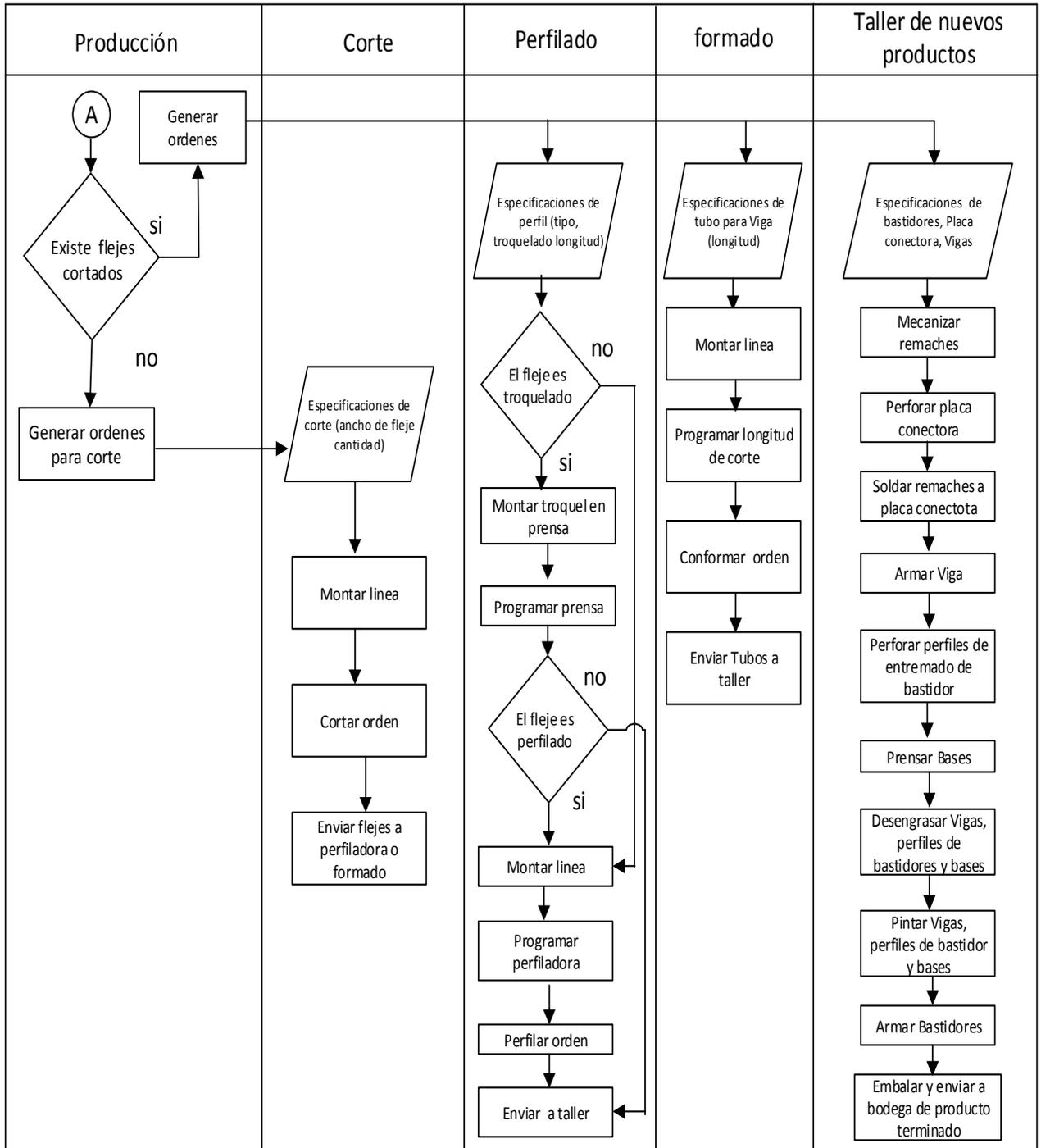
**Fuente: Realización Propia**

En la figura 4.6 se muestra el flujo para el nuevo producto a través de los diferentes departamentos de la empresa, es muy importante señalar que el departamento de ingeniería es el que realiza los cálculos para el producto según el requerimiento del cliente y los envía al departamento comercial para su cotización, luego, si se da el convenio con el cliente, el departamento



comercial solicita a producción la fabricación junto con las especificaciones del producto solicitado.

Figura 4.7: Flujoograma de proceso para el departamento de producción caso racks.



Fuente: Realización Propia



En la figura 4.7 se observa el flujo del producto dentro del departamento de producción, en donde las diferentes partes del rack se fabrican en los procesos actuales de la planta y son ensamblados en el taller de nuevos productos.

A continuación se muestra en la tabla 4.12 los parámetros críticos del proceso los mismos que fueron obtenidos mediante la herramienta de QFD fase 3, en donde interviene el proceso de conformado y el departamento de logística, los mismos que están relacionados con la partes críticas del rack.

**Tabla 4.12: Fase de QFD (parámetros críticos de proceso)**

PARTES Y CARACTERISTICAS CRITICAS	Importancia	Conformado de perfil Bastidor			Logística	METAS PARA CARACTERISTICAS CRITICAS
		Distancia entre agujeros de bastidor	Calibración de perfil bastidor	Lonjitud de corte	Especificación técnica de Pernos	
Perfil Bastidor	5	●	●	●		6 Dobles espesor de 2.65 mm
Pernos de uniones	4				●	Grado 8 1/4 x 4 "
Conector Viga-Bastidor	3	○				Capacidad para 1 tonelada
DIFICULTADA ORGANIZACIONAL						
METAS PARA PCs		33 mm	106.5 x 81x72 2.65mm	+/- 7mm		Resistencia a tracción
CAPACIDAD DE PROCESO (Cp)	0.24	1.5	1.48	1.6	1.6	N/A
IMPORTANCIA ABSOLUTA	54	45	45	45	36	

Relaciones	
●	Fuerte (9 puntos)
○	Media (3 puntos)
△	Débil (1 punto)

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Racks Tugalt.



En la misma tabla se observa los distintos  $C_p^{15}$  (Índice de Capacidades de proceso) de cada uno de los parámetros críticos en fabricación de las partes, en donde la distancia entre agujeros tiene un índice de 0.24 obtenido de la siguiente manera.

Datos:

**Tabla 4.13: Distancia entre perforaciones de perfil bastidor.**

30.27	31.59	34.21	33.35	31.5	33	35.12	33.04	30.9	33.6
33.99	33.04	30.92	30.09	34	31.8	30.09	31.85	31.2	32.4
30.85	31.54	33.3	35.12	33.8	33	33.35	31.01	33.2	33.5
32.82	33	31.2	30.22	31.4	32.2	31	30.16	30.9	30.9
31.59	32.18	33	34.45	34	34	33	31.4	31.5	33.5

**Fuente realización Propia.**

$$\sigma = \frac{\sum(Xi - Xm)^2}{n-1} = 1.38$$

Se dice que un proceso es capaz cuando su  $6\sigma < LES - LEI$ , medianamente capaz cuando  $6\sigma = LES - LEI$  e incapaz cuando  $6\sigma > LES - LEI$ .

En nuestro caso:

LES = 34 mm; LEI = 32 mm

$6\sigma = 8.28$ .

LES - LEI = 34 - 32 = 2

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = 0.24$$

<sup>15</sup> Medida de capacidad potencial de un proceso para cumplir con las especificaciones dadas.



### 8.28>2 Proceso incapaz.

El resto de Cp se ha obtenido de manera similar y no se las incluído por poseer Cp con valores aceptables (ver Tala 4.14) que no es el caso de la distancia entre perforaciones.

**Tabla 4.14: Valor de Cp con decisión de proceso.**

Valor del Cp.	Clase de proceso	Decisión
$Cp. > 2$	Clase mundial	Tiene calidad seis sigma
$1.33 \leq Cp. \leq 2$	1	Mas que adecuado
$1 \leq Cp. < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el Cp. se acerca a uno.
$0.67 \leq Cp. < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$Cp. < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.

Fuente: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com> día de la consulta

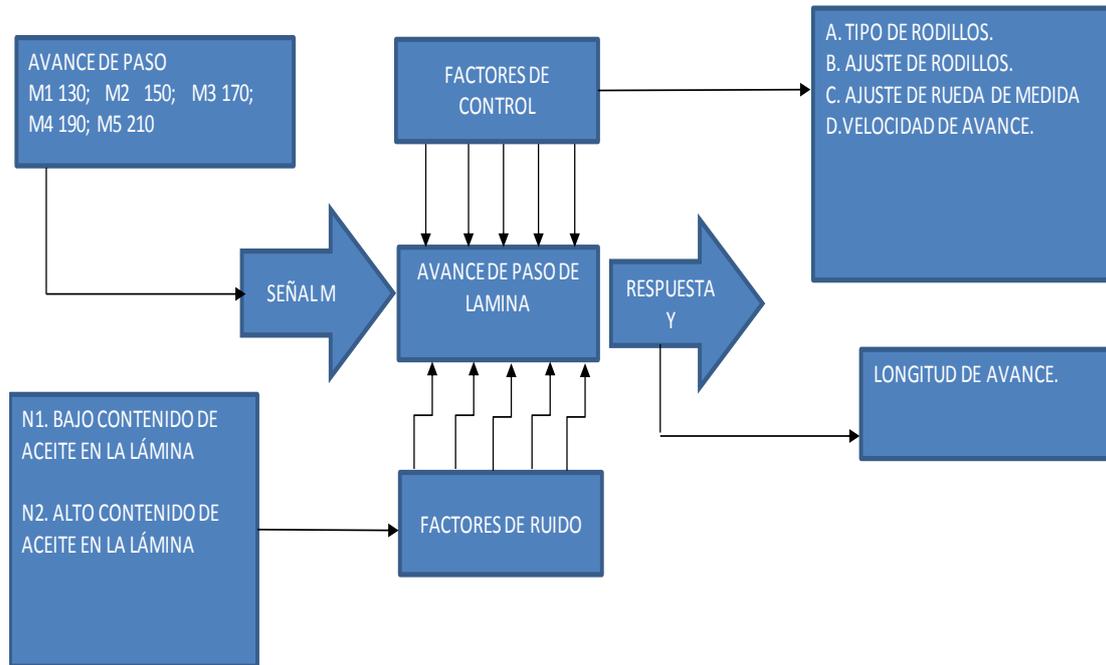
20/02/2015

#### 4.1.2 Optimización de Proceso

En este punto se vió la necesidad de mejorar el Cp para la distancia entre perforaciones utilizando la herramienta de Ingeniería robusta tal como se muestra a continuación.



**Figura 4.8: Diagrama P para función de avance de lámina de rack.**



**Fuente realización Propia.**

En la figura 4.8 se observa un diagrama P de una respuesta dinámica para la función del avance de la lámina para las perforaciones del perfil bastidor.

Como se indicó en el flujo grama de proceso, antes de perfilar el fleje o lámina, es necesario realizar las perforaciones en la prensa o troquel de la línea pero este proceso ha tenido problemas, ya que el avance es irregular dando como consecuencia variación entre las distancias de las perforaciones.

A continuación se detalla cada una de las partes de la prensa:

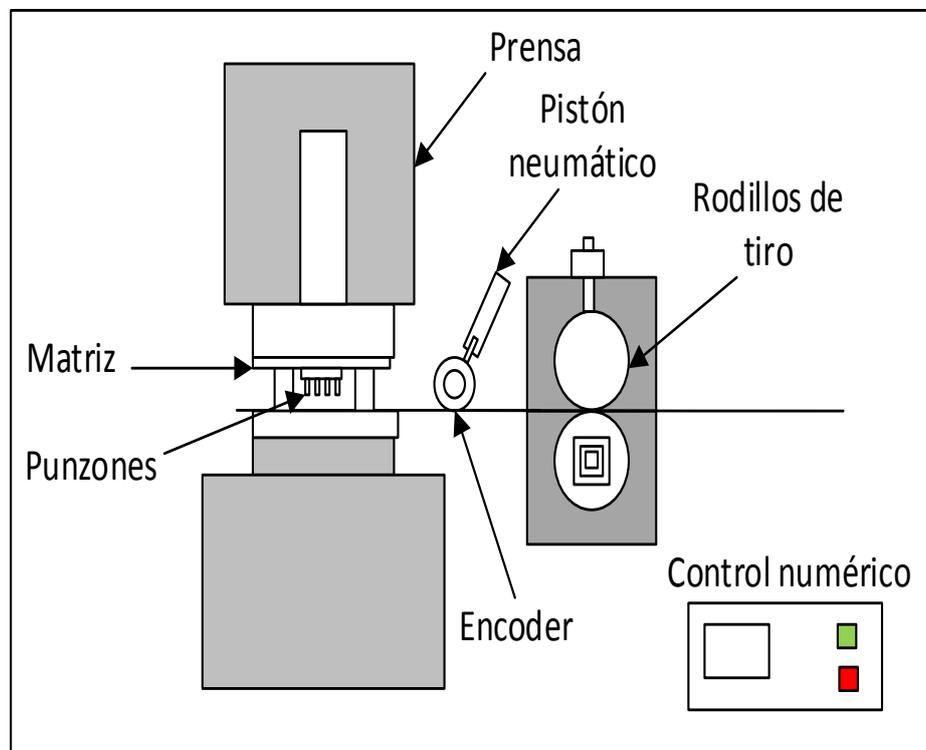
- Rodillos de tiro. Son los encargados de alimentar el fleje mediante un mecanismo de ajuste manual y tracción automática, controlados por un sistema automático de Encoder.



