

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALPARAÍSO – CHILE



**METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE
SOLUCIONES INDUSTRIALES BASADO EN OTSM-TRIZ Y
AHP: CASOS EMPÍRICOS EN LA INDUSTRIA CHILENA**

CAROLINA FRANCISCA CARREÑO CAVADA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA:

Ing. Rafael Mena Y.

PROFESOR CORREFERENTE:

Dr. Ing. Christopher Nikulin Ch.

NOVIEMBRE – 2017



1 Agradecimientos

A mis papás que siempre dijeron que lo único y más importante que nos dejarían sería educación y así cumplen apoyándome de principio a fin en lo que fue mi carrera (casi maratón) universitaria

A mis hermanos que más de una vez les tocó aguantarse mi genio/mal humor/reto, pero juro que siempre ha sido porque espero y quiero lo mejor para Uds. y claro a mi Nemi, que simplemente no me imagino esta familia sin ella.

A mi Tata Luis, que ya puede estar tranquilo, que no fui doctora... pero estudié tantos años como si lo fuera.

A mi Abueli Selma y mi Tata Miguel, a mis tíos, tías, primos, primas, familia en general, porque más de alguna vez no pude participar de los distintos eventos “porque estaba estudiando”.

A los amigos que han estado desde siempre, incluso más de lo que puedo recordar; a los que aparecieron en los primeros colegios y a las que aún quedan de la media, esos que me vieron en mis primeras fiestas, con cortes de pelo y ropa que hoy me dan vergüenza, pero que fueron parte de la adolescencia (que bien la pasé).

A los amigos con los que compartí un sueño, SER INGENIERA, los que están desde antes de la U, los que están desde los primeros años, los que me integraron a un grupo y luego a un grupo nuevo; a los que no por llegar al final, han sido menos importantes. Gracias! porque termino realmente feliz, dicen que la universidad es la mejor época de la vida (debe ser por eso que me quedé tanto rato) y Uds me ayudaron que así lo sea, tengo los mejores recuerdos (y no recuerdos también) de las mañanas/tardes/noches de estudio, de los carretes, de Promo, de paseos y más.

Bonus: Gracias a los Intercambio amigos y a los Euroamigos, no me imagino mejores personas para haber compartido esa experiencia!

Gracias a todos los profesores que fueron parte de mi formación directa o indirectamente, a todos los que me han ayudado ahora a desarrollar mi memoria, tanto apoyos académicos como personas relacionadas a otras áreas.

A mis profesores guías Rafael Mena y Christopher Nikulin, a este último especialmente gracias por todo el apoyo y confianza que depositó en mí para las distintas actividades en las que me invitó a trabajar con él.



2 Dedicatoria

A mi mama (así, sin tilde) que se durmió antes de poder verme titulada.

Para ti, la memoria y un jardín lleno de rosas.



3 Resumen

A continuación se presenta un modelo estructurado que facilita la creación e identificación de soluciones conceptuales capaces de satisfacer los requerimientos de la toma de decisiones, entendiendo que de esta forma se satisfacen también los requerimientos del ámbito donde se está actuando. Con ello, se pretende aumentar las posibilidades de éxito ligadas a la incorporación de una nueva estrategia, en nuestro caso, relativa a la cadena de suministros y mejora del proceso productivo. Para su desarrollo, se integrarán los métodos de OTSM-TRIZ y AHP, proponiendo una forma de evaluación y jerarquización de los resultados, y obteniendo de ese modo una ponderación asociada a cada solución conceptual, consecuentemente, esta propuesta metodológica ayudara al proceso de toma de decisiones de manera estructurada y sistémica. Para su validación, se han desarrollado dos casos de estudio, uno junto con la empresa AGROSUPER SA., donde la empresa toma la decisión de implementar un sistema de automatización que permita mejorar los procesos de su cadena de suministros, por lo que deberá decidir cómo llevar a cabo la propuesta de mejora; el segundo caso de estudio, corresponde a una mejora en el proceso productivo del en empresa LIPIGAS donde se busca también la automatización de una de sus etapas productivas correspondiendo en este caso al posicionamiento de sellos en los distintos tipos de formatos de cilindros de gas con los que trabaja la compañía.



4 Abstract

This final work presents a structured model that facilitates the creation and identification of conceptual solutions capable of satisfying the requirements of decision making, understanding that in this way the requirements of the area where it is being acted upon are also satisfied. With this, the intent is to increase the chances of success linked to the incorporation of a new strategy, in our case, relating to the supply chain and improvement of the production process. For its development, the OTSM-TRIZ and AHP methods will be integrated, proposing a form of evaluation and ranking of the results, and thus obtaining a weight associated with each conceptual solution, consequently, this methodological proposal will help the process of taking decisions in a structured and systematic way. For validation, two case studies have been developed, one in collaboration with the company AGROSUPER SA., where the company makes the decision to implement an automation system that allows improving the processes of its supply chain, so it must decide how to carry out the improvement proposal; the second case study, corresponds to an improvement in the production process of the company LIPIGAS where the automation of one of its production stages is also sought, corresponding in this case to the positioning of seals in the different types of gas cylinder formats that the company works with.



5 Glosario

TRIZ	Teorema para la resolución de problemas de inventiva.
OTSM-TRIZ	Evolución de TRIZ, teorema del pensamiento poderoso.
AHP	Modelo de Análisis Jerárquico.
RdP	Red de Problemas.
EPs	Parámetros de Evaluación.
PC	Parámetros de Control.
RdC	Red de Contradicciones.



6 Índice de Contenidos

1	Agradecimientos	1
2	Dedicatoria.....	2
3	Resumen	3
4	Abstract.....	4
5	Glosario	5
6	Índice de Contenidos	6
7	Índice de Tablas.....	8
8	Índice de Figuras.....	9
9	Introducción.....	10
10	Objetivos.....	12
10.1	Objetivo General	12
10.2	Objetivos Específicos.....	12
11	Estado del Arte	13
11.1	TRIZ y su evolución en OTSM-TRIZ.....	13
11.2	Análisis jerárquico.....	16
12	Propuesta Metodológica	19
PASO 1: Creación de la red de problemas (RdP)		20
PASO 2: Creación de la red de contradicciones (RdC).....		20
PASO 3: Análisis jerárquico de los parámetros de evaluación (EPs).		22
PASO 4: Establecer rangos de aceptación.		23
PASO 5: Evaluación y ponderación de las soluciones conceptuales		24
PASO 6: Desarrollo de la ingeniería de detalle.....		24
13	Caso de Estudio: Aplicación de la Metodología a empresas chilenas	25
13.1	Aplicación en Agrosuper S.A.....	25
13.2	Aplicación en LIPIGAS	30



13.2.1 Selección del sistema de agarre.....	30
13.2.2 Selección del método de diseño para el dispensador de sellos.....	32
14 Conclusiones Metodológicas	35
15 Bibliografía.....	36
16 Anexos	37
16.1 Desarrollo caso AGROSUPER	37
16.2 Desarrollo caso Lipigas	83
16.2.1 RdP caso Lipigas	83
16.2.2 Paso 6. Informe final empresa Lipigas	84



7 Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i>	Escala de comparaciones creada por Saaty	<i>16</i>
<i>Tabla 2</i>	Evaluación y ponderación de las soluciones conceptuales	<i>22</i>
<i>Tabla 3</i>	Peso de los parámetros de evaluación caso AGROSUPER	<i>26</i>
<i>Tabla 4</i>	Rangos de aceptación caso AGROSUPER	<i>26</i>
<i>Tabla 5</i>	Soluciones conceptuales caso AGROSUPER	<i>27</i>
<i>Tabla 6</i>	Evaluación, comparación y ponderación de los resultados en el caso AGROSUPER	<i>27</i>
<i>Tabla 7</i>	Peso de los PE en el sistema de agarre, caso LIPIGAS	<i>29</i>
	Rangos de aceptación en el sistema de agarre, caso LIPIGAS	<i>29</i>
<i>Tabla 9</i>	Evaluación, comparación y ponderación de los resultados para el sistema de agarre, caso LIPIGAS	<i>30</i>
<i>Tabla 10</i>	Peso de los PE en el método de diseño, caso LIPIGAS	<i>31</i>
<i>Tabla 11</i>	Rangos de aceptación en el método de diseño, caso LIPIGAS	<i>31</i>
<i>Tabla 12</i>	Evaluación, comparación y ponderación de los resultados para el método de diseño, caso LIPIGAS	<i>31</i>



8 Índice de Figuras

<i>Figura 1</i>	Ejemplo Red de Problemas OTSM-TRIZ	<i>15</i>
<i>Figura 2</i>	Modelo de contradicciones de OTSM-TRIZ	<i>15</i>
<i>Figura 3</i>	Diagrama Metodología propuesta	<i>18</i>
<i>Figura 4</i>	Esquema Excel AHP	<i>21</i>
<i>Figura 5</i>	RdP caso AGROSUPER	<i>24</i>
<i>Figura 6</i>	RdC caso AGROSUPER	<i>25</i>
<i>Figura 7</i>	RdP Sistema de agarre caso LIPIGAS	<i>28</i>
<i>Figura 8</i>	RdP método de diseño para el dispensador en caso LIPIGAS	<i>30</i>



9 Introducción

Debido a los continuos cambios en las estrategias de las compañías de mercados productivos [1], el rol de la toma de decisiones y su integración en el proceso de desarrollo de productos asume diversas connotaciones con la intención de ofrecer el máximo valor a los clientes finales. La selección de la estrategia de integración correcta no es una tarea fácil de realizar; de hecho, decisiones mal concebidas o mal introducidas pueden causar considerables pérdidas en términos de tiempo, dinero y oportunidades de negocio. No obstante, el riesgo vinculado a las decisiones siempre está latente [2]. El análisis de la cadena de suministros también sufre o es influenciada por esta tendencia, a pesar que diversos métodos y herramientas son creados para su análisis, muchos de estos no logran acometer la diversidad de problemas que pueden surgir en la práctica [7]. Existen variados modelos disponibles en la literatura para ayudar a la gerencia tales como SCOR, IDEF0, BPMN 2.0 entre otros, estos modelos son capaces de representar y predecir riesgos de gestión y también son capaces de desarrollar el reconocimiento de obstáculos, a fin de evitar o al menos mitigar su impacto. No obstante su perspectiva esta siempre basada en la experiencia y en el ensayo-error de las soluciones creadas. Consecuentemente, su aplicación en el contexto industrial asociado a la toma de decisiones no siempre es plausible y eficaz, ya que la solución siempre dependerá de lo que el tomador de decisión pueda visualizar durante el proceso de cambio, por otro lado estos modelos no tienen en cuenta las características distintivas de las empresas [3]. Adicionalmente, la gerencia de una empresa, para su buena gestión, maneja un número elevado de información, teniendo un papel fundamental en la selección e implementación de las estrategias en la cadena de suministros, las cuales deben ser plausibles en su desarrollo.