- Encoder o rueda de medida. Mecanismo de detección de medida que envía la señal de paro o avance al motor de los rodillos de tiro, se ajusta sobre la superficie de la lámina mediante un pistón neumático.
- Prensa. Máquina encargada de transmitir fuerza (50 toneladas) y en la cual se monta el troquel o matriz que es la herramienta que mediante la fuerza de la prensa logra perforar la lámina con el uso de punzones que tienen la geometría de las distintas perforaciones.
- Control numérico de la prensa. Es el sistema en el cual se realiza el programa del ciclo de la prensa, es decir distancia de avance o paso, velocidad de alimentación o de avance y el accionamiento de la prensa.

En la figura 4.9 se muestra un esquema del sistema de la prensa.

**Figura 4.9: Esquema del sistema de la prensa para perfil bastidor.**



**Fuente realización Propia**



Se ha escogido como factor de señal el avance programado en el control numérico de la prensa y como factores de control el tipo de rodillo de tiro, el ajuste de los rodillos de tiro, el ajuste de la rueda de medida y la velocidad de avance de la lámina o fleje.

Como factor de ruido es la cantidad de aceite en la lámina es decir: bajo contenido de aceite y alto contenido del mismo.

La respuesta está determinada por la longitud real del avance que se obtenga en cada experimento.

Como se puede observar se dispone de 4 factores de control por lo tanto se decidió utilizar un arreglo ortogonal L9 que permite experimentar con 4 factores de control a 3 niveles cada uno.

En la tabla 4.15 se puede observar el arreglo ortogonal L9 escogido para el experimento del avance de la prensa.

**Tabla 4.15: Arreglo ortogonal L9 para experimento de avance de prensa.**

<i>L9 Orthogonal Array</i>				
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Orthogonal</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>1</i>	1	1	1	1
<i>2</i>	1	2	2	2
<i>3</i>	1	3	3	3
<i>4</i>	2	1	2	3
<i>5</i>	2	2	3	1
<i>6</i>	2	3	1	2
<i>7</i>	3	1	3	2
<i>8</i>	3	2	1	3
<i>9</i>	3	3	2	1

**Fuente realización Propia.**



En la tabla 4.16 se muestran los factores de control en diferentes niveles para el experimento.

**Tabla 4.16: Niveles de los factores de control para experimento.**

<i>Factores de Control</i>	Tipo de rodillos	Ajuste de rodillos	Ajuste de rueda de medida	Velocidad de avance
	A	B	C	D
<i>Niveles</i>				
1	Engomados	baja	baja	10%
2	Normales	Normal	normal	50%
3	Moleteados	alta	alta	100%

**Fuente realización Propia.**

A continuación en la tabla 4.17 se muestra el diseño de la tabla para la realización de las diferentes rondas del experimento del avance del fleje del perfil bastidor, es decir, cada factor en sus diferentes niveles de experimentación y el nivel de señal (130, 150, 170, 190, 210) combinado con el factor de ruido en sus diferentes niveles (N1, N2)

**Tabla 4.17: Diseño de las diferentes rondas del experimento.**

	Tipo de rodillos	Ajuste de rodillos	Ajuste de rueda de medida	Velocidad de avance	130		150		170		190		210		$\eta$	$\beta$	Ve
					N1	N2											
1	Engomados	Baja	baja	10%													
2	Engomados	Normal	normal	50%													
3	Engomados	Alta	alta	100%													
4	Normales	Baja	normal	100%													
5	Normales	Normal	alta	10%													
6	Normales	Alta	baja	50%													
7	Moleteados	Baja	alta	50%													
8	Moleteados	Normal	baja	100%													
9	Moleteados	Alta	normal	10%													

**Fuente realización Propia.**

Autor: Daniel Santiago Velecela Vega



Una vez realizadas todas las rondas en los diferentes niveles de los factores de control se obtuvieron los siguientes resultados (Ver tabla 4.18)

**Tabla 4.18: Resultados de las rondas del experimento.**

Tipo de rodillos	Ajuste de rodillos	Ajuste de rueda de medida	Velocidad de avance	130		150		170		190		210		$\eta$	$\beta$	Ve
				N1	N2											
Engomados	Baja	baja	10%	125.70	115.70	146.80	135.60	164.80	156.70	182.40	169.80	203.50	198.50	-15.47	0.9419	31.24
Engomados	Normal	normal	50%	128.20	125.10	141.30	138.90	168.30	160.30	187.20	175.90	205.30	200.90	-25.29	0.9600	17.65
Engomados	Alta	alta	100%	129.50	132.30	151.20	149.80	171.50	168.80	193.20	189.90	212.50	208.70	-8.269	1.0043	2.60
Normales	Baja	normal	100%	128.50	125.40	145.90	138.70	165.50	163.90	187.20	183.50	208.30	200.50	-20.68	0.9696	10.49
Normales	Normal	alta	10%	131.40	130.10	154.50	151.70	173.80	168.50	192.70	187.10	213.20	211.90	-14.73	1.0086	5.50
Normales	Alta	baja	50%	134.50	132.70	155.10	151.60	176.20	173.80	193.60	191.20	211.90	208.10	-16.46	1.0153	6.76
Moleteados	Baja	alta	50%	129.30	126.90	147.40	148.30	167.10	165.90	188.50	187.20	204.70	202.40	-9.214	0.9803	2.83
Moleteados	Normal	baja	100%	135.30	133.10	153.90	149.60	174.20	171.80	192.90	186.30	215.20	211.70	-18.17	1.0132	8.21
Moleteados	Alta	normal	10%	132.30	128.70	145.20	140.20	172.50	169.70	194.60	192.30	213.60	207.30	-25.98	0.9994	19.89

**Fuente: Realización Propia.**

En la tabla 4.18 se puede observar los resultados obtenidos después de completar todas las rondas del experimento para cada factor de control en sus diferentes niveles, los resultados obtenidos son expresados en: el nivel de señal ruido  $\eta$  expresa en decibelios db, el coeficiente de linealidad  $\beta$  [ ] (adimensional) y la varianza del error  $Ve$  [ ].

A continuación se explica los cálculos para la primera ronda, el resto son obtenidos de manera similar.

$$\beta = \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij} M_i}{\sum_i \sum_j M^2}$$



De donde Y es el valor medido como respuesta y M la señal o valor programado.

$$= \{[(125.7+115.7) \times 130] + [(146.8+135.6) \times 150] + \dots + [(203.5+198.5) \times 210]\} / (10-1) = 0.9419.$$

$$S_e^2 = \frac{\sum^n (Y - \beta M)^2}{n-1} = Ve$$

$$Ve = [(125.7 - 0.9419 \times 130)^2 + (115.7 - 0.9419 \times 130)^2 + (146.8 - 0.9419 \times 150)^2 + (135.6 - 0.9419 \times 150)^2 + \dots + (198.5 - 0.9419 \times 210)^2] / (10-1) = 31.24$$

$$\eta = 10 \log \frac{\beta^2}{S_e^2}$$

$$\eta = 10 \times \log [(0.9419)^2 / (31.24)^2] = -15.47 \text{ db.}$$

Una vez calculado la señal ruido y el coeficiente de linealidad en cada ronda del experimento se procede a calcular el promedio para  $\eta$  y para  $\beta$  de cada uno de los factores en sus diferentes niveles tal como se muestra a continuación en la tabla 4.19.

**Tabla 4.19: Cálculos de  $\eta$  y  $\beta$  en los diferentes niveles de cada factor.**

	Niveles de Factores	$\eta$	$\beta$
Tipo de rodillos	A1	-16.3418459	0.96871268
	A2	-17.2917666	0.99784287
	A3	-17.7870687	0.99763524
Ajuste de rodillos	B1	-15.1218678	0.96392368
	B2	-19.3959403	0.99393378
	B3	-16.9028731	1.00633333
Ajuste de rueda de medida	C1	-16.7002427	0.99014815
	C2	-23.9833645	0.97632099
	C3	-10.737074	0.99772166
Velocidad de Avance	D1	-18.7242268	0.98327497
	D2	-16.9886851	0.98519641
	D3	-15.7077694	0.99571942



**Fuente: Realización Propia.**

De la misma manera que en el caso anterior se procede a realizar el cálculo del primer factor siendo el resto calculado de la misma manera.

$$\eta_{A1} = [(-15.47) + (-25.29) + (-8.269)] / 3 = -16.34.$$

$$\beta_{A1} = (0.9419 + 0.96 + 1.0043) / 3 = 0.96871$$

$$\eta_{A2} = [(-20.68) + (-14.73) + (-16.46)] / 3 = -17.29$$

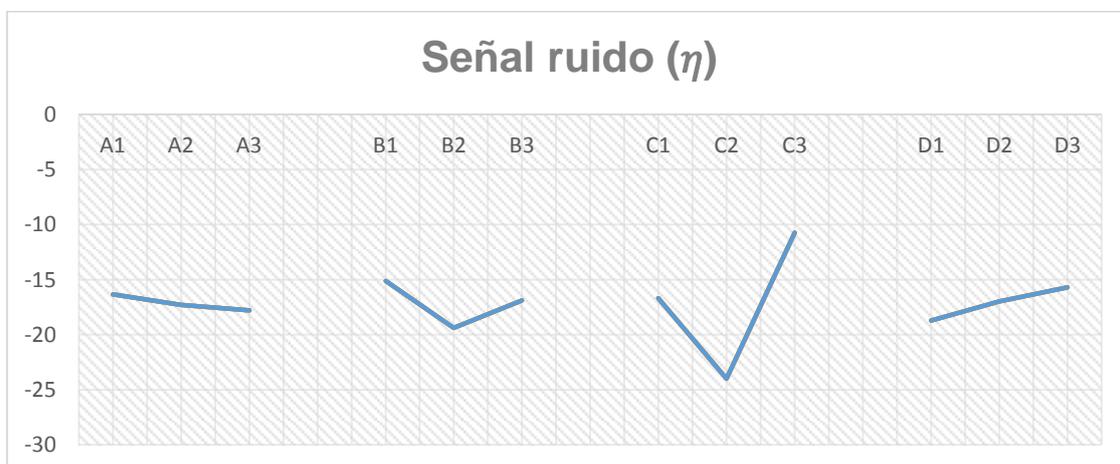
$$\beta_{A2} = (0.9696 + 1.0086 + 1.0153) / 3 = 0.99784.$$

$$\eta_{A3} = [(-9.214) + (-18.17) + (-25.98)] / 3 = -17.78.$$

$$\beta_{A3} = (0.9803 + 1.0132 + 0.9994) / 3 = 0.9976.$$

Una vez obtenido los resultados de cada factor en sus diferentes niveles se procedió a realizar la gráfica; tanto para  $\eta$  y como para  $\beta$  tal como se muestra en la figuras 4.10 y 4.11 respectivamente.