En el contexto operativo, una cadena de suministro puede ser descrita como un sistema compuesto por las organizaciones, personas, tecnologías, actividades, información y recursos involucrados en el movimiento de un producto o servicio desde el proveedor hasta el cliente. Las actividades de la cadena de suministro serán todas aquellas necesarias para transformar los recursos, materias primas y componentes en un producto final directo para la entrega al cliente; actividades como éstas, ya sean adquisiciones, negocios y temas relacionados con logística han sido ampliamente investigadas [4-6]. Los resultados de estas investigaciones demuestran que las compañías deben moverse con relativa facilidad de una estrategia de producción a otra, con el fin de satisfacer los cambiantes objetivos de



mercado y de organización [1]. Con objeto de no entremezclar conceptos, a continuación se subrayan sucintamente las diferencias entre el modelo SCOR y la herramienta OTSM-TRIZ, así como referencias a otras herramientas y modelos:

- *Supply-chain operations reference model (SCOR)* [7] permite mejorar la administración y gestión de la cadena de suministros en la industria.
- Aparte de la anterior, para la resolución de problemas relacionados con la cadena de suministro existen otras herramientas y modelos disponibles en la literatura así como los esfuerzos que se han dedicado también para clasificarlos [8-10]. Junto con las herramientas, las mencionadas referencias indican diferentes estrategias de modelado que están disponibles para analizar los comportamientos de la cadena de suministro.
- Por otro lado OTSM-TRIZ es una herramienta que permite evaluar la relación causal entre problemas y soluciones, lo cual permite anticipar potenciales problemas los cuales pueden afectar las distintas decisiones en la práctica. OTSM-TRIZ se caracteriza por ser una herramienta que facilita la toma de decisiones desde un punto de vista pragmático, como consecuencia las decisiones son más eficientes y objetivas [16]. Desde el punto de vista de la complejidad en la toma de decisiones, este artículo propone una integración entre OTSM-TRIZ, que es una herramienta analítica que permite visualizar las consecuencias de la toma de decisiones, con herramientas utilizadas en la toma de decisiones como AHP y evaluaciones simplificadas de beneficio/impacto.

Según Beamon [10], los modelos de cadena de suministro de etapas múltiples se pueden agrupar en cuatro grupos: determinista, estocástica, económica y basada en la simulación. Una de las mayores limitaciones de estos modelos se evidencia en la poca flexibilidad en el análisis y síntesis de las posibles consecuencias de las modificaciones en cada etapa de la cadena de suministro. En este contexto, en la presente memoria se propone una estrategia basada en herramientas creativas y flexibles para evaluar soluciones y evidenciar potenciales consecuencias con casos aplicados a la Industria chilena.

En la segunda sección del desarrollo se presenta el estado del arte y la relevancia de TRIZ y su evolución en OTSM-TRIZ para la resolución de problemas y toma de decisiones. La tercera sección presenta la integración de la metodología para la aplicación en la práctica, con especial énfasis en la



evaluación de soluciones conceptuales dentro de un problema específico. La sección cuatro presenta los casos de estudio aplicado a la toma de decisiones para el mejoramiento de la cadena de suministro interna de dos empresas Chilenas (i.e AGROSUPER S.A y LIPIGAS), y posteriormente, las conclusiones de cómo la metodología apoya el proceso de toma de decisiones permitiendo así a las gerencias direccionar su proyecto acorde sus requerimientos y contexto específico.

Finalmente, este trabajo de título se presenta con el propósito de simplificar y analizar estructuradamente las soluciones conceptuales que pueden aparecer dentro del proceso de resolución de problemas en empresas y como puede ser mejorada con la integración de conocimiento de distintas disciplinas.

10 Objetivos

10.1 Objetivo General

La utilización de metodologías para el desarrollo de soluciones es fundamental para mejorar la efectividad en el proceso de toma de decisiones, en esta memoria se propone generar una metodología sistémica y estructurada, la cual permite mejorar la toma de decisiones en base a las condiciones reales de un proyecto. La metodología integra herramientas para la toma de decisiones como AHP junto con herramientas de análisis y resolución de problemas como es OTSM-TRIZ.

10.2 Objetivos Específicos

- Generar una metodología sistemática y estructurada que pueda ser aplicada a distintos contextos u organizaciones para la mejora de procesos productivo.
- Contribuir en el área de investigación asociada a la Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva (Creatividad), integrándola con herramienta para la toma de decisiones como AHP (Toma de decisiones.)



- Utilización de OTSM-TRIZ para describir problemas, sub-problemas y soluciones parciales en base a los recursos disponibles de las empresas, así como análisis AHP para identificar prioridades en las soluciones conceptuales planteadas con el fin de mejorar la toma de decisiones.
- Validar la propuesta metodológica aplicándola a distintos casos de estudio que permita mejorar el estado actual de la empresa, más específicamente en AGROSUPER y LIPIGAS.

11 Estado del Arte

En esta sección, se describen las herramientas esenciales que son la base teórica para el desarrollo de la metodología propuesta. Dado que la metodología propuesta se basa principalmente en el análisis del contexto, así como en posibles soluciones que pueden aparecer durante el proceso de análisis, las descripciones de las herramientas están especialmente focalizadas en la resolución y jerarquización de problemas y soluciones conceptuales. Con esta lógica, primero se describe la *Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva* (TRIZ) y su posterior evolución OTSM-TRIZ y finalmente, se presentan las herramientas de jerarquización para la selección y priorización de soluciones y/u oportunidades para apoyar el proceso de decisión.

11.1 TRIZ y su evolución en OTSM-TRIZ

TRIZ * es una teoría creada por Genrich Altshuller [11] con el propósito de mejorar la eficiencia de las actividades de resolución de problemas basado en contradicciones, es decir mejorar la eficiencia en la actividad inventiva basada en limitaciones. La lógica de TRIZ y sus herramientas tienen sus raíces en la observación de la evolución de los sistemas técnicos que siguen patrones repetitivos, por lo tanto, un solucionador de problemas debería centrarse en la identificación de los patrones a fin de reducir de manera efectiva y sistemática el área de análisis, generando a su vez la búsqueda de nuevas soluciones "atípicas" o mejores. La arquitectura de TRIZ se basa en tres postulados: (i) la existencia de "leyes" objetivas que describen la evolución de los sistemas técnicos, (ii) la dinámica de la contradicción como el mecanismo básico detrás de la evolución de los sistemas y (iii) la explotación de todos los recursos disponibles que caracterizan a una situación específica.



Una contradicción técnica se lleva a cabo cuando dos parámetros de evaluación (EPs), del sistema de la investigación, entran en conflicto entre sí, es decir, la mejora en el valor de un parámetro de evaluación empeorará el valor de otro. La contradicción física es el conflicto subyacente entre dos valores opuestos de una determinada variable de diseño, cada valor es capaz de mejorar uno de los EPs de las contradicciones técnicas mencionadas anteriormente, pero esto resulta en un efecto de empeoramiento del otro parámetro.

TRIZ proporciona un conjunto de heurísticas para superar contradicciones mediante el aprovechamiento de los recursos disponibles clasificándolas en cinco categorías: tiempo, espacio, energía, información y materiales; algunos autores han propuesto otras clasificaciones de recursos más estructurados como en Becattini [12] [13]. Para la generación de soluciones TRIZ posee distintas herramientas cuando éste es descrito en forma de contradicciones [11]. Para el caso serán utilizados los principios básicos de separación, estos son capaces de ayudar en el proceso de síntesis para resolver problemas técnicos y administrativos [14-15]. Los principios de separación necesarios son:

- Separación en espacio: si existe algo en conflicto con el espacio, es necesario separarlo de forma que ambos puedan cumplir su función sin los efectos negativos que esto significaría.
- Separación en tiempo: los parámetros en conflicto pueden ser separados en intervalos de tiempo de forma que su funcionamiento sea en tiempos distintos sin sus consecuencias negativas.
- Separación entre el todo y sus partes: los parámetros en conflicto pueden ser separados a través de la distinción o diferenciación del todo y de sus partes.
- Separación bajo condición: los parámetros en conflicto pueden ser separados cambiando las condiciones predeterminadas de trabajo.

Actualmente, la técnica TRIZ ha evolucionado para abordar problemas multidisciplinarios. Esta evolución es conocida como OTSM-TRIZ.

OTSM es una evolución del TRIZ clásico: originalmente propuesto por Nikolai Khomenko [17], tiene por objeto la gestión de problemas complejos e interdisciplinarios [16]. De acuerdo con este

propósito, instrumentos y modelos adicionales se han añadido al TRIZ clásico, específicamente un procedimiento basado en el concepto de las redes, como lo es la *Red de Problemas* (RdP). En el marco de OTSM-TRIZ un problema complejo puede ser visto como una red de varios problemas subyacentes más simples. En la raíz de la red de los problemas residen las exigencias antagónicas de las variables de diseño de todo el sistema y del elemento constitutivo, es decir, una red de contradicciones se puede asignar a la red de problemas. La complejidad de la red aumenta aún más cuando varias áreas del conocimiento, así como asuntos técnicos y socio-económico-ambientales, están involucradas.