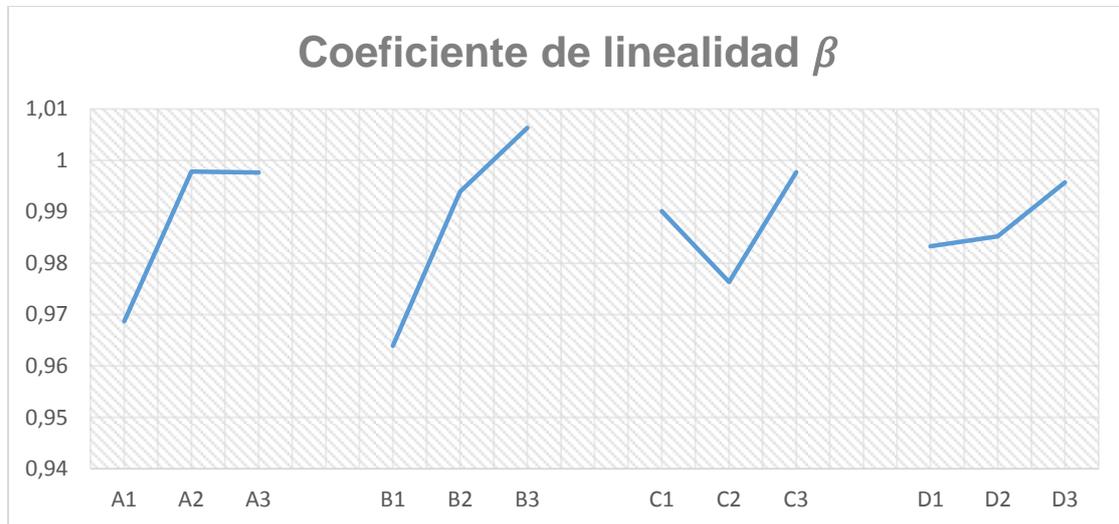
**Figura 4.10: Gráfica señal ruido para factores de control en sus distintos niveles.**





Fuente: Realización Propia.

Figura 4.11: Gráfica del coeficiente de linealidad para factores en sus distintos niveles.



Fuente: Realización Propia.

Como conclusión del gráfico señal ruido podemos determinar que los factores en los niveles A1, B1, C3 y D3 poseen la mejor señal ruido, es decir, que reducen la variabilidad en el sistema de avance del fleje por lo tanto serán estas condiciones las que prevalezcan como parámetros en el proceso.

En el gráfico del coeficiente de linealidad observamos que el Factor A tiene incidencia en el comportamiento de la linealidad pero no así en la variabilidad, por lo tanto es este factor el considerado para corregir la linealidad, por lo que se comprueba que los rodillo engomados son una mejor opción para el trabajo que los rodillos de tiro actual o normales.

Por último se ha realizado un experimento utilizando la configuración normal o anterior y la nueva configuración de factores en los niveles A1, B1, C3 y D3 para compararlos y confirmar que esta sea la mejor combinación.



**Tabla 4.20: Experimento confirmatorio de nueva configuración de factores de control.**

					130	150	170	190	210								
Tipo de rodillos	Ajuste de rodillos	Ajuste de rueda de medida	Velocidad de avance		N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	$\eta$	$\beta$	Ve		
Anterior	Normales	Alta	normal	10%	133.20	131.20	154.10	151.60	172.20	168.60	193.20	191.80	214.10	211.10	-8.973	1.0121	2.84
Confirmatoria	Engomados	Baja	Alta	100%	130.40	130.10	150.30	149.50	172.10	170.20	190.20	190.10	210.30	210.00	6.8531	1.0018	0.46

**Fuente: Realización Propia.**

En la tabla 4.20 se observa que utilizando la combinación de factores normales se obtiene una relación señal ruido de -8.973 db y un coeficiente de linealidad de 1.0121, en cambio para la nueva configuración o confirmatorio se ha obtenido una relación señal ruido de 6.8531 y un coeficiente de linealidad de 1.0018 es decir una ganancia de 15.8261 db (6.8531-(-8.973)).

**Tabla 4.21: Distancia entre perforaciones de perfil bastidor después de aplicar Ingeniería Robusta.**

33.1	33.1	33.1	33.3	33.2	33.1	33	33.3	33.2	33.2
33.2	33.5	33.05	33.2	33.4	33	33.2	33	33.1	33.1
33	33.2	33.1	33.2	33.1	33.07	33.2	32.98	33.2	33.1
33	33.1	32.8	33.1	33	32.97	33.1	32.8	33.1	33.2
33.2	33	33.1	33.2	33.05	33.1	33.05	33.1	33.2	33.1

**Fuente: Realización Propia.**

En la tabla 4.21 se observa las distancias obtenidas entre perforaciones obtenidas con la nueva configuración de factores.



A continuación se procedió a calcular la nueva Cp para estos valores obtenidos tal como se muestra a continuación.

$$\sigma = \frac{\sum(Xi - Xm)^2}{n-1} = 0.1235$$

Se dice que un proceso es capaz cuando su  $6\sigma < LES - LEI$ , medianamente capaz cuando  $6\sigma = LES - LEI$  e incapaz cuando  $6\sigma > LES - LEI$ .

LES = 34 mm; LEI = 32 mm

$6\sigma = 0.7412$ .

LES - LEI = 34 - 32 = 2

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = 2.69, \quad Cp \text{ anterior } 0.24$$

$0.7412 > 2$  Proceso capaz.

Como se puede observar después de la aplicación de Ingeniería Robusta se logró mejorar el Cp para el parámetro crítico de las distancias entre perforaciones del perfil bastidor hasta un valor mayor de 2 considerado como calidad 6 sigma según la tabla 4.15.

## 4.2 Verificación y lanzamiento

En esta parte del desarrollo del producto se exponen los puntos importantes a ser verificados y controlados, que a su vez, se han determinado en las etapas anteriores.



En la tabla 4.22 se observa el plan de control para el perfil bastidor, el cual se determinó que tenía gran importancia para los requisitos del producto, y por lo tanto relacionado con los requisitos del cliente.

**Tabla 4.22: Plan de control de perfil bastidor.**

PLAN DE CONTROL								
Nombre de la operación	Parametro a controlar	Espesif.	Proced. N°	Frecuencia de inspección	Tamaño de muestra	Metodo de control	Instrumento de medición	obs
Perfil Bastidor	Distancia entre Agujeros de bastidor	33 mm	T-3501	1 hora	1	Check	Calibrador digital	Medir en los saltos de paso
	Calibración	106.5 mm	T-2202	1 hora	1	Check	Calibrador digital	
		81 mm	T-2202	1 hora	1	Check	Calibrador digital	
		72 mm	T-2202	1 hora	1	Check	Calibrador digital	
	Longitud de corte	+ 7	T-2202	1 hora	1	Check	Flexómetro	

**Fuente: Realización Propia.**

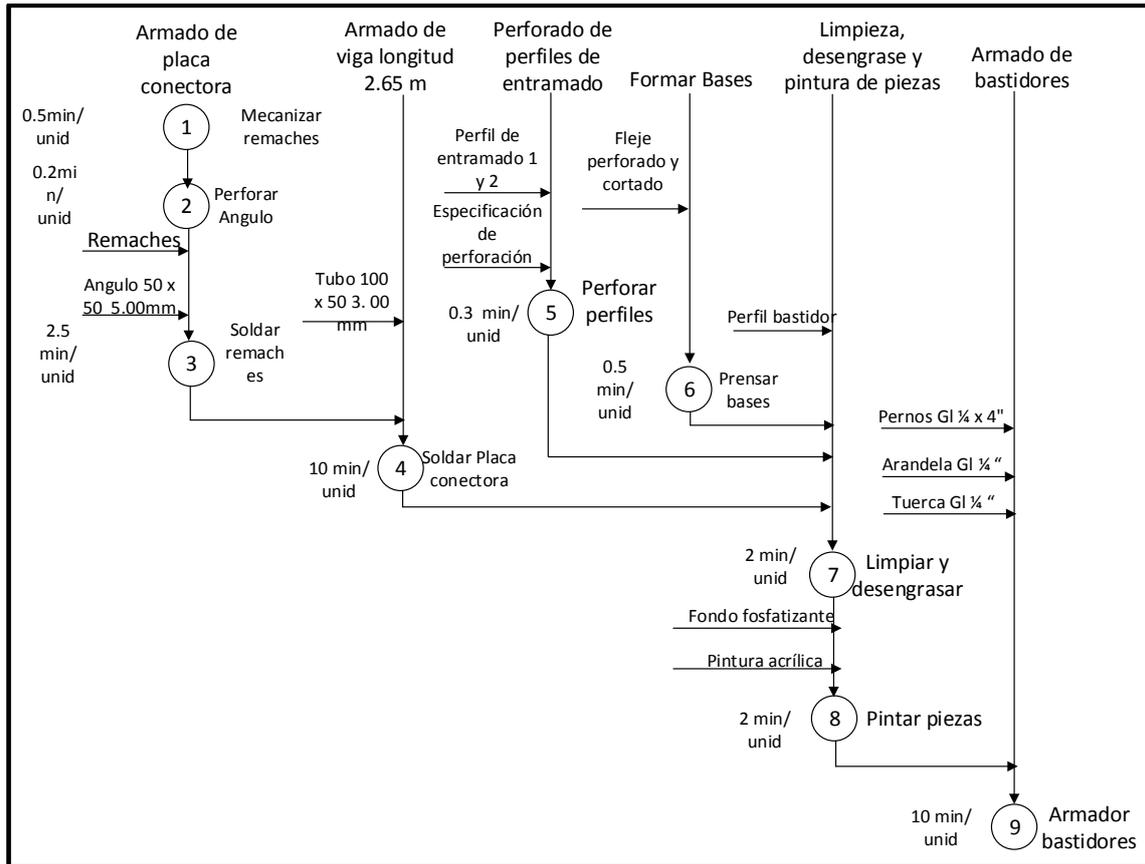
A continuación se muestra (ver figura 4.12) un diagrama de proceso de operaciones (DPO) en el cual se detallan las distintas operaciones e inspecciones que se realizan en el taller de productos nuevos ya que es aquí en donde se arman los bastidores y las vigas del rack.

Junto con las operaciones, se observa el tiempo que conlleva cada operación y las distintas partes o piezas que intervienen en las mismas, así como las inspecciones que se llevan a cabo; es importante señalar que los perfiles y los



tubos utilizados para la fabricación de vigas y bastidores siguen un proceso normal de manufactura, lo que se especifica en la orden de producción es la longitud que deben tener.

Figura 4.12: DPO de armado de racks.



Fuente: Realización Propia.

Es necesario aclarar también que para el perforado de los perfiles de entramado se utiliza una prensa distinta a la utilizada en la perforación de los perfiles bastidor, ya que esta última es propia de la línea de perfilado.

En la figura 4.13 se observa el layout del taller de nuevos productos donde el flujo va desde el depósito de materiales hasta la sección de terminado.



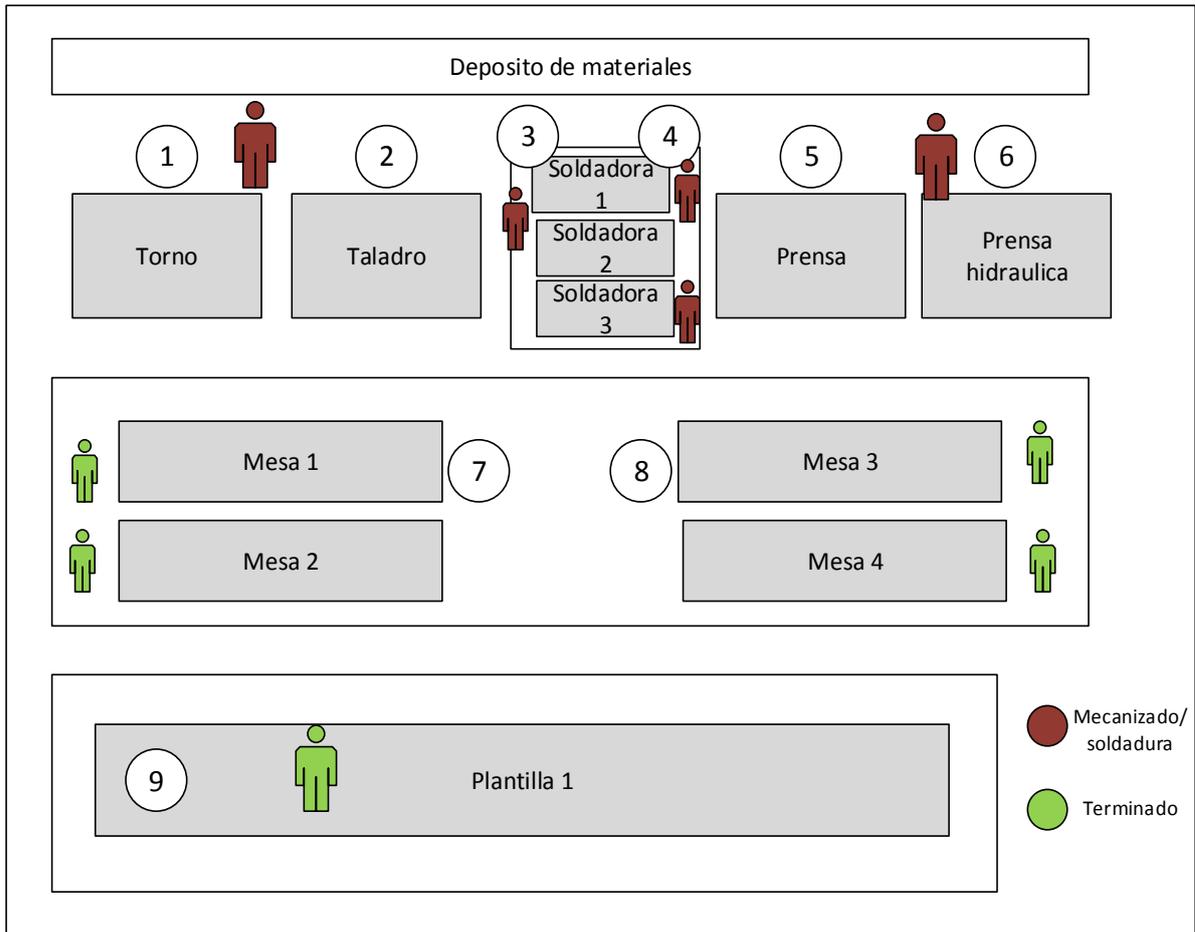
Es importante señalar que para la soldadura se utiliza el proceso mig (procedimiento de soldadura con arco eléctrico en el que un electrodo de hilo sin fin se funde bajo una cubierta de gas protector) con alambre de calibre 0.9mm tanto para la soldadura de remaches y de placa conectora.