OTSM-TRIZ incluye un kit de herramientas y modelos para representar y gestionar las redes. La llamada Red de Problemas (RdP) o su nombre en inglés Network of Problems (NoP) [17], es un gráfico donde los nodos representan (Sub) Problemas (Pb) o soluciones parciales (Sp). Su conexión proporciona una estructura jerárquica de la situación o problema complejo bajo análisis, junto con varias alternativas para solucionar o mitigar los sub-problemas. Una de las fortalezas de la gráfica RdP es ofrecer la posibilidad de contemplar, generar y visualizar varios escenarios problemáticos. El proceso para asignar la RdP en una *Red de Contradicciones* (RdC) [12] requiere distinguir dos clases diferentes de parámetros: *Parámetros de control* (CP) que pueden ser aprovechados por los tomadores de decisiones con el fin de obtener un resultado específico, es decir, para implementar una solución parcial específica, y los *parámetros de evaluación* (EPs), que permiten evaluar las consecuencias positivas o negativas que generan las decisiones.

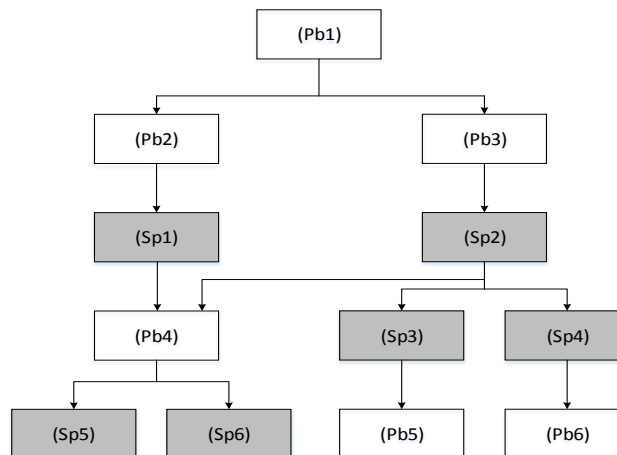


Figura 1. Ejemplo del desarrollo de una Red de Problemas (RdP) donde Pb corresponde a los problemas y Sp a las soluciones parciales.

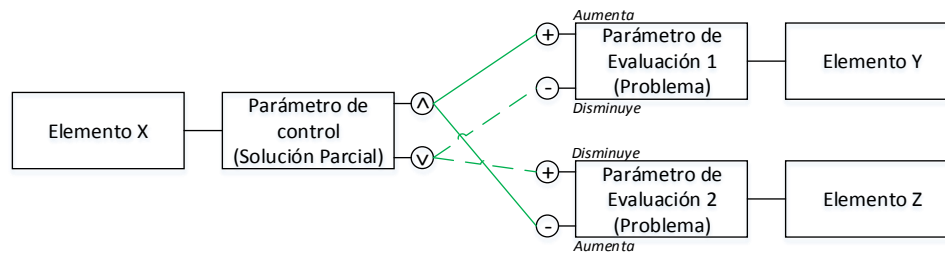


Figura 2. Modelo elemental de una contradicción según el formalismo de OTSM-TRIZ.

11.2 Análisis jerárquico

La existencia de un gran número de contradicciones genera dificultades para seleccionar la mejor solución conceptual, por este motivo resulta necesario integrar OTSM-TRIZ con métodos de jerarquización y priorización, entendiendo así que se debe poner énfasis en los requisitos de los tomadores de decisiones para asegurar una mejor respuesta. Una reciente integración de OTSM-TRIZ y AHP se puede encontrar en otras propuestas [21], no obstante su integración está referida a las fronteras del diseño de un producto, la cual considera la jerarquización de parámetros y no la evaluación de alternativas de soluciones conceptuales como se propone en este trabajo. Sin embargo, se considera que este tipo de integración es relevante y a la vez para todo tipo de problemas complejos y multidisciplinarios.

El análisis Jerárquico (AHP, *Analytic Hierarchy Process*), ofrece soporte en la toma de decisiones mediante la cuantificación de parámetros bajo análisis [18]. Este proceso ha sido ampliamente utilizado para asistir a numerosos agentes corporativos y gubernamentales en la toma de decisiones [19]. El proceso de análisis jerárquico presenta variadas ventajas en su aplicación ya que considera tanto evaluaciones cuantitativas de la situación problemática, como juicios subjetivos de los expertos o de quienes están tomando las decisiones [18]. AHP organiza la información de manera ordenada y gráfica, permitiendo obtener un entendimiento profundo del problema; en otras palabras, ordena, descompone, analiza y sintetiza los datos disponibles [20]. Para su aplicación, el problema debe ser descompuesto jerárquicamente, de acuerdo a los criterios y alternativas que los tomadores de decisión deseen estudiar. En la matriz de decisiones, se sintetizan los juicios y también



preferencias y ponderaciones de un criterio por sobre otro, en base al juicio de los tomadores de la decisión. Para esto, se puede utilizar la escala de evaluación establecida por Saaty [20], que se muestra en la tabla 1. Los resultados de las comparaciones entre criterios, son analizados a través de una matriz de comparaciones pareada, como se representa en la ecuación (1).

Tabla 1: Escala de comparaciones pareadas creada por Saaty.

Escala de Saaty		Escala recíproca de Saaty	
1	Igual importancia entre	1	Igual importancia entre
3	Débil importancia de un	1/3	Débilmente importante un
5	Moderada importancia de un	1/5	Menos importancia de un
7	Fuerte importancia de un	1/7	Mucho menos importancia
9	Importancia absoluta de un	1/9	Absolutamente menos
2-4-	Valores intermedios	1/2-	Valores intermedios

$$A = \begin{matrix} 1 & \cdots & a_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & 1 \end{matrix} \quad (1)$$

Ecuación 1: Matriz de comparaciones pareadas. En la matriz debe cumplirse que $a_{ij} * a_{ji} = 1$.

Los resultados obtenidos a través de la aplicación de esta herramienta, están directamente ligados a la consistencia de las priorizaciones o comparaciones establecidas en la formulación de la matriz de comparaciones pareadas. Es importante entender que existen juicios subjetivos y valoraciones relativas entre las diferentes alternativas, siendo muy probable la existencia de algún grado de inconsistencia o resultados no confiables. La forma de medir este grado de inconsistencia, es a través del índice de consistencia (IC) expresado en la siguiente ecuación [20]:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)} < 0,1 \quad (2)$$

Ecuación 2: Relación para la obtención del índice de consistencia (IC).



En la ecuación 2, λ_{max} corresponde al mayor eigen-valor positivo que da solución a la ecuación 1. Posteriormente, el valor del índice IC debe ser corroborado con los valores del índice de consistencia aleatorio (IA) propuesto por Saaty [22]. Finalmente, el ratio o razón de consistencia (RC) es calculado de la división entre IC e IA ($RC = IC/IA$). El valor final de RC, debe ser chequeado de acuerdo a los siguientes criterios:

- $RC = 0$, la matriz es consistente, por lo tanto el juicio de priorización es válido.
- $RC < 0,1$, la matriz tiene algunas inconsistencias admisibles por el equipo evaluador.
- $RC > 0,1$, la matriz no es consistente, por lo cual los juicios de priorización no son válidos y deben ser reformulados.

Finalmente, con la evaluación del indicador RC, se corrobora la consistencia del proceso de priorización.

12 Propuesta Metodológica

La propuesta que se presenta a continuación, tiene como finalidad entregar una guía para la obtención de una solución conceptual que responda de la mejor manera a los requisitos y prioridades de los tomadores de decisiones. La propuesta se sustenta en métodos de solución de problemas (OTSM-TRIZ), así como también en herramientas de priorización como es el método de AHP, el cual es aplicable en la jerarquización de los problemas, también se integrará un método donde el tomador de decisiones será quien acepte el valor propuesto o no asociado a las necesidades planteadas previamente. A continuación, se presenta la metodología que cuenta de 6 pasos estructurados:

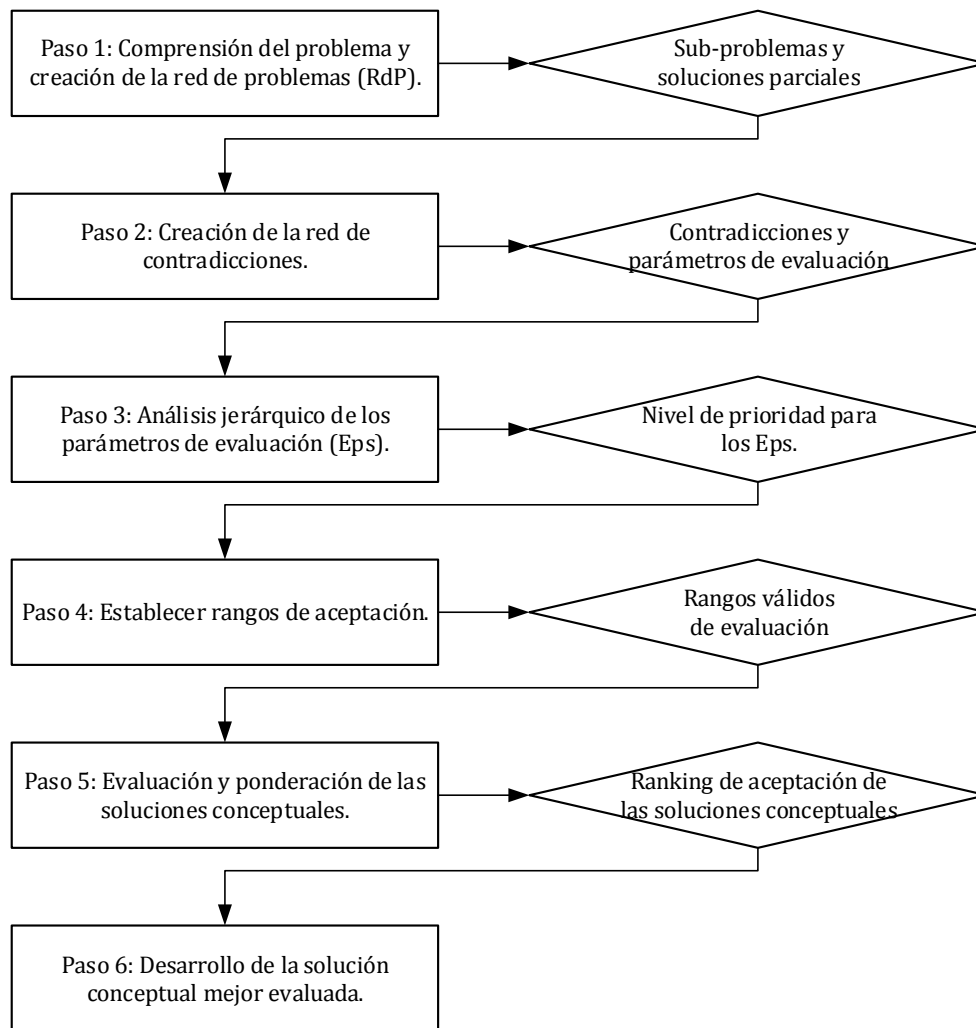


Figura 3. Diagrama correspondiente a los pasos de la metodología.



Paso 1

Creación de la red de problemas (RdP)

El modelo se presenta una vez que los tomadores de decisiones han establecido una estrategia de cambio a seguir para la mejora de la empresa. Como es de saber la selección de cualquier estrategia bajo análisis se verá asociada a los problemas que esta puede llevar consigo en la implementación, es por esto que se sugiere que junto con la utilización del método de OTSM-TRIZ, en específico, la creación de una Red de Problemas, así esta permitirá visualizar cuáles serán los parámetros en conflicto presentes en el caso. Adicionalmente, las soluciones conceptuales desarrolladas a través de OTSM-TRIZ deberán estar directamente relacionadas con el contexto en análisis, más aun considerando las limitaciones del caso, problemas que emergerán e impacto que tendrán dentro de la empresa. Dentro del marco de las soluciones parciales que ofrece la Red de Problemas, estas deben ser capaz de responder a uno a más de los parámetros en conflictos. Para su creación se definen los siguientes pasos:

- Identificar un problema específico o la situación de mejora que se desea implementar.
- Generar una lista de problemas y soluciones parciales, graficándolas en orden lógico y/o jerárquico. No se pueden repetir problemas ni soluciones parciales en el diagrama; en caso de ocurrir esto, sólo vincular con una flecha. Si se reconoce algún nuevo problema, los analistas deberán buscar la solución parcial para superarlo. A su vez, se deberá evaluar la generación de nuevos problemas, a raíz de la solución parcial encontrada.

Paso 2

Creación de la red de contradicciones (RdC)

Una vez que se tenga construida la Red de Problemas (RdP) será posible desarrollar la Red de Contradicciones (RdC), para definir una contradicción se debe utilizar una formalización del vocabulario, esto se puede realizar utilizando las siguientes preposiciones “Si se...”, “entonces...”, “pero...” donde:



- Si se; se utilizará con el parámetro que se desea mejorar.
- Entonces; con el beneficio que se obtendrá en relación al problema.
- Pero; será la limitante del problema mismo.

Por ejemplo, si el problema fuese que se desea una mesa liviana para su transporte y a la vez firme para su uso, la formalización del problema quedaría:

- Si se; disminuye el peso de la mesa
- Entonces; esta será más liviana
- Pero; perderá resistencia

Interpretándose que los valores en conflicto serán el peso de la mesa y la resistencia de esta.

Para el desarrollo de la Red de contradicciones se definirán en el lado izquierdo las soluciones conceptuales, donde se debe encontrar una manera de cuantificar estas existiendo la posibilidad de que esta aumente o disminuya, a esto se le llamará parámetros de control; al lado derecho irán los problemas parciales, los cuales al igual que el caso anterior deben ser posibles de cuantificar llamándose esto Parámetros de Evaluación (EPs), la interrelación se llevará a cabo considerando la implicancia que significa la modificación del parámetro de control versus el parámetro de evaluación y su efecto positivo o negativo al sistema, entendiendo que por cada contradicción se definirán los Parámetros de Control (PC) y los Parámetros de Evaluación, siendo estos los que formarán la Red de Contradicciones final [16].

Gracias al desarrollo de la Red de Contradicciones se podrá tanto para los desarrolladores de la solución como para los tomadores de decisiones, visualizar de una manera más completa e integral la(s) situación(es) descritas en el paso anterior (creación de la Red de Problemas) en términos de contradicciones; en caso de que no existan contradicciones será importante identificar de todas maneras los parámetros de evaluación debido a que estos serán utilizados en etapas posteriores para su correspondiente evaluación e interpretación.



Paso 3

Análisis jerárquico de los parámetros de evaluación (EPs)

Para realizar el paso correspondiente al análisis jerárquico, si bien existen ecuaciones y matrices asociadas se sugiere facilitar y unificar el trabajo por medio de los distintos programas disponibles para el fin, en este caso se utiliza un Excel preprogramado, el que permitirá procesar las distintas respuestas de los participantes.

Figura 4. Esquema de distribución del programa creado por <https://bpmsg.com/>

Los criterios a considerar serán los obtenidos previamente en la red de contradicciones, correspondiendo a los parámetros de evaluación (EPs) siendo comparados entre ellos como lo propone Saaty (1987) [20] en su tabla donde define el valor de 1 como igual de importancia entre los elementos, los números enteros como predominancia de relevancia del primer elemento o las fracciones 1/x como mayor importancia del segundo elemento.



Debido a la gran cantidad de información, detalles e implicancias que conocen y manejan los tomadores de decisiones es que se considera que estos son las personas idóneas para participar y contribuir en el análisis, es ideal también que estas sean las mismas que hayan participado previamente en la definición de la estrategia, como se entiende que el grado de importancia que le otorgue cada participante será bajo un criterio subjetivo

Paso 4

Establecer rango de aceptación

Los tomadores de decisiones, como los expertos serán los encargados de establecer lo que serán los rangos de aceptación para cada uno de los distintos parámetros de evaluación (EPs) identificados previamente gracias a la red de contradicciones, para fijar los rangos de aceptación los tomadores de decisiones se verán influenciados por las metas y objetivos de la empresa, tanto así como por las motivaciones que iniciaron un cambio dentro de la empresa. Estos se definirán con un valor mínimo, ideal o máximo; dependerá siempre de la situación que se esté considerando para saber si estos valores corresponden a un efecto positivo o negativo según lo esperado.

Una vez que los rangos estén establecidos se procede a evaluar estos con factores multiplicadores.

- Factor igual a 1, será cuando el valor evaluado coincida en su mayoría o totalidad con el valor expresado en el rango por el tomador de decisiones, se entenderá que este corresponde al valor óptimo para el correcto funcionamiento del sistema en estudio.
- Factor igual a 0.5; será cuando el valor evaluado coincida medianamente con el valor expresado en el rango por parte del tomador de decisiones, cumpliendo de manera no totalmente satisfactoriamente con lo esperado.
- Factor igual a 0, será cuando el valor evaluado definitivamente no cumpla con las expectativas del tomador de decisiones, entorpeciendo el correcto funcionamiento.

Se entiende que este proceso será subjetivo, pero también es aquí donde mayor se manifiesta las necesidades y responsabilidades que conocen y comparten los tomadores de decisiones.



Paso 5

Evaluación y ponderación de las soluciones conceptuales

Es en este paso se evalúa la toma de decisiones en base a una tabla que vinculará las soluciones conceptuales (SC), el peso de estas, sus valores asociados y la aceptación del tomador de decisiones. La tabla se presenta de la siguiente forma gráfica.

Tabla 2. Tabla para la evaluación y ponderación de las soluciones conceptuales obtenidas previamente RdP

	Evaluación				Aceptación		
	W	SC(1)	SC (...)	SC(m)	Sp1	Sp...	Sp(m)
EP(1)	w(1)	value(1,1)	Value (1...)	value(1,m)	1	1	1
EP(2)	w(2)	value(2,1)	Value (2...)	value(2,m)	1	0	0,5
EP(..)	w()	value(..,1)	Value (...)	value(..,m)	0	1	0
EP(n)	w(n)	value(n,1)	Value (n,..)	value(n,m)	1	1	1
				Prioridad	Suma(Sp(EP(1)))	Suma(Sp(EP...))	Suma(Sp(EP(m)))

En la tabla se diferencian cuatro secciones, la primera donde están ubicados los parámetros de evaluación; le sigue aquello antes mencionado como el “peso”, este valor se establece debido al análisis jerárquico realizado en pasos previos [20], en la tercera parte se evalúa como cumplen las soluciones parciales considerando los diferentes parámetros de evaluación; en la cuarta y última se observa que valor se obtiene con evaluaciones. Finalmente, la tabla presenta la prioridad asociada a cada solución parcial, este se obtiene de la suma de cada ponderado entre el peso y su grado de aceptación obtenido por cada solución parcial.

Paso 6

Desarrollo de la ingeniería de detalle

En este paso se desarrolla la ingeniería en detalle de la solución conceptual seleccionada con la mejor evaluación, es importante esta parte del trabajo pues es cuando se le entrega una conclusión final a la otra parte involucrada en el proceso (los tomadores de decisiones), será importante en esta el desarrollo de modelos 3D, prototipos y un resumen entregable capaz de concentrar toda la información utilizada para el desarrollo de la correcta solución para así facilitar la comprensión del trabajo realizado y las distintas variables que se manejaron en el transcurso del trabajo.



13 Caso de Estudio: Aplicación de la Metodología a empresas chilenas

En este capítulo se describe la aplicación de la metodología a dos diferentes empresas de nuestro país. La primera, AGROSUPER S.A., una de las empresas líderes a nivel nacional e internacional en la producción de proteína animal y con plantas de operación en distintas regiones del país; y la segunda Lipigas, al igual que la anterior con gran presencia a nivel nacional pero en la industria relacionada a la venta y distribución de gas en cilindros. Los desafíos planteados corresponden en ambos casos a la automatización de alguno de sus procesos en la cadena de suministros, al desarrollar la metodología se entregará al final una solución correspondiente a cada situación con diferentes estados de detalle para cada una de las empresas.

13.1 Aplicación en Agrosuper S.A

Como se ha ido mencionando a lo largo de la memoria, el modelo SCOR considera la totalidad de la cadena de suministro, no obstante, con vistas a ilustrar su aplicación, el presente caso de estudio se ceñirá a un aspecto muy concreto de las operaciones que acaecen en una cadena de suministro, como será automatizar el sistema de palletizado. En particular, el presente caso de estudio se realiza con una de las empresas productoras de proteína más importantes de América y el mundo, Agrosuper S.A. esta empresa luego de realizar un exhaustivo análisis de su cadena de suministros decide que una gran oportunidad de crecimiento y fortalecimiento de esta se desarrollará de la mano de la automatización en su sistema de palletizado, asegurando con esto, que se podrán mejorar tiempos de producción, índices de calidad, etc.