También se observa la utilización de un taladro para las perforaciones de la placa conectora, una prensa hidráulica en donde se forman las bases de los bastidores y un torno convencional en donde se fabrican los remaches.

El taller de nuevos productos se divide en 2 secciones la primera mecanizado-soldadura y la segunda de terminados cada sección trabaja con 5 personas en un turno de 10 horas al día.



**Figura 4.13: Layout de taller de productos nuevos.**



**Fuente: Realización Propia.**

A continuación se indica un análisis de tiempos para cada pieza.



**Tabla 4.23: Análisis de tiempo por pieza.**

Operación	Sección	Conjunto	Cantidad de piezas por conjunto	Tiempo por unidad (min/unid)	Tiempo de operación en conjunto (min)	Tiempo por agrupación de operaciones (min)	Número de personas x agrupación	Tiempo promedio (min)
Mecanizar remache	mecanizado/soldadura	Viga	6	0.5	3	3.4	1	3.4
Perforar ángulo	mecanizado/soldadura	Viga	2	0.2	0.4			
Soldar remaches	mecanizado/soldadura	Viga	6	2.5	15	35	3	11.7
Soldar placa conectora	mecanizado/soldadura	Viga	2	10	20			
Perforar perfiles	mecanizado/soldadura	Bastidor	15	0.3	4.5	5	1	5
Prensar bases	mecanizado/soldadura	Base	1	0.5	0.5			
Limpieza, desengrase y Pintado	Terminado	Viga	1	2	2	38	4	9.5
Limpieza, desengrase y Pintado	Terminado	Bastidor	17	2	34			
Limpieza, desengrase y Pintado	Terminado	Base	1	2	2			
Armado	Terminado	Bastidor	1	10	10	10	1	10

**Fuente: Realización Propia.**

En la tabla 4.23 se puede observar el tiempo por pieza para cada operación y la cantidad de piezas por conjunto; de esa manera se ha agrupado las operaciones y se ha determinado el tiempo promedio y el número de personas para una agrupación determinada de operaciones para las 2 secciones del taller.

Para determinar el tiempo de ciclo de cada conjunto se ha dividido el mayor tiempo de operación en conjunto para el número de personas que trabajan en esa agrupación de operaciones, así, para el conjunto Viga el mayor tiempo invertido en el conjunto es de 20 minutos en la operación de soldar placa



conectora, al cual se le divide por el número de operadores dándonos 6.67 min (20/3). En la tabla 4.24 se muestra el tiempo de ciclo para cada conjunto.

**Tabla 4.24: Tiempo de ciclo para cada conjunto de rack.**

Conjunto	Tiempo de ciclo por conjunto (min)
Viga	6.67
Bastidor	10
Bases	0.5

**Fuente: Realización Propia.**

### **4.3 Análisis financiero**

En este apartado se realiza un breve análisis financiero del proyecto, para ello se utilizará los costos del producto, asignados por el departamento de Contabilidad de la empresa (Sistema JDE), los rubros incurridos en el proyecto para la fabricación de los racks y los ingresos planificados por la venta del producto.

#### **4.3.1 Costos de Conjuntos**

Antes de continuar con el análisis financiero es importante aclarar que el departamento de contabilidad de la empresa es la encargada de colocar los costos a los diferentes productos como es el caso para el desarrollo de nuevos productos, para tal encomendado es necesario que el departamento de producción construya en el sistema las fichas de lista de materiales y rutas de fabricación en el sistema JDE, estas listas de materiales y rutas de fabricación no son más las diferentes materias primas necesarias para la fabricación de los diferentes conjuntos vistos hasta ahora (Bastidor, Viga, y base) y el tiempo



necesario para su fabricación ( Tiempo estándar de cada conjunto) que ya se ha determinado anteriormente para cada conjunto.

Antes de construir estas fichas es necesario codificar cada conjunto en el inventario del sistema JDE lo cual se muestra a continuación en la tabla 4.25.

**Tabla 4.25: Codificación de los conjuntos del rack en sistema JDE.**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
BEP7400620TME	Bastidor de Europalet
TRA3000384TUE	Travesaño de carga pesada
BRE3000159TUE	Base de Rack Especial

**Fuente: Realización propia para empresa Tugalt.**

El significado del código para el Bastidor de Europalet es el siguiente:

**BEP** Bastidor de Europalet.

**740** Ancho del Bastidor.

**0620** Alto del Bastidor.

**TUE** (T) Pintado (U) Unidades, (E) calidad de Exportación.

El significado del código para la Viga o travesaño es el siguiente:

**TRA** Travesaño.

**300** Espesor de Travesaño.

**0384** Desarrollo del tubo 150 x 50 mm utilizado para el travesaño.

**TUE** (T) Pintado (U) Unidades, (E) calidad de Exportación



El significado del código para la Base es el siguiente:

**BRE** Base de Rack Especial.

**300** Espesor de la base.

**0159** Desarrollo del fleje en el cual está construida la base.

**TUE** (T) Pintado (U) Unidades, (E) calidad de Exportación.

Una vez determinado los códigos, llenadas las fichas de lista de materiales y rutas de fabricación, el departamento de contabilidad procede a calcular los costos de los diferentes conjuntos tal como se muestra en las figuras 4.14, 4.15 y 4.16 respectivamente para cada conjunto.

**Figura 4.14: Costo de bastidor de rack.**

Registro/Cambio de Costos Materiales Directos - Trabajo con componentes de costos							
Seleccionar <input type="checkbox"/> Buscar (I) <input type="checkbox"/> Añadir <input type="checkbox"/> Copiar (Y) <input type="checkbox"/> Cerrar (L) <input type="checkbox"/> Ver <input type="checkbox"/> Pantalla (F) <input type="checkbox"/> Fila (R) <input type="checkbox"/> Herramientas <input type="checkbox"/>							
Simulado	Fabricado	Suc/planta	01PD1FAB01				
Nº artículo	BEP7400620TUE		BASTIDOR PARA EUROPALET				
Unidad de medida	UN	Unidades	Simulados	88.2940			
Método costo	07	Estándar	Congelados	88.2940			
Tipo alm	M	Ensamblaje o subensamb manuf	LM de costos	88.2940			
Registros 1 - 7 <span style="float: right;">Personalizar cuadrícula <input type="checkbox"/></span>							
Tipo costo	Descripción	Añad neto simulado	Total simulado	Cód factor simulado	Factor simulado	Cód tarifa simulada	
<input checked="" type="radio"/> A1	Material		71.1237				
<input type="radio"/> A2	Desechos		.7504				
<input type="radio"/> B1	Mano de obra directa	10.3206	12.1448				
<input type="radio"/> B2	Configuración de mano de obra		1.2146				
<input type="radio"/> C1	CIF variable		1.0940				



Fuente: Departamento de contabilidad de la empresa Tugalt sistema JDE.

Figura 4.15: Costo de travesaño o viga de rack.

**Registro/Cambio de Costos Materiales Directos - Trabajo con componentes de costos**

Seleccionar Buscar (I) Añadir Copiar (Y) Cerrar (L) Ver Pantalla (F) Fila (R) Herramientas

✓ 🔍 + 📄 ✖ 📄 🖨 📄 📄 🛠

Simulado Fabricado Suc/planta 01PD1FAB01

Nº artículo TRA3000384TUE TRAVESAÑO CARGA PESADA

Unidad de medida UN Unidades Simulados 30.9599

Método costo 07 Estándar Congelados 30.9599

Tipo alm M Ensamblaje o subsamb manif LM de costos 30.9599

**Registros 1 - 7** Personalizar cuadrícula

Tipo costo	Descripción	Añad neto simulado	Total simulado	Cód factor simulado	Factor simulado	Cód tarifa simulada
<input checked="" type="radio"/> A1	Material		22.1107			
<input type="radio"/> A2	Desechos		.2207			
<input type="radio"/> B1	Mano de obra directa	7.2410	7.3161			
<input type="radio"/> B2	Configuración de mano de obra		1.0233			
<input type="radio"/> C1	CIF variable		.1360			

Fuente: Departamento de contabilidad de la empresa Tugalt sistema JDE.



**Figura 4.16: Costo de base de rack.**

**Registro/Cambio de Costos Materiales Directos - Trabajo con componentes de costos**

eleccionar Buscar (I) Añadir Copiar (Y) Cerrar (L) Ver Pantalla (F) Fila (R) Herramientas

✓

Simulado Fabricado Suc/planta 01PD1FAB01

Nº artículo BRE3000159TUE BASE DE RACKS ESPECIAL

Unidad de medida UN Unidades Simulados 6.3777

Método costo 07 Estándar Congelados 6.3777

Tipo alm M Ensamblaje o subensamb manif LM de costos 6.3777

**Registros 1 - 7** Personalizar cuadrícula

Tipo costo	Descripción	Añad neto simulado	Total simulado	Cód factor simulado	Factor simulado	Cód tarifa simulada
<input checked="" type="radio"/> A1	Material		6.0991			
<input type="radio"/> A2	Desechos		.0060			
<input type="radio"/> B1	Mano de obra directa	.2715	.2717			
<input type="radio"/> B2	Configuración de mano de obra		.0004			
<input type="radio"/> C1	CIF variable		.0003			
<input type="radio"/> C2	CIF fija máquina		.0004			

**Fuente: Departamento de contabilidad de la empresa Tugalt sistema JDE.**

A continuación se muestra la tabla 4.26 con el resumen de los costos de cada conjunto.

**Tabla 4.26: Resumen de costos de conjuntos de rack.**

Código	Descripción	Costo (\$)
BEP7400620TME	Bastidor de Europalet	88.294
TRA3000384TUE	Travesaño de carga pesada	30.9599
BRE3000159TUE	Base de Rack Especial	6.3777

**Fuente: Departamento de contabilidad de la empresa Tugalt sistema JDE.**

### 4.3.2 Inversión del Proyecto.

A continuación se detalla todos los rubros de inversión realizados en este proyecto.

- Utillaje o rodillos para fabricación de perfil Bastidor.



**Tabla 4.27: Inversión de utillaje para perfil bastidor de rack.**

Concepto de Inversión	Figura	Costo de inversión (\$)
Utillaje de Perfil Bastidor		20000

**Fuente: Realización propia.**

En la figura 4.27 se muestra el costo invertido para la fabricación del utillaje del perfil de Bastidor, el cual fue desarrollado por el departamento de ingeniería y construido completamente en el taller mecánico de la propia empresa a un costo de 20.000 dólares americanos.

- Matriz de Perforado en línea de Perfiladora.