Se entenderá de esta forma que el estado ideal para la empresa corresponde a automatizar su sistema de palletizado, para analizar cómo se puede llevar a cabo este estado ideal y qué problemas pueden existir, es que se realiza la Red de Problemas.

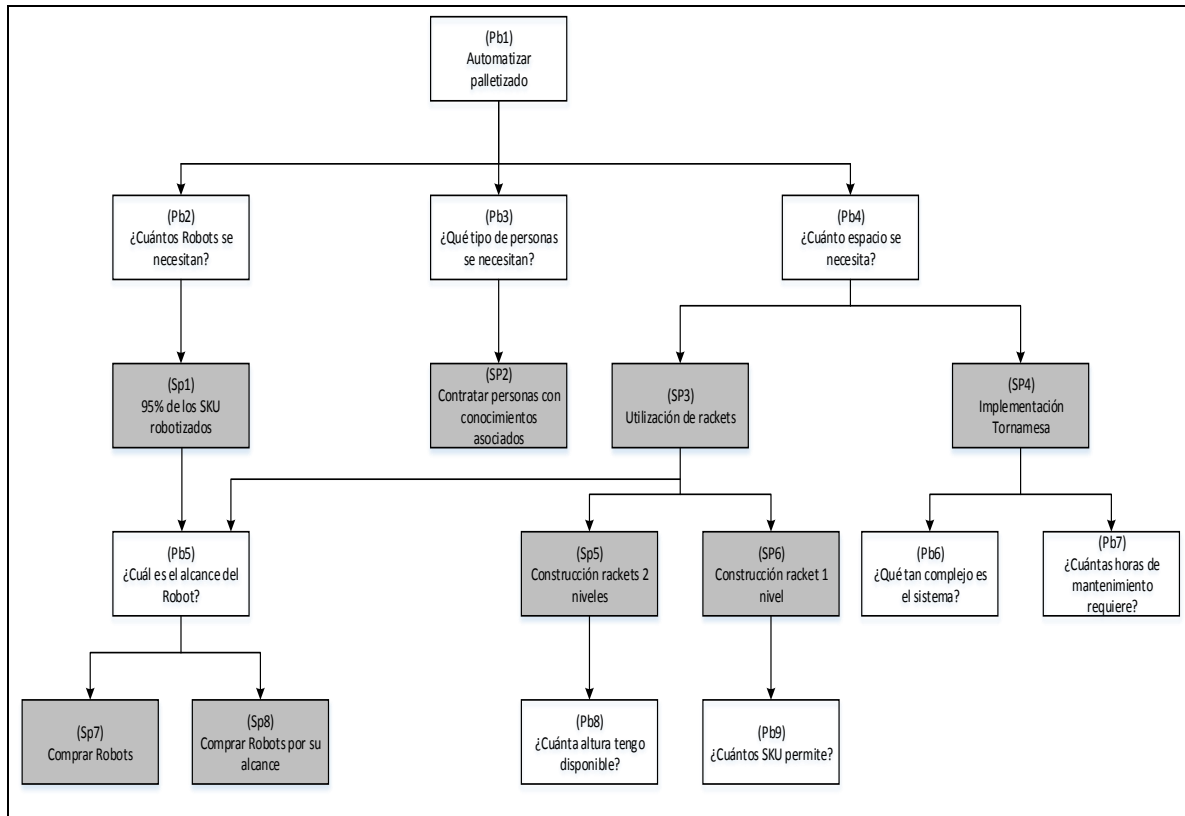


Figura 5. Desarrollo de la Red de Problemas de Agrosuper SA.

Posterior a esto es que se debe desarrollar la Red de Contradicciones (Paso 2) para el mejor análisis del caso y también la obtención de lo que serán los parámetros de evaluación (EPs). En esta oportunidad la Red de Contradicciones obtenida corresponde a la desarrollada en la figura siguiente.

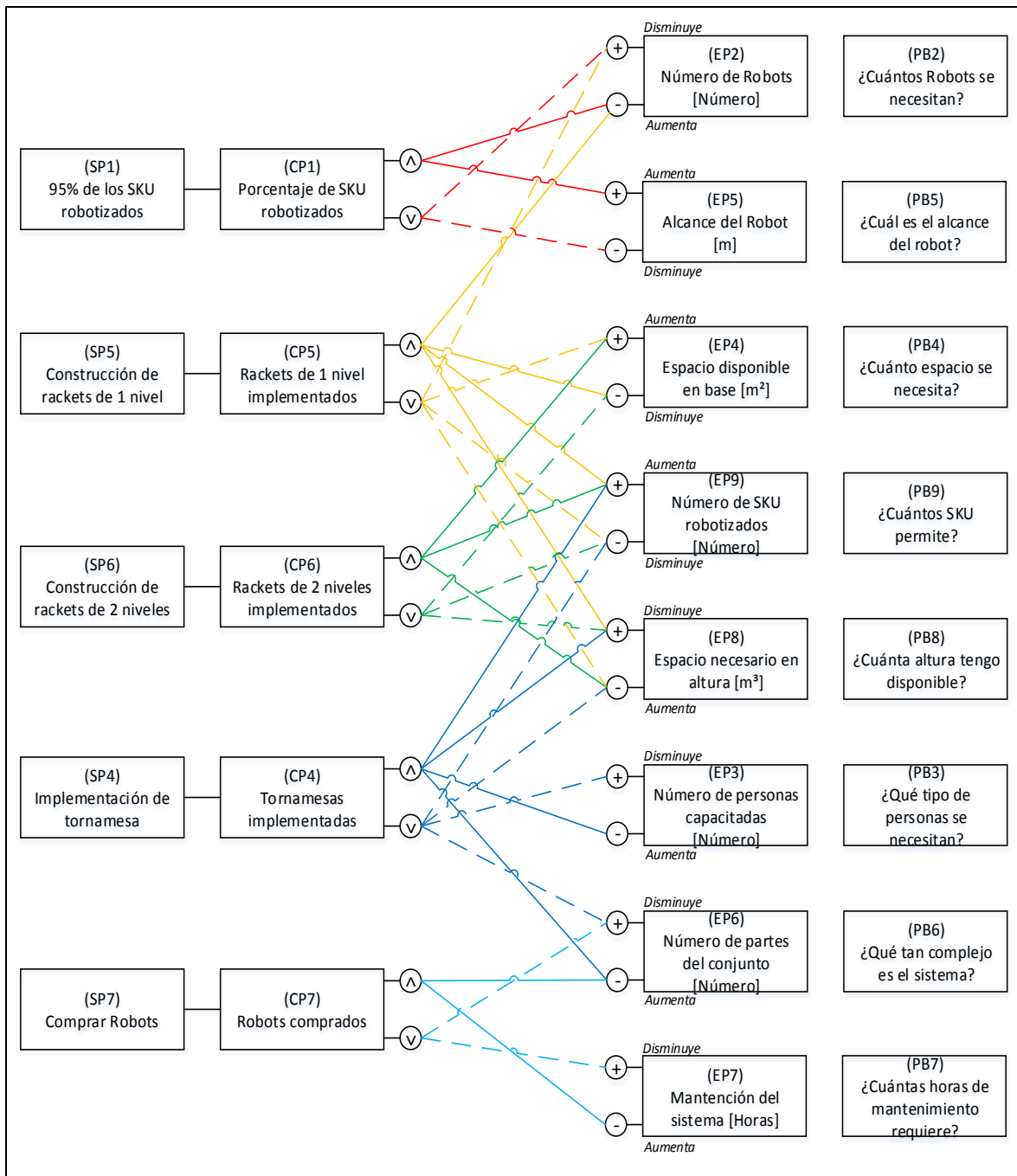


Figura 6. Desarrollo de la Red de Contradicciones del caso Agrosuper SA.

Como Paso 3, que corresponde al análisis jerárquico se les plantea a los tomadores de decisiones que deben comparar entre dos parámetro cual es más importante y en qué medida y así sucesivamente hasta completar la lista de parámetros de evaluación. De esto se obtendrá un radio de convergencia, si este cumple con los valores antes mencionado como admisibles se puede seguir trabajando con



estos pesos, de no ser así es necesario re-plantear los parámetros de conflicto. En este caso el peso que obtuvo cada uno de los parámetros se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 3. Pesos obtenidos por cada uno de los Parámetros de Evaluación según los tomadores de decisiones

Parámetro de Evaluación	W
(EP2) Número de Robots	18%
(EP5) Alcance del Robot	7%
(EP4) Espacio disponible en base	3%
(EP9) Porcentaje de SKU robotizados	42%
(EP8) Espacio necesario en altura	14%
(EP3) Número de personas capacitadas	3%
(EP6) Número de partes del conjunto	9%
(EP7) Mantención del sistema	5%
Total	100%

La tabla muestra que existe un RC de 10%, lo que significa que sus respuestas son admisibles y se puede confiar en la veracidad de los valores obtenidos. De la misma manera, en el paso 4 se le solicita a los tomadores de decisiones que establezcan rangos de aceptación fijando un valor máximo, un valor mínimo y un valor aceptable para los distintos parámetros de evaluación. Finalmente se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Rangos de Aceptación entregado por los tomadores de soluciones.

Parámetro de Evaluación	Mín.	Ideal	Máx.
(EP2) Número de Robots [#]	5	6	7
(EP5) Alcance del Robot [m]	3,1	3,5	3,9
(EP4) Espacio disponible en base [m ²]	680	700	720
(EP9) Porcentaje de SKU robotizados [%]	85	95	100
(EP8) Espacio necesario en altura [m]	2	3	5
(EP3) Número de personas capacitadas [#]	5	7	9
(EP6) Número de partes del conjunto [#]	15	18	45
(EP7) Mantención del sistema [horas]	2	3	4

Tres soluciones conceptuales fueron definidas acorde los parámetros de evaluación basándose en el principio de segmentación de la Teoría de Resolución de Problemas (TRIZ). En el paso 5 es donde se evaluarán las soluciones y se considerará el rango de aceptación del tomador de decisiones, esto se presenta de la siguiente forma. SC1 corresponde a la solución conceptual asociada a la implementación de una tornamesa capaz de separar previamente los distintos SKU para su robotización, SC2 corresponde a la construcción y uso de rackets de un nivel y SC3 a la implementación de rackets de 2 niveles para su clasificación por robot. La tabla entrega como resultado que aquella solución conceptual que satisface de mejor manera los requisitos de los

tomadores de decisiones corresponde a la SC1 (implementación de una tornamesa). Esta responde y se asocia al orden jerárquico previamente establecido por los tomadores de decisiones. Sus valores y criterios son presentados en la tabla 5.

Tabla 5: Soluciones conceptuales desarrolladas para paletizado.

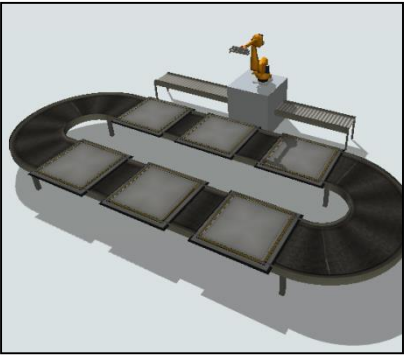
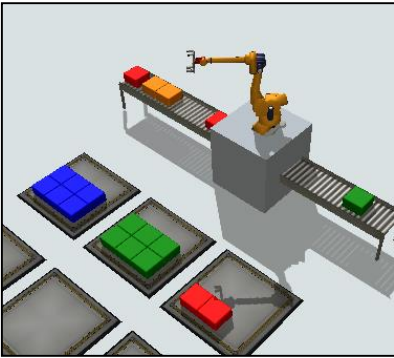
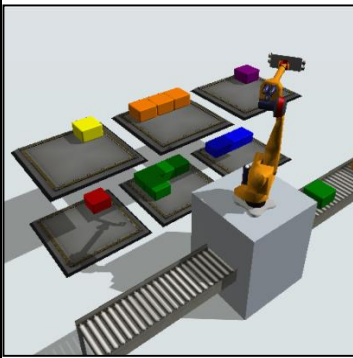
		
SC1: Mesa rotacional para el paletizado.	SC2: Paletizado basado en superficie	SC3: paletizado con rack a distintas alturas.

Tabla 6. Evaluación, comparación y ponderación de los resultados obtenidos.

	W	Evaluación			Aceptación			
		SC1	SC2	SC3	SC1	SC2	SC3	
(EP2)	18%	6	6	6	1	1	1	
(EP5)	7%	3,5	4,5	3,9	1	0	0,5	
(EP4)	3%	720	800	680	1	0	1	
(EP9)	42%	95%	65%	95%	1	0	1	
(EP8)	14%	2,5	2	4,5	1	1	0	
(EP3)	3%	8	5	5	1	1	1	
(EP6)	9%	41	18	28	0,5	1	1	
(EP7)	5%	4	2	2	1	1	1	
					TOTAL	0,965	0,490	0,835

El paso 6 se desarrolla facilitado por programas como lo son Flexsim, Inventor, editores de texto, etc; el resultado final se puede observar en los Anexos, donde está el informe final entregado a AGROSUPER S.A., detallando el trabajo realizado asociado a la solución conceptual número 1 (SC1), debido a que es esta la que presenta un mayor nivel de aceptación tanto por los pesos otorgados por los propios tomadores de decisiones como por el alcance que tiene con los parámetros de evaluación. Antecedentes en detalles sobre la aplicación de modelos de procesos y análisis de propuestas en detalle ver anexo.

13.2 Aplicación en LIPIGAS

Debido a constantes variaciones en las leyes laborales, condiciones de seguridad para los trabajadores y distintos otros factores, es que la empresa Lipigas comienza un estudio de factibilidad relacionado a la automatización de ciertos procesos en la cadena de suministros, es por esto que el caso a continuación corresponde a la etapa donde se lleva a cabo la colocación de sellos en las válvulas de los cilindros, sellos encargados de mantener y comprometer la calidad del producto hasta la entrega en los distintos puntos, ya sean para casas particulares u otros consumidores.

En este caso, similar al anterior se entenderá que el estado ideal corresponde a la automatización del sistema de posicionamiento de sellos, como es entendible, para esto existirán distintos escenarios, los que son presentados y entendidos gracias al desarrollo de la Red de Problemas (RdP caso completo en ANEXO N°16.2.1) a continuación se puede encontrar el desarrollo de dos casos, el primer caso a analizar correspondiente a la selección del sistema operacional que tendrá el agarre y el segundo a la selección del método de diseño para el dispensador de sellos.

13.2.1 Selección del sistema de agarre

Paso N°1 corresponderá a la creación de la RdP, a continuación se presenta un extracto de la RdP para la comprensión del caso referente a la selección del sistema a utilizar.

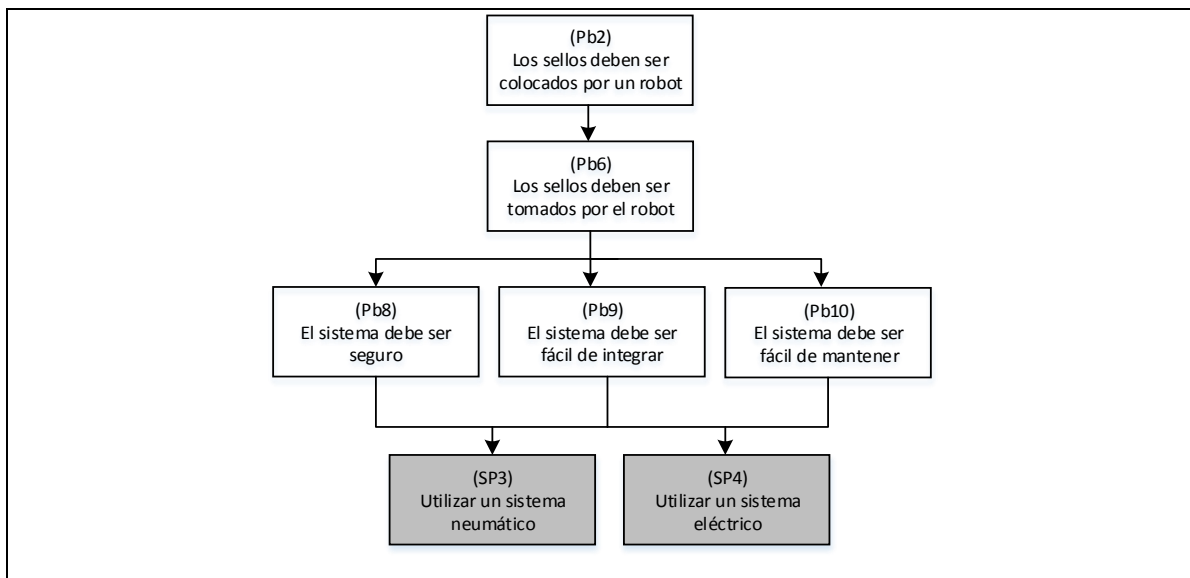


Figura 7. RdP correspondiente al caso del sistema de agarre a utilizar.



Según la metodología la continuación debiese ser la creación de la Red de contradicciones, la cual según el caso no se puede realizar ya que la RdP no presenta contradicciones por sí sola, debemos recordar que una contradicción se entiende como la existencia de dos elementos necesarios al mismo tiempo que se contraponen entre ellos. En este caso el problema se abarcará definiendo los parámetros de evaluación de cada uno de los problemas parciales para obtener así la jerarquización importancia.

Tabla 7. Peso de cada uno de los parámetros de valuación según los tomadores de decisiones.

Parámetro de Evaluación	W
(EP8) Probabilidad de generar un accidente	81%
(EP9) Modificaciones a la planta	11%
(EP10) Horas extra de mantención	7%
Total	100%

- EP8 Probabilidad de generar un accidente en ambiente explosivo → PB8 El sistema debe ser seguro.
- EP9 Número de modificaciones a la planta → PB9 El sistema debe ser fácil de integrar.
- EP10 Número de horas de mantención extra →PB10 El sistema debe ser fácil de mantener.

La tabla 7 se obtendrá un RC de 14%, considerándose un valor admisible, más aun considerando la existencia de pocos parámetros de evaluación relacionados. A continuación la participación de los tomadores de decisiones consiste en la definición de rangos admisibles, considerando el trabajo, la metodología y necesidad de valores exactos es que solo existirán las ponderaciones de ideal con factor de 1, siendo cualquier otro valor distinto con un factor de 0 para el ítem de seguridad.

Tabla 8. Rangos de aceptación entregados por los tomadores de decisiones.

Parámetro de Evaluación	Mín.	Ideal	Máx.
(EP8) Probabilidad de generar un accidente	NE	Baja	Alta
(EP9) Modificaciones a la planta	Medias	Menores	Mayores
(EP10) Horas extra de mantención	NE	Menores	Mayores

Se plantean dos soluciones conceptuales utilizando el principio de separación bajo condición donde se entiende que los parámetros en conflicto pueden ser separados cambiando las condiciones



predeterminadas de trabajo, en este caso un sistema neumático o un sistema eléctrico. En la siguiente tabla se evaluarán y luego ponderarán los pesos y respuestas de cada sistema para obtener la solución más óptima para el caso, obteniéndose que la solución que responde de mejor manera a las inquietudes planteadas y encuestadas a los tomadores de decisiones corresponde a la implementación de un sistema neumático (SP3)

Tabla 9. Evaluación, comparación y ponderación de los resultados obtenidos.

	Evaluación			Aceptación	
	W	SP3	SP4	SP3	SP4
(EP8)	81%	Baja	Alta	1	0
(EP9)	11%	Menores	Medias	1	0,5
(EP10)	7%	Menores	Menores	1	1
		TOTAL		100%	12,5%

El último paso correspondiente a la ingeniería de detalle consistirá en la determinación experimental de los elementos mínimos que debe contener el sistema neumático para su correcta puesta en marcha para lo que se realizan distintas pruebas hasta obtener un sistema capaz de generar el agarre correcto del sello y transportarlo hasta un siguiente punto para su depósito, más detalles del proceso, planos y documentación de las soluciones entregadas a la empresa es posible encontrarlos en los anexos.