**Tabla 4.28: Inversión de matriz de perforación para perfil bastidor.**

Concepto de Inversión	Figura	Costo de inversión (\$)
Matriz de Perforado en Línea		8000

**Fuente: Realización propia.**

Para la construcción de esta matriz (ver tabla 4.28) se contrató a la empresa Víctor Hugo la cual modificó una matriz ya existente (antes del inicio del proyecto) y su costo fue de 8000 dólares americanos.

Cabe resaltar que esta matriz va sobre la prensa de la perfiladora en línea con la perfiladora.

- Matriz de Corte y perforado para Bases de Racks.



**Tabla 4.29: Inversión de matriz de corte perforado para bases de rack.**

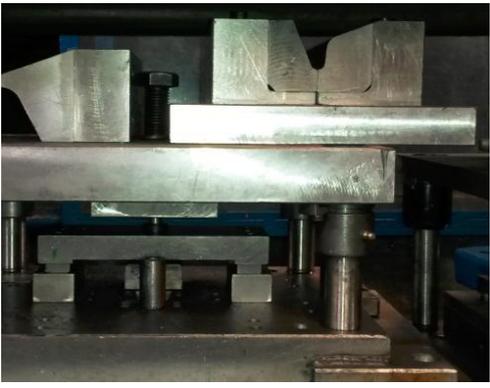
Concepto de Inversión	Figura	Costo de inversión (\$)
Matriz de corte perforado		7000

**Fuente: Realización propia.**

Esta matriz que se observa en la tabla 4.29 se monta en prensa de la línea de la perfiladora para aprovechar el avance automático y por ende el desenrollador de la máquina fue construida por la misma empresa anterior a un costo de 7000 dólares americanos.

- Matriz de doblado de Bases de Racks.

**Tabla 4.30: Inversión de matriz de doblado para bases de rack.**

Concepto de Inversión	Figura	Costo de inversión (\$)
Matriz de doblado		2400

**Fuente: Realización propia.**



La matriz que se observa en la tabla 4.30 es el complemento de la matriz anterior ya que la primera corta y perfora la base, ésta a su vez da la forma a la base según el concepto del diseño y va montada en una prensa hidráulica, su fabricación estuvo a cargo de la misma empresa con un costo de 2400 dólares americanos.

- Matriz de doblado de Bases de Racks.

**Tabla 4.31: Inversión de matriz de perforado de perfiles de entramado 1 y 2.**

Concepto de Inversión	Figura	Costo de inversión (\$)
Matriz de perforado de perfil de entramado 1 y 2		2500

**Fuente: Realización propia.**

Por último la matriz que se observa en la tabla 4.31 se monta en una prensa aparte y sirve para perforar los perfiles de entramado los cuales se unen mediante pernos al perfil Bastidor para formar el Bastidor como tal, su construcción la realizó la misma empresa a un costo de 2500 dólares americanos.

En resumen la inversión total fue de 39900 dólares americanos desembolsados para este proyecto.



### 4.3.3. Ingresos planificados.

Al hablar de los ingresos es necesario tocar el tema del precio de venta y la demanda que tendría en el mercado este nuevo producto, para ello el departamento comercial a determinado el precio de venta en función de los kilogramos de acero invertidos para cada conjunto del rack, así se ha determinado que el precio de venta por kilogramo de acero oscile entre 2.20 a 2.5 dólares excepto las base que tendrían un precio de 10 dólares por pieza.

A continuación se muestra la tabla 4.33 con el peso de cada conjunto con su respectivo precio.

**Tabla 4. 32: Precio de venta de cada uno de los conjuntos del rack.**

Conjunto	Código de conjunto	Código de Árbol de estructura	Descripción	Cant.	Unidad	Peso (Kg/ m)	Peso de Ítem (Kg)	Peso de conjunto (kg)	Precio de venta
BASTIDOR	BEP7400620TUE	B-1	Perfil Bastidor de rack 2.65mm	12.4	m	5.10	63.198	92.19	202.82
		B-2	Perfil de entremado 1	5.792	m	2.11	12.1943		
		B-3	Perfil de entremado 2	7.98	m	2.11	16.8009		
Viga	TRA3000384TUE	V-1	Tubo 150x50 e= 3.00 mm	2.65	m	9.04	23.9645	25.2	55.49
		V-2.1	Angulo perforado x 3 (L 50 e=5.0)	0.36	m	3.49	1.25757		

**Fuente: Realización propia.**

Se puede observar en la tabla 4.32 que el precio de cada bastidor de 6.2 metros es de 202.82 dólares y el de la viga 55.49 dólares las de 2.65 m, esto sin incluir el IVA y tomando como precio de venta a 2,2 dólares el kilogramo para ser conservadores.



Por su parte se espera que la demanda sea de unos 100 racks al mes, es decir 200 bastidores, 1000 vigas y 400 bases, tomando como referencia esta demanda tenemos que los ingresos planificados son los siguientes:

**Tabla 4.33: Ingresos planificados por ventas de racks por mes.**

Conjunto	Código de conjunto	Peso de conjunto (kg)	Precio de venta (\$)	Demanda (unid)	Ingresos planificados por mes (\$)
BASTIDOR	BEP7400620TUE	92.19	202.82	200.00	40563.60
Viga	TRA3000384TUE	25.2	55.44	1000.00	55440.00
Base	BRE3000159TUE		10	400	4000
<b>TOTAL</b>					100003.60

**Fuente: Departamento de comercialización Tugalt.**

En la tabla 4.33 se puede observar que los ingresos por concepto de ventas de los diferentes conjuntos del rack tomando como referencia la demanda de 100 racks al mes es de 100003.60 dólares.

**Tabla 4.34: Ingresos netos planificados por venta de racks por mes.**

Conjunto	Código de conjunto	Peso de conjunto (kg)	Precio de venta (\$)	Demanda (unid)	Ingresos planificados por mes (\$)	Costo de conjunto (\$)	Costo total de conjunto (\$)	Ingreso Neto (\$)
BASTIDOR	BEP7400620TUE	92.19	202.82	200.00	40563.60	88.29	17658.80	22904.80
Viga	TRA3000384TUE	25.2	55.44	1000.00	55440.00	30.96	30959.90	24480.10
Base	BRE3000159TUE		10	400	4000	6.3777	2551.08	1448.92
<b>TOTAL</b>					100003.60	TOTAL	51169.78	48833.82

**Fuente: Realización Propia.**

En la tabla 3.34 en cambio se observa los ingresos netos planificados, los mismos que se han obtenido restando los costos del producto de los ingresos



planificados para cada conjunto, lo que nos da un ingreso neto total de 48833.82 dólares por mes.

En el mes de febrero se entregó 150 módulos o racks a nuestra empresa hermana Graitman para la organización de saldos de sus productos (cerámicas) en las figura 4.17 y 4.18 se observa el producto final del presente trabajo.

**Figura 4.17: Racks de 5 niveles (1)**



**Figura 4.18: Racks de 5 niveles (2)**



**Fuente: Racks para la empresa Graitman.**

#### **4.3.4 Retorno de la inversión**

Una vez obtenido todas las variables vistas anteriormente se procedió a calcular la tasa interna de retorno **TIR** que es el indicador financiero del presente proyecto y se lo obtiene dividiendo la inversión total para los ingresos netos planificados al mes tal como se muestra a continuación.

$$TIR = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingresos netos}} = 39900/48833.82 = 0.81 \text{ meses.}$$



Se puede observar que la inversión retornaría aproximadamente en un mes con la demanda planificada anteriormente, pero si no se cumpliera esa demanda, digamos que apenas se cumpla con la cuarta parte es decir una demanda de 25 racks, la tasa de retorno de la inversión sería de apenas de 3.2 meses ( $0.81 \cdot 4$ ) que sigue siendo un buen indicador del retorno de la inversión ya que para este tipo de proyectos, la empresa considera hasta un año como un buen tiempo del retorno de la inversión.

### Conclusiones y recomendaciones.

#### Conclusiones.

Antes de las conclusiones es necesario evaluar el tiempo que tomó el desarrollo de producto, es decir el tiempo real versus el tiempo planificado.

En la tabla 4.35 se observa el cronograma de actividades con el tiempo real que tomó cada una de ellas en el desarrollo del producto.

**Tabla 4.35: Cronograma de trabajo real en el desarrollo del producto.**

Actividades	Subactividades	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13
Estudio de mercado VOC	Focalizar VOC	■												
	Realizar VOC		■	■										
	Sintetizar VOC			■	■									
	Definir requisitos de clientes				■	■								
Diseño de RACKS	Definir requisito de productos				■	■								
	Proponer conceptos					■	■							
	Definir concepto						■	■	■	■				
Construcción Racks	Obtener herramental							■	■	■	■			
	construir prototipo									■	■			
	Mejorar prototipo											■	■	
	Mejorar proceso												■	■
	Implementar producción													■

■	Cronograma real
■	Cronograma planificado

**Fuente: Realización Propia.**



En esta tabla se incluye el cronograma planificado para el desarrollo del nuevo producto para hacer una comparación entre el tiempo real de cada actividad y el tiempo total del proyecto, como se observa, el tiempo real total del proyecto fue aproximadamente de 13 semanas o 3 meses (puesto que el proyecto arrancó el mes de Noviembre del 2014 y se terminó a principios del mes de Febrero del 2015) que es el mismo del planificado anteriormente pero con ligeras variaciones en el tiempo de cada actividad en especial con la actividad de obtención de las herramientas necesarias, ya que, como se indicó anteriormente en la parte de invención, fue necesario construir tres matrices y modificar una de las existentes que junto con la construcción de los rodillages para la fabricación del perfil bastidor exigieron más tiempo de lo previsto o planificado.

De igual manera se acortó algunas actividades como las del estudio VOC y diseño de Racks ya que por una parte se segmentó el mercado para reducir el tiempo de estudio y por otra se partió de un concepto ya establecido de rack respectivamente.

- Una vez determinado el tiempo real para el desarrollo de este producto se concluye que hasta hora es el tiempo más corto en el que se ha obtenido el desarrollo de un nuevo producto desde el diseño hasta su construcción industrial, ya que como dato histórico se tiene que el tiempo más corto en que se ha desarrollado un producto ha sido 7 meses, es decir con la aplicación del DFSS se disminuyó más del 50% el tiempo de desarrollo a esto hay que agregarle que el producto desarrollado es hasta hora el más complejo entre todos los productos del portafolio de Tugalt, no solo por las



características del producto sino también por el proceso de fabricación como es el troquelado en línea.

- Otra conclusión importante es que mediante el enfoque de DFSS a través de su metodología IDDOV y sus diferentes herramientas, no solo permiten obtener el producto en menor tiempo, sino que también permiten transmitir las necesidades del cliente hasta los puntos importantes en la fabricación del producto (QFD, AMEF) como en el caso de la distancia entre perforaciones que mediante la utilización de ingeniería robusta se pudo mejorar el Cp (Índice de capacidad del proceso)
- Por último se concluye que el enfoque DFSS es una vía muy útil para el desarrollo de nuevos productos, el cual se utilizará para nuevos proyectos dentro de la empresa Tugalt al comprobarse su utilidad y eficacia.

### **Recomendaciones**

- Si bien el desarrollo de un producto es un proceso sistemático y ordenado, no debemos olvidar que el uso de las herramientas propuestas por el enfoque DFSS se debe utilizar de acuerdo a las necesidades en el transcurso de las etapas del desarrollo del producto.
- La definición de requisitos del cliente es la piedra angular para todo el proceso de desarrollo del producto, por lo tanto, es indispensable contar con una herramienta como la VOC, la misma que debe ser utilizada y comprendida por todos los que conforman una organización ya que de esta manera se tendrá una fuerte ventaja competitiva frente a aquellas que no entienden las verdaderas necesidades del cliente.



- Se debe asegurar que todos los requisitos del cliente son atendidos en el desarrollo del producto, por lo que la utilización de las matrices QFD son muy importantes para asegurar que todos los requisitos son desplegados en el proceso de diseño y manufactura del producto.
- No se debe perder el tiempo cuando el concepto de un producto está ya definido y aceptado por el cliente, en este caso se debe mejorar el concepto de sus partes utilizando la innovación.
- La innovación es fundamental en todo proceso de desarrollo de un producto ya que brinda las mayores posibilidades de desarrollar un producto que tenga muy buena acogida por parte de los clientes, razón por la cual, se debe utilizar el TRIZ que está enfocado a resolver los problemas de innovación frente a un determinado problema que requiere solución.
- En el desarrollo de productos no debemos enfocarnos solo a crear o mejorar los diferentes tipos de productos, sino también, el desarrollar procesos confiables que permitan reducir la variabilidad en un proceso, ya que de esa manera estaremos utilizando los recursos de la mejor manera y garantizando productos de alta calidad, para ello es fundamental recurrir a una herramienta muy útil como lo es la ingeniería robusta.





## Anexo 2 Tabla de estudio VOC

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Hidrosa		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero flexibilidad para almacenar mis ítems
2	producto	Quiero seguridad
3	producto	Quiero que se adapte a mis necesidades
4	producto	Quiero que sea fácil de transportar
5	Servicio	Quiero asesoría para instalación
6	Producto	Quiero que sea fácil de instalar
7	Producto	Que sea duradero
8	Producto	Quiero que soporten cargas de hasta 3000Kg por nivel

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Multicentro Daule		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que resistan el ambiente salino de la costa
2	producto	Quiero que sean seguros para mis trabajadores y la mercadería
3	producto	quiero que resistan hasta 2000 Kg por nivel
4	producto	Quiero que sean fácil de instalar
5	producto	Quiero que se adapten al tamaño de mi carga (Volumen)
6	servicio	Quiero asesoría
7	producto	Quiero utilizar el primer nivel al piso
8		
9		

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Graiman Quito		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que soporten hasta 3000 kg de carga por nivel
2	producto	Quiero aprovechar todo el alto de mi bodega
3	producto	Quiero que sean fáciles de transportar
4	producto	Quiero que sean fáciles de montar
5	producto	Quiero que se adapten a mis tipos de pallet
6	producto	Quiero que sean seguros para mis productos
7	Producto	Quiero que se sean ajustables (alto de niveles)
8	Producto	Quiero que sean fáciles de transportar o cambiar de lugar
9		



TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Sirens		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que tenga capacidad de hasta 1500 Kg por nivel
2	producto	Quiero que se adapte a mi forma de embodegar
3	producto	Quiero que sean fácil de instalar
4	Servicio	Quiero que me asesoren
5	producto	Quiero que sean duraderos
6	producto	Quiero que sean seguros
7	producto	Quiero que sean de fácil ajuste
8	producto	Quiero aprovechar todo el alto de mi nave
9		

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: IMG		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero gran capacidad de carga ( 2500Kg ) de carga
2	producto	quiero que sean duraderos (resistentes a la corrosión)
3	servicio	quiero accesorio de instalación
4	Producto	Quiero que sean de fácil manejo
5	producto	Quiero que se adapten a mi carga ( volumen de ítems)
6	producto	Quiero seguridad para mi carga
7		

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: MIALCA		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que sean resistentes
2	producto	Quiero que su capacidad sea mayor a una tonelada por nivel
3	Producto	Quiero poder utilizar pallets nacionales como extranjeros
4	Producto	Quiero que no se corroan con el tiempo
5	producto	Quiero que sean estables
6	servicio	Quiero accesorio para su instalación
7	producto	Quiero que sea de fácil manejo
8	Producto	Quiero de diferentes alturas ( se adapte a su nave)
9		



TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Graiman Cuenca		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero aprovechar toda la altura de mi nave con los racks
2	producto	Quiero que su capacidad por nivel o piso sea hasta de 3000 Kg
3	servicio	Quiero asesoría para la instalación
4	producto	Quiero que almacenar en pallets de tipo europeo
5	producto	Quiero flexibilidad al momento de modular la altura entre pisos
6	producto	Quiero que se adapten a cada espacio
7	producto	Quiero que sean seguros
8	producto	Quiero que sean fácil de movilizar de un lugar a otro.
9	producto	Quiero que sean fácil de desmontar.
10		

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Curtiembre		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que se adapten a mi necesidad de carga ( 1500-2000 Kg)
2	producto	Quiero seguridad para mi carga
3	producto	Quiero que se adapten al tamaño de mi carga
4	servicio	Quiero accesoría en la instalación
5	producto	Quiero una altura de 4 metros de los racks
6	producto	Quiero que sean fáciles de transportar
7		

TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Instruequipos		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que sean de fácil manejo
2	producto	Quiero aprovechar toda su longitud para las alturas
3	producto	Quiero que sean estables
4	servicio	Quiero que resistan hasta 1800 Kg por nivel
5	producto	Quiero que sean resistentes a la corrosión
6	servicio	Quiero accesoría para la instalación
7	servicio	Quiero accesorios de repuestos.
8		



TABLA VOC-PARTE A		
Cliente: Metal Hierro		Ficha de la VOC
#	CRITERIOS	FRASE
1	producto	Quiero que su capacidad sea hasta de 3000 Kg por nivel
2	producto	Quiero que se adapten a mis tipos de pallet
3	producto	Quiero que sean seguros
4	producto	Quiero que sean de fácil movilización
5	servicio	Quiero accesorio sobre su montaje.
6	producto	Quiero que se adapten a mis productos ( altura entre nivel)
7	producto	Quiero que sean resistentes al ambiente salino (corrosión)
8	producto	Quiero capacidades desde 1000 kg
9	producto	Quiero que sean seguros
10		



### Anexo 3 Evaluación de los requisitos de la VOC.

**Hidrosa Guayaquil**

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x				
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es para altas cargas?		x			
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?		x			
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es a medida el racks?	x				
¿Que pasaría si es a medida el racks?					x
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x				
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?		x			
Quiero asesoría	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene asesoría?		x			
¿Que pasaría si no tiene asesoría?					x
Quiero que sean estables	1. Me gusta				
¿Que pasaría si son estables ?	x				
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta				
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?		x			
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?					x
Quiero repuestos.	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tienen repuestos ?		x			
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?					x

**Multicentro Daule**

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?					
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					x
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es para altas cargas?		x			
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?		x			
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es a medida el racks?		x			
¿Que pasaría si es a medida el racks?					x
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?					x
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?		x			
Quiero asesoría	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene asesoría?					x
¿Que pasaría si no tiene asesoría?		x			
Quiero que sean estables	1. Me gusta				
¿Que pasaría si son estables ?		x			
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta				
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?		x			
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?					x
Quiero repuestos.	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tienen repuestos ?		x			
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?					x



Sirens

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x								
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?									
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es para altas cargas?	x								
¿Que pasaría si no es para altas cargas?									
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?	x								
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?									
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es a medida el racks?	x								
¿Que pasaría si es a medida el racks?									
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x								
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?									
Quiero asesoría	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tiene asesoría?									
¿Que pasaría si no tiene asesoría?									
Quiero que sean estables	1. Me gusta								
¿Que pasaría si son estables ?	x								
¿Que pasaría si no son estables ?									
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta								
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?	x								
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?									
Quiero repuestos.	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tienen repuestos ?	x								
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?									

Graiman Quito

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x								
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?									
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es para altas cargas?									
¿Que pasaría si no es para altas cargas?									
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?									
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?									
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es a medida el racks?									
¿Que pasaría si es a medida el racks?									
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta								
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x								
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?									
Quiero asesoría	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tiene asesoría?									
¿Que pasaría si no tiene asesoría?									
Quiero que sean estables	1. Me gusta								
¿Que pasaría si son estables ?	x								
¿Que pasaría si no son estables ?									
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta								
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?	x								
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?									
Quiero repuestos.	1. Me gusta								
¿Que pasaría si tienen repuestos ?	x								
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?									





**Curtiembre**

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?		x			
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es para altas cargas?	x				
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?	x				
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?				x	
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es a medida el racks?		x			
¿Que pasaría si es a medida el racks?				x	
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?		x			
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?					x
Quiero asesoría	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene asesoría?		x			
¿Que pasaría si no tiene asesoría?				x	
Quiero que sean estables	1. Me gusta				
¿Que pasaría si son estables ?	x				
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta				
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?		x			
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?					x
Quiero repuestos.	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tienen repuestos ?	x				
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?				x	

**Instruequipos**

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x				
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					x
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es para altas cargas?		x			
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?		x			
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es a medida el racks?	x				
¿Que pasaría si es a medida el racks?					x
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta				
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x				
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?					x
Quiero asesoría	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tiene asesoría?				x	
¿Que pasaría si no tiene asesoría?				x	
Quiero que sean estables	1. Me gusta				
¿Que pasaría si son estables ?	x				
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta				
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?	x				
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?					x
Quiero repuestos.	1. Me gusta				
¿Que pasaría si tienen repuestos ?		x			
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?					x



**Metal Hierro**

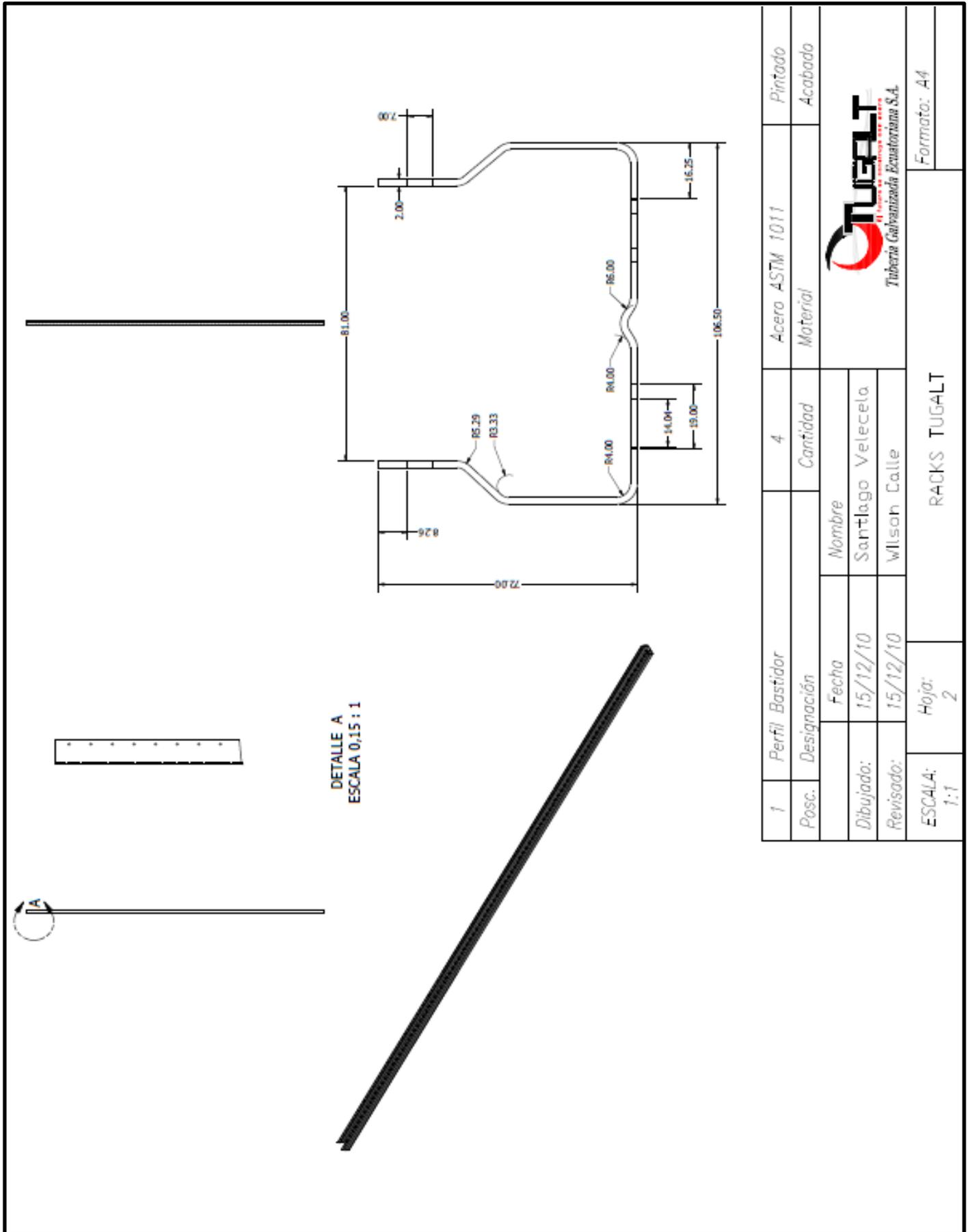
Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?		x			
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					x
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es para altas cargas?	x				
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?	x				
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es a medida el racks?		x			
¿Que pasaría si es a medida el racks?					x
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x				
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?				x	
Quiero asesoría	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tiene asesoría?	x				
¿Que pasaría si no tiene asesoría?					x
Quiero que sean estables	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si son estables ?	x				
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?	x				
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?				x	
Quiero repuestos.	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tienen repuestos ?	x				
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?				x	