13.2.2 Selección del método de diseño para el dispensador de sellos.

La metodología plantea como primer paso la creación de una RdP debido a que esto permitirá comprender de mejor manera el caso y con esto los valores que puedan estar en conflicto, a continuación se presenta la RdP correspondiente a la selección del método de diseño para el dispensador de sellos.

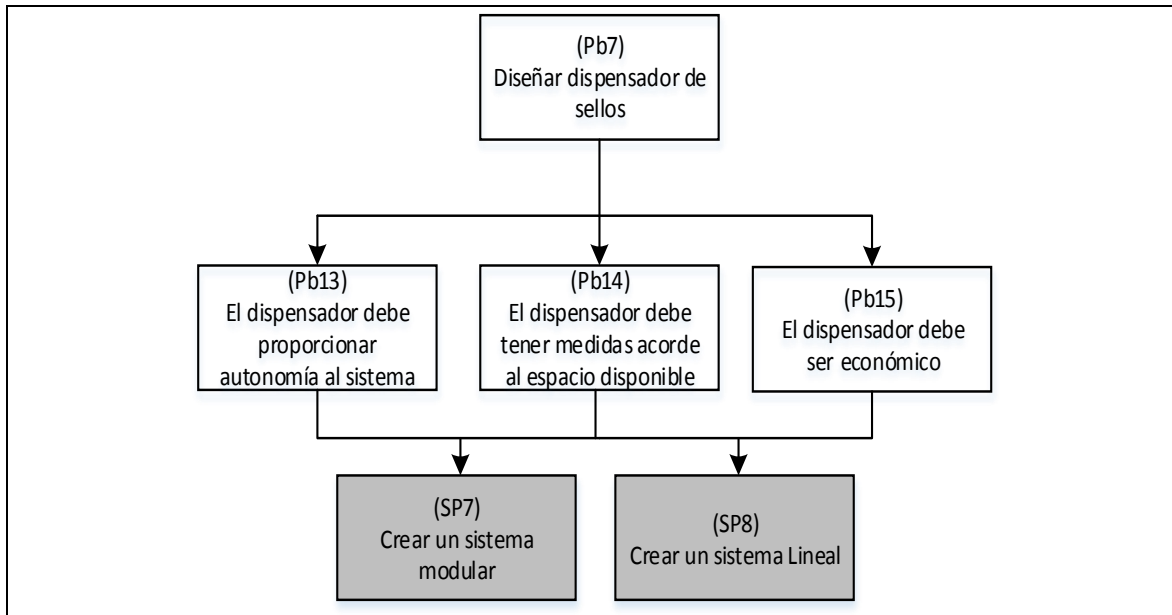


Figura 8. RdP correspondiente a la selección del método de diseño para el dispensador de sellos.

Como se vio en el caso anterior existen situaciones donde no se puede realizar la red de contradicciones ya que no existen estas entre los elementos, es por esto que se procede a dar parámetros de evaluación para cada problema parcial y así continuar con la metodología.

- EP13 Horas de autonomía → PB13 El dispensador debe proporcionar autonomía al sistema.
- EP14 Combinaciones para las medidas → PB14 El dispensador debe tener medidas acorde al espacio.
- EP15 Operaciones para la fabricación → PB15 El dispensado debe ser económico.

Tabla 10. Peso de cada uno de los parámetros de valuación según los tomadores de decisiones.

Parámetro de Evaluación	W
(EP13) Horas de autonomía	73%
(EP14) Combinaciones para las medidas	19%
(EP15) Operaciones para la fabricación	8%
<i>Total</i>	100%

En la tabla 10 se presenta el peso otorgado por los tomadores de decisiones utilizando la matriz de Saaty, el CR del caso corresponde a un 7% por lo que se consideran respuestas válidas y se continua con la aplicación, para lo que los mismos tomadores de decisiones deberán otorgar valores admisibles para los distintos parámetros de evaluación.



Tabla 11. Rangos de aceptación entregados por los tomadores de decisiones.

Parámetro de Evaluación	Mín.	Ideal	Máx.
(EP13) Horas de autonomía	0	1	NE
(EP14) Combinaciones para las medidas	0	Indef.	NE
(EP15) Operaciones para la fabricación	NE	Menores	Mayores

Una vez que se tienen estos valores se evaluarán las distintas soluciones conceptuales existentes, correspondiente a un diseño de tipo lineal o un diseño de tipo modular junto con comparar con los pesos otorgados anteriormente.

Tabla 12. Evaluación, comparación y ponderación de los resultados obtenidos.

	W	Evaluación		Aceptación	
		SP7 Mod	SP8	SP7	SP8
(EP13)	73%	Indef (>0)	1	1	1
(EP14)	19%	Indef	0	1	0
(EP15)	8%	Mayores	Menores	0	1
<i>TOTAL</i>				0,92	0,81

Del análisis antes realizado se concluye que la solución parcial más adecuada será la correspondiente a un diseño de tipo modular para el dispensador de sellos, esto debido a que posee una ponderación mayor al momento de realizar la evaluación, para el paso 6 se utilizan programas como Inventor para desarrollar los modelos 3D junto con sus correspondientes planos además de prototipar por técnicas de manufactura rápida distintos elementos que permitan una mejor comprensión del sistema a utilizar además de en posterioridad poder usar estos como prototipos, más detalles se pueden encontrar en los anexos correspondiente al informe entregado a LIPIGAS.



14 Conclusiones Metodológicas

La propuesta metodológica en este trabajo de título tiene como objetivo apoyar el proceso de análisis para definir cuál es la solución conceptual más apropiada para lograr un mejoramiento empresarial de manera efectiva y direccionada en la práctica, además de proponer soluciones conceptuales y aplicables a diversos escenarios durante el proceso de análisis, permitirá también desarrollar un análisis detallado de los requisitos y prioridades de los tomadores de decisiones al momento de la selección de una solución conceptual para su posterior implementación en el contexto empresarial. A través de la creación de la RdP, los tomadores de decisiones pueden comprender cuáles son las limitaciones, dado el estado actual de su empresa, además de proponer soluciones parciales que tengan un impacto positivo. La RdP funciona como un árbol causa-efecto, el cual permite anticipar potenciales problemas antes de que sucedan en la realidad, de esta manera el tomador de decisión puede contar con soluciones parciales que apoyen sus estrategias de implementación ante distintos tipos de situaciones. Ahora bien, debido a que el número de problemas y soluciones que se pueden generar durante el análisis puede ser elevado, se ha utilizado AHP, técnica que permite identificar las variables más relevantes que los tomadores de decisión deben enfrentar y adoptar. La generación de contradicciones múltiples ayuda a entender y facilitar el proceso resolutivo para la posterior toma de decisiones de una manera más objetiva y estructurada, en caso de no existir estas, se debe de igual manea encontrar parámetros de evaluación para los distintos casos. Para la validación de soluciones, se han monitoreado distintos parámetros de evaluación que han emergido permitiendo cuantificar el impacto de las soluciones conceptuales. En otras palabras, la RdP permite al tomador de decisiones y comprender que cada solución tendrá implicancias en otras áreas. Finalmente, una correcta interpretación de los requisitos al momento de integrar una nueva solución conceptual a la cadena de suministros puede significar el éxito de esta. En el caso de estudio, la metodología ha ayudado a la empresa a definir mejor su estrategia para la incorporación de tecnologías en su cadena de suministro interna tanto en AGROSUPER como LIPIGAS, si bien ambos son proyectos en estudio se han obtenido soluciones acorde a los intereses y prioridades de los tomadores de decisiones.



15 Bibliografía

- [1] Cagliano, R., Acur, N. and De Boer, H. Patterns of change in manufacturing strategy configurations. *International Journal of Operations and Production Management*, 27(7), pp. 701-718, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570510605108>
- [2] Thonemann, U. and Bradley, J. The effect of product variety on supply-chain performance. *European Journal of Operational Research*, 143(3), pp. 548-569, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00343-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00343-5)
- [3] Braunscheidel, M. and Suresh, N. The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of Operations Management*, 27(2), pp. 119-140, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2008.09.006>
- [4] La Londe, B. and Masters, J. Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the next century. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 24(7), pp. 35-47, 1994. <http://dx.doi.org/10.1108/09600039410070975>
- [5] New, S. The scope supply chain management research. *Supply chain management: An International Journal*, 2(1), pp. 15-22, 1997. <http://dx.doi.org/10.1108/13598549710156321>
- [6] Tan, K., Hanfield, R. and Krause, D. Enhancing firm's performance through quality and supply base management: An empirical study. *International journal of production research*, 36(10), pp. 2813-2837, 1998. <http://dx.doi.org/10.1080/002075498192490>
- [7] Stewart, G. Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework. *Logistics Information Management*, 10 (2), pp. 62-67, 1997. <http://dx.doi.org/10.1108/09576059710815716>
- [8] De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P. A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(2), pp. 75-89, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00028-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00028-9)
- [9] Tsoukiás, A. From decision theory to decision aiding methodology. *European Journal of Operational Research*, 187(1), pp. 138-161, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.02.039>
- [10] Beamon, B. M. Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), pp. 281-294, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00079-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00079-6)
- [11] Altshuller, G. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*. Rusia: Gordon and Breach Science Publishers
- [12] Baldussu, A., Becattini, N. and Cascini, G. Network of contradictions analysis and structured identification of critical control parameters, *Procedia Engineering*, 9, pp. 3-17, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.096>
- [13] Mueller, S. The TRIZ Resource Analysis Tool for Solving Management Task: Previous Classification and their Modification. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), pp. 43-58, 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8691.2005.00324.x>
- [14] Ruchti, B., & Livotov, P. TRIZ-based innovation principles and a process for problem solving in business and management. *The TRIZ Journal*, 1, pp. 677-687, 2001.
- [15] Stratton, R., & Warburton, R. D. The strategic integration of agile and lean supply. *International Journal of Production Economics*, 85(2), pp. 183-198, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00109-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00109-9)
- [16] Cavallucci, D. and Khomenko, N. From TRIZ to OTSM-TRIZ: addressing complexity challenges in inventive design. *International Journal of Product Development*, 4(1/2), pp. 4-21, 2007. <http://dx.doi.org/10.1504/IJPD.2007.011530>



- [17] Khomenko, N., De Guio, R., Lelait, L. and Kaikov, I. A framework for OTSM-TRIZ Based Computer Support to be used in Complex Problem Management. International Journal of Computer Applications in Technology, 30(1-2), pp. 125-136, 2007. <http://dx.doi.org/10.1504/IJCAT.2007.015700>
- [18] Saaty, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1), pp. 9-26, 1990. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- [19] González-Prida, V., Gómez, J., & Crespo, A. Practical application of an Analytic Hierarchy Process for the improvement of the warranty management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 17(2), pp. 163-182, 2011. <http://dx.doi.org/10.1108/13552511111134592>
- [20] Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), pp. 83-98, 2008. <http://dx.doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759>
- [21] Borgianni, Y., Frillici, F. S., & Rotini, F. (2015). Integration of OTSM-TRIZ and Analytic Hierarchy Process for choosing the right solution. Procedia Engineering, 2015, vol. 131, p. 388-400. <http://dx.doi:10.1016/j.proeng.2015.12.431>

16 Anexos

16.1 Desarrollo caso AGROSUPER

Agrosuper S.A.