**MAILCA**

Quiero flexibilidad al modular la altura	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tiene facilidad para modular la altura?	x				
¿Que pasaría si no tiene facilidad para modular la altura?					x
Quiero que sea para altas cargas por nivel 1000 -3000Kg	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es para altas cargas?	x				
¿Que pasaría si no es para altas cargas?					x
Quiero que sean resistentes a la corrosión	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es resistente a la corrosión?	x				
¿Que pasaría si no es resistente a la corrosión?					x
Quiero que se hagan a medida	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es a medida el racks?		x			
¿Que pasaría si es a medida el racks?					x
Quiero que sean fácil de montar y desmontar	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si es fácil de montar y desmontar?	x				
¿Que pasaría si es no fácil de montar y desmontar?				x	
Quiero asesoría	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tiene asesoría?	x				
¿Que pasaría si no tiene asesoría?					x
Quiero que sean estables	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si son estables ?	x				
¿Que pasaría si no son estables ?					x
Quiero que se adapten a mis pallets	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si se adaptan a sus pallets ?	x				
¿Que pasaría si no se adaptan a sus pallets ?				x	
Quiero repuestos.	1. Me gusta	2. Es el Esperado	3. No siento nada	4. No hay que escoger	5. No me gusta
¿Que pasaría si tienen repuestos ?	x				
¿Que pasaría si no tienen repuestos ?				x	

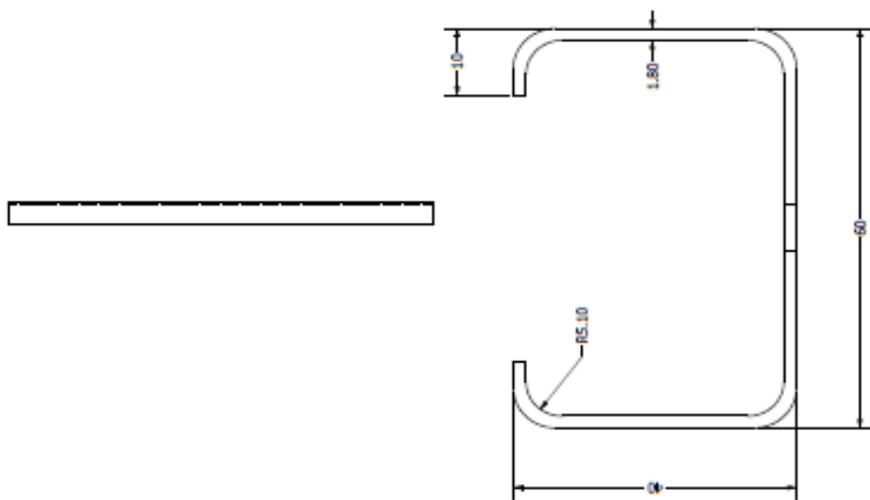
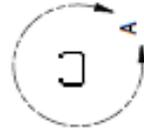
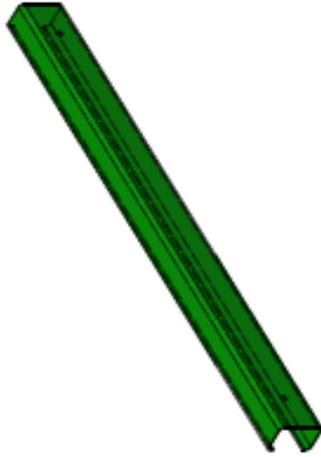


### Anexo 4: Perfil bastidor.





### Anexo 5: Perfil de entramado 1.



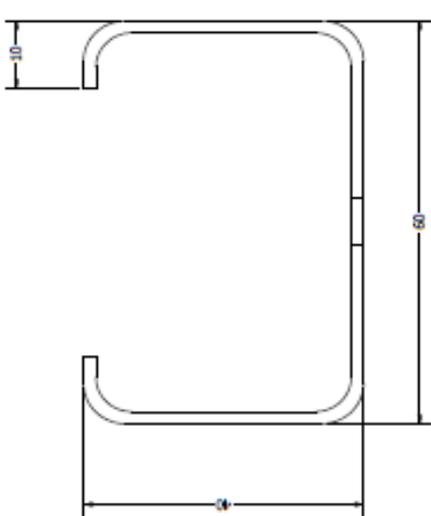
DETALLE A  
ESCALA 1:1

2	Entramado 1 Horizontal	14	Acero ASTM 1011	Pintado
Posc.	Designación	Cantidad	Material	Acabado
Dibujado:	Fecha	Nombre	 Tuberia Galvanizada Ecuatoriana S.A.	
Revisado:	15/12/10	Santiago Velecela		
ESCALA:	15/12/10	Wilson Calle		
1:10	Hoja:	RACKS TUGALT		Formato: A4
	3			



### Anexo 6: Perfil de entramado 2.



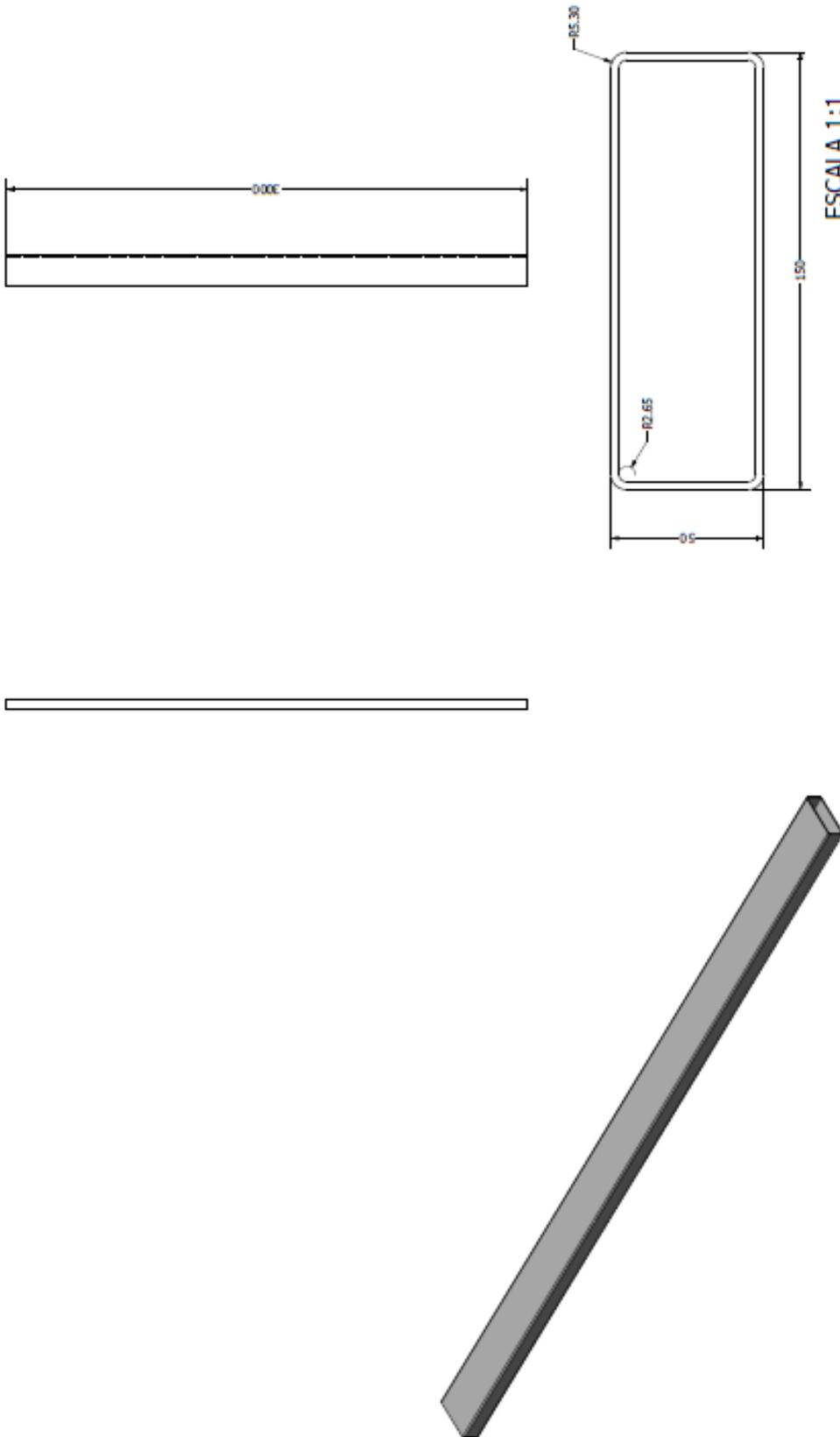



DETALLE A  
Escala 1:1

3	Entramado 2 Diagonal	12	Acero ASTM 1011	Pintado
Posc.	Designación	Cantidad	Material	Acabado
Dibujado:	Fecha	Nombre	 <b>TUGALT</b> <small>El tiempo de construcción con acero</small> Tuberia Galvanizada Ecuatoriana S.A.	
Revisado:	15/12/10	Santiago Velecela		
ESCALA:	15/12/10	Wilson Calle		
1:10	Hoja:	RACKS TUGALT		Formato: A4
	4			



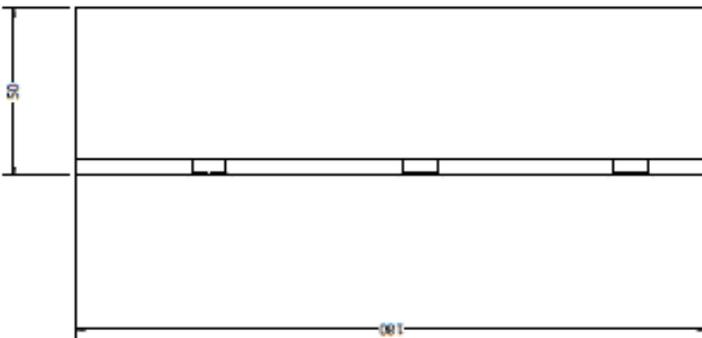
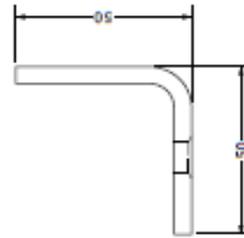
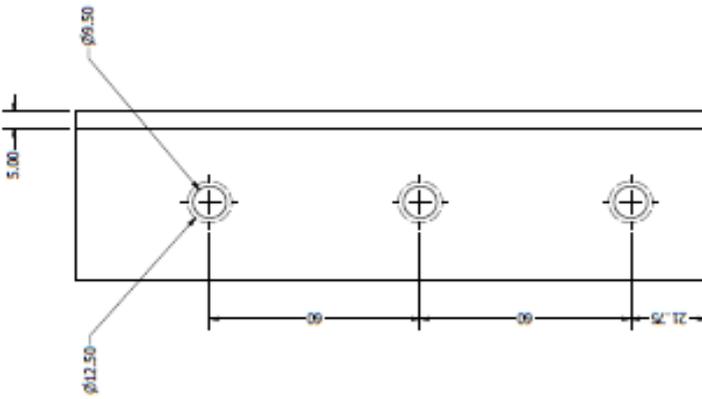
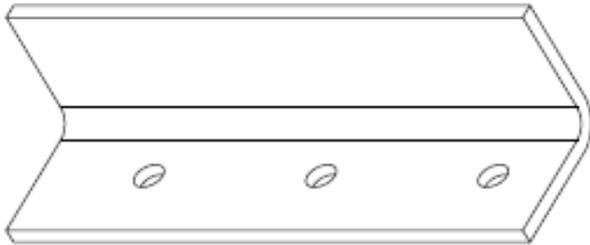
Anexo 7: Tubo 150x50x3.00 mm.



4.1	Tubo 150x50x3	+/-0.5mm	10	Acero ASTM A1011	Pintado
Posc.	Designación	Tolerancia	Cantidad	Material	Acabado
	Fecha	Nombre			
Dibujado:	15/01/15	Santiago Velecela			
Revisado:	15/01/15	Wilson Calle			
ESCALA: 1:1	Hoja: 5	VIGA		Formato: A4	



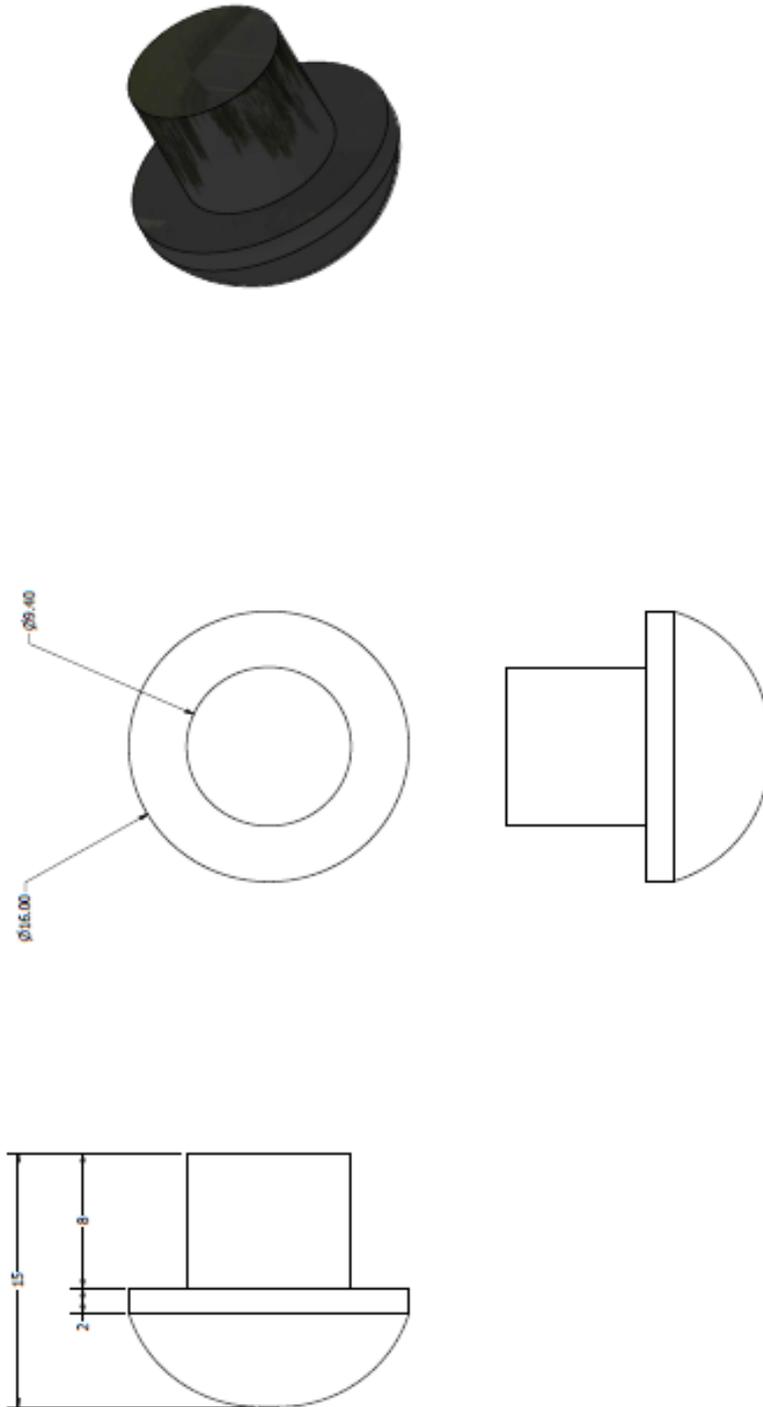
### Anexo 8: Placa conectora.



4.2.1	Angulo Perforado	20	Acero ASTM 1011	Pintado
Posc.	Designación	Cantidad	Material	Acabado
Dibujado:	Fecha	Nombre	 Tuberna Galvanizada Ecuatoriana S.A.	
Revisado:	15/12/10	Santiago Velecela		
ESCALA:	15/12/10	Wilson Calle		
1:1.5	Hoja:	CONECTOR VIGA - BASTIDOR		
	7	Formato: A4		



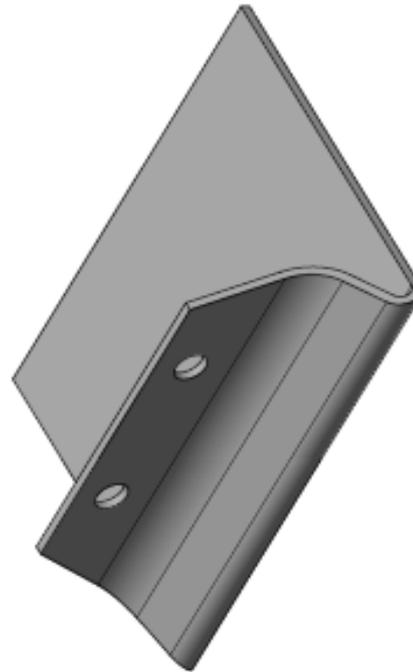
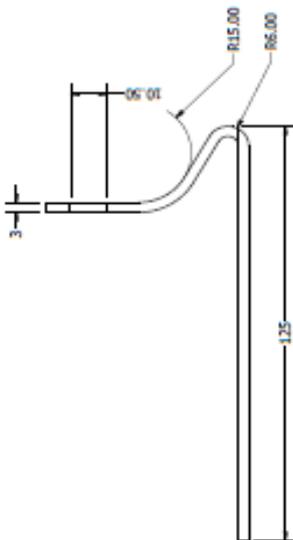
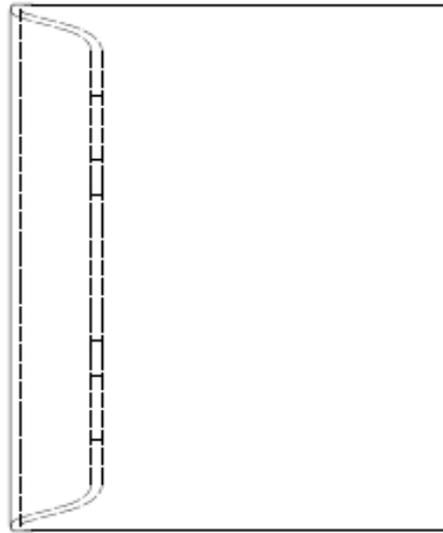
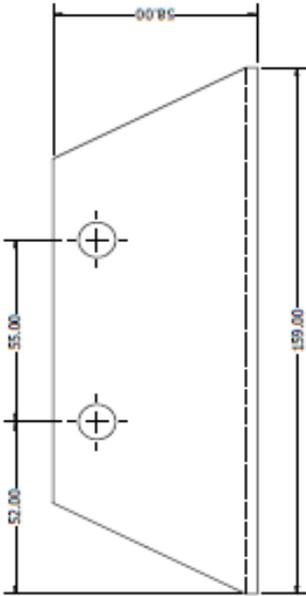
### Anexo 9: Remache.



4.2.2	Remache	60	Acero Assab 705	Pintado
Posc.	Designación	Cantidad	Material	Acabado
	Fecha	Nombre	 Tuberia Galvanizada Ecuatoriana S.A.	
Dibujado:	15/12/10	Santiago Velecela		
Revisado:	15/12/10	Wilson Calle		
ESCALA:	Hoja:	CONECTOR VIGA - BASTIDOR		
1:1	8			



### Anexo 10: Base.



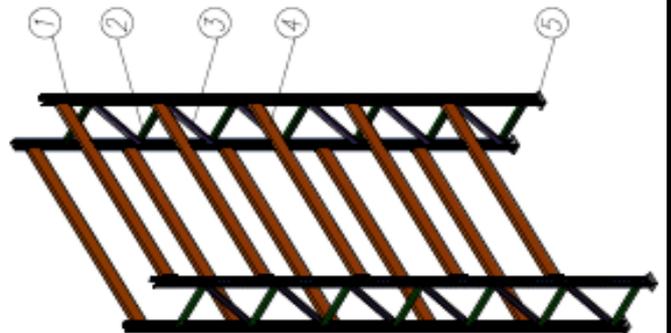
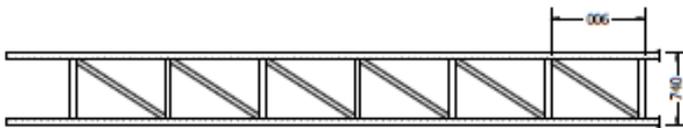
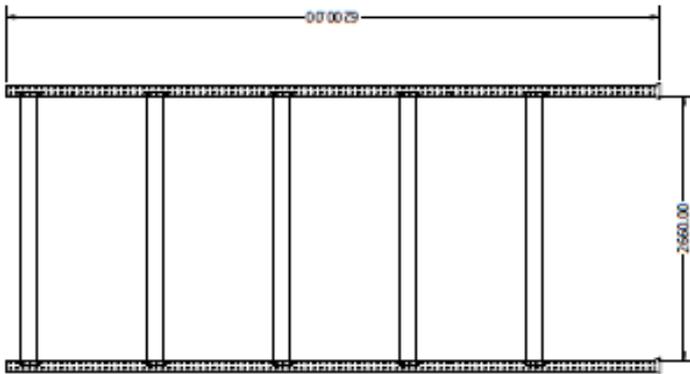
PERSPECTIVA  
ESCALA 1 : 1

5	Base	+/-0.5mm	20	Acero ASTM A1011	Pintado
Posc.	Designación	Tolerancia	Cantidad	Material	Acabado
		Nombre			
Dibujado:	Fecha				
Revisado:	15/01/15	Santiago Velecela			
	15/01/15	Wilson Calle			
ESCALA:	Hoja:	RACK TUGALT			Formato: A4
1:1	9				





Anexo 11: Estructura.



5	Base	4	Acero ASTM 1011	Pintado
4	Viga	10	Acero ASTM 1011	Pintado
3	Entramado 2 Diagonal	12	Acero ASTM 1011	Pintado
2	Entramado 1 horizontal	14	Acero ASTM 1011	Pintado
1	Perfil Bastidor	4	Acero ASTM 1011	Pintado
Posc.	Designación	Cantidad	Material	Acabado
Dibujado:		Fecha	Nombre	
Revisado:		15/12/10	Santiago Velecela	
ESCALA: 1:100		15/12/10	Wilson Calle	
Hoja: 1		RACKS TUGALT		Formato: A4





## Bibliografía.

- 1) Kai Yang and Basem S. El Haik “«Dising For Six Sigma» *Diseño para seis Sigma*” New York, Mc Graw Hill, 2003, capítulo 1.
- 2) Kai Yang and Basem S. El Haik “«Dising For Six Sigma» *Diseño para seis Sigma*” New York, Mc Graw Hill, 2003, capítulo 7.
- 3) Kai Yang and Basem S. El Haik “«Dising For Six Sigma» *Diseño para seis Sigma*” New York, Mc Graw Hill, 2003, capítulo 11.
- 4) Kai Yang and Basem S. El Haik “«Dising For Six Sigma» *Diseño para seis Sigma*” New York, Mc Graw Hill, 2003, capítulo 13.
- 5) GENRICH Atshuller“«40 Principles extended edition» *40 principios edición extendida* “New York, Technical innovation center, 2005, pág. 32, 46, 74, 92.
- 6) <http://www.portalcalidad.com/articulos/71-la-satisfaccion-del-cliente-iso-9001>  
día de la consulta 2014-11-12.
- 7) MOURA Eduardo, “*Introducción al DFSS*”, Material de aprendizaje de Qualiplus, año 2014.
- 8) MOURA Eduardo, “«Quality Function Deployment» *QFD*”, Material de aprendizaje de Qualiplus, año 2014.
- 8) MOURA Eduardo, “«Failure Mode & Effects Analysis» *FMEA*”, Material de aprendizaje de Qualiplus, año 2014.
- 9) MOURA Eduardo, “*Ingeniería Robusta*”, Material de aprendizaje de Qualiplus, año 2014.



10) YUIN Wu & ALAN Wu ,”Diseño Robusto utilizando los métodos Taguchi”  
Madrid, Diaz de Santos, 1997, Capitulo 2.

11) ISAK Bukhman, “«TRIZ TECHNOLOGY FOR INNOVATION»”, *New York*  
Cubic Creativity Company, 2012, capítulo 5.

12) DOWN Michael, “Análisis del modo potencial de falla y sus efectos cuarta  
edición”, *EE.UU*, General Motors, 2008, pág. 37, 46,93.

#### **Otras fuentes.**

- [http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072\\_Parte1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072_Parte1.pdf) día de la consulta. 10-01-2015.
- [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/elasticidad/ap01\\_elasticidad.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/elasticidad/ap01_elasticidad.php) día de la consulta 22-12-2014.
- [http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/capacidad-de-proceso.](http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/capacidad-de-proceso)  
día de la consulta 01/01/2015