Robotización Paletizado Planta Rosario

Introducción

Agrosuper, como una de las principales productoras de proteína animal de Chile y con gran presencia en el mercado mundial, cuenta hoy en día en la Planta Rosario con una producción de 30.000 cajas \pm 110 SKU en 21 horas, números que hacen a la empresa considerar la opción de un sistema de automatización del sector de packing.

En consideración del problema se tiene que existen alrededor de 109 SKU distintos de los cuales 29 no alcanzan a completar sus pallets debido a la baja frecuencia de producción que presentan.

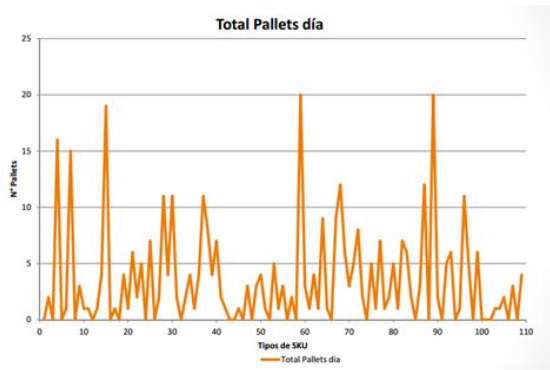


Gráfico 1: Número de pallets por cada SKU.

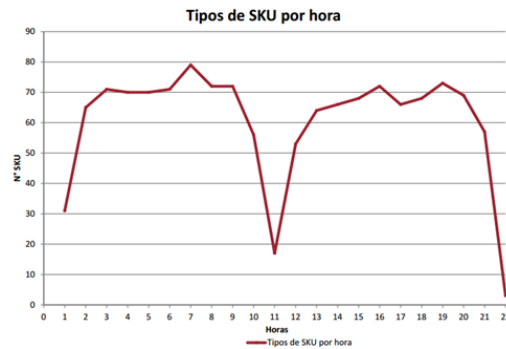


Gráfico 2: SKU presentes en cada hora.

En la línea de producción puede ocurrir que se presenten ± 79 SKU en una hora, de los cuales al menos 10 vendrán menos de 2 cajas de producto por hora.

Algunos antecedentes de producción interesantes a considerar son:

Volúmenes descarga Máx. Cartón Freezer's	Cajas/hora	Cajas/min
Descargas CF1	672	11,2
Descargas CF2	768	12,8
Descarga total	1440	24,0

Para comenzar a plantear se determina que **70 SKU corresponden al 95% de la producción**, centrándose en esto las posibles soluciones y sugiriendo el uso de Vehículos AGV para el 5% de la producción restante.

Se considerará un Robot KR 120 R3200 PA (KR QUANTEC), cuyas características se detallan a continuación:

KR 120 R3200 PA (KR QUANTEC)

Son idóneos para cumplir las exigencias del paletizado y son capaces de apilar cargas de 120 kg a gran altura con alcances de 3200 mm.



Los alcances que tiene el proyecto consisten en suministrar un sistema robotizado para el paletizado, lo que contempla la ingeniería, suministro y puesta en marcha, bajo la modalidad "llave en mano".



Cargas

Carga	120 kg
Carga adicional	50 kg

Zona de trabajo

Máx. alcance	3195 mm
--------------	---------

Otros datos y modelos

Número de ejes	5
Reptibilidad	$\pm 0,06$ mm
Peso	1075 kg
Posiciones de montaje	Suelo
Unidades de control	KR C4
Costo Mercado	\$\$



Solución Técnica 1

SOLUCIÓN TÉCNICA 1	
Robot	Nivel del suelo (sobre línea de productos)
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU
	6 Pallet sin Movimiento a nivel de suelo
Output	Robot clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Alcance limitado del brazo del Robot en pallets posteriores·Velocidad del Robot puede no ser la adecuada para cada pallet·Posible auto-colisionamiento del Robot debido a la base que posee.·Velocidad de la línea puede ser más rápida que el robot·Complejidad en el retiro de pallets llenos·Imposibilidad de ingreso directo de la grúa Horquilla para el retiro de los pallets de la zona anterior.

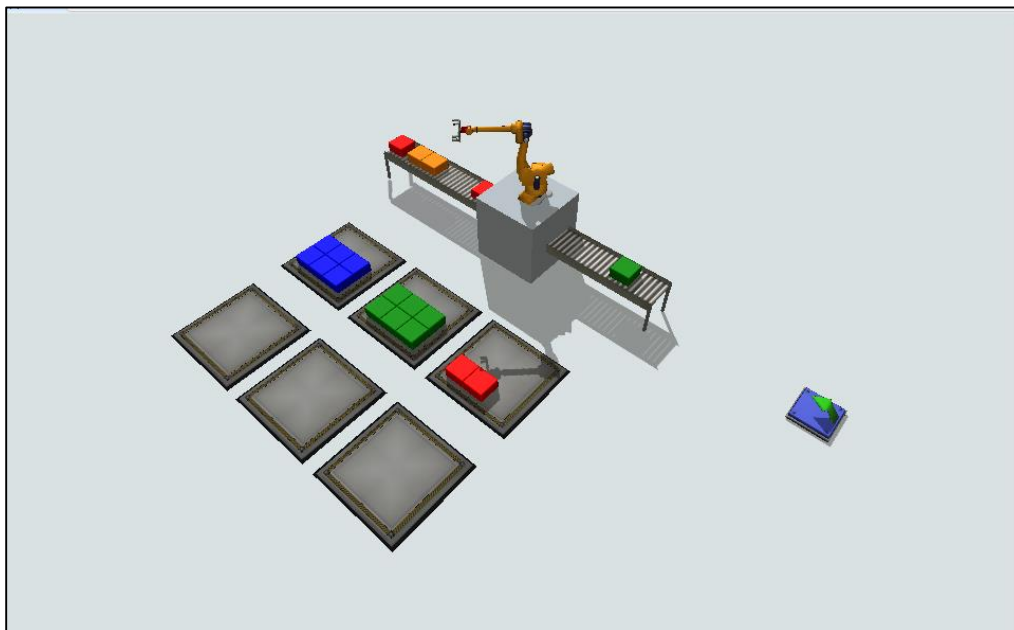


Imagen 1: Simulación realizada en FlexSim correspondiente al Test 1.

Solución Técnica 2

SOLUCIÓN TÉCNICA 2	
Robot	Nivel del suelo (sobre línea de productos)
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU Pallet sin movimiento distribuidos tres en un primer piso y tres en un segundo piso (Rack)
Output	Robot clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Alcance del brazo del Robot en esquinas de pallets inferiores·Velocidad del Robot·Auto-colisionamiento del Robot debido a la base que posee.·Velocidad de la línea·Facilidad para el retiro y reposición de pallets completos

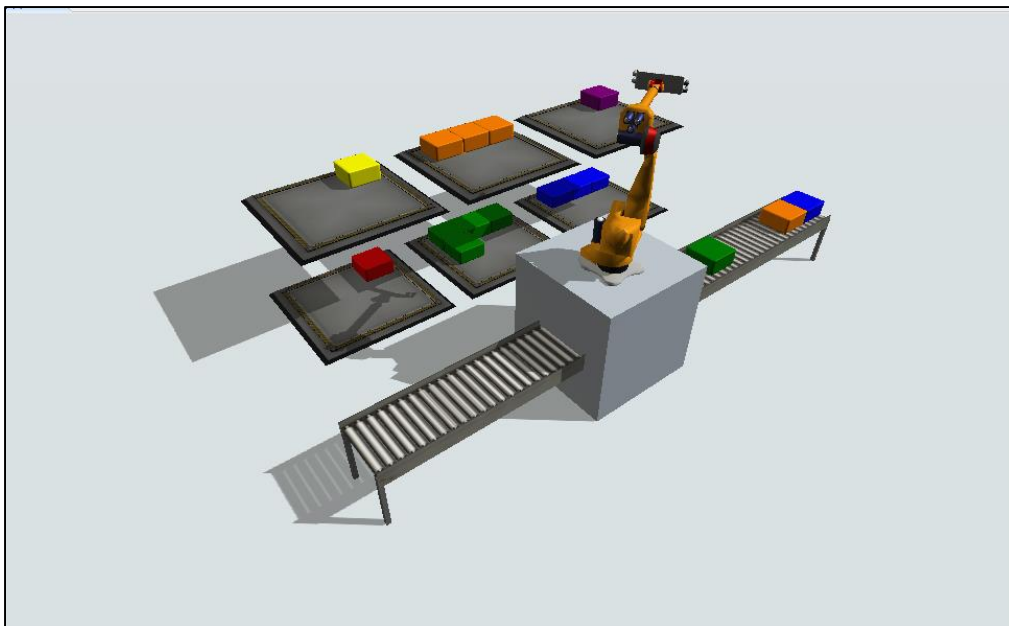


Imagen 2: Simulación realizada en FlexSim correspondiente a la Solución Técnica 2.

Solución Técnica 3

SOLUCIÓN TÉCNICA 3	
Robot	Rígido con fijación al techo.
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU Pallet sin movimiento distribuidos tres en un primer piso y tres en un segundo piso (Rack)
Output	Robot clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Alcance del Robot esquinas pallets inferiores·Velocidad del Robot·Velocidad de la línea·Estructura soporte para el Robot·Altura del lugar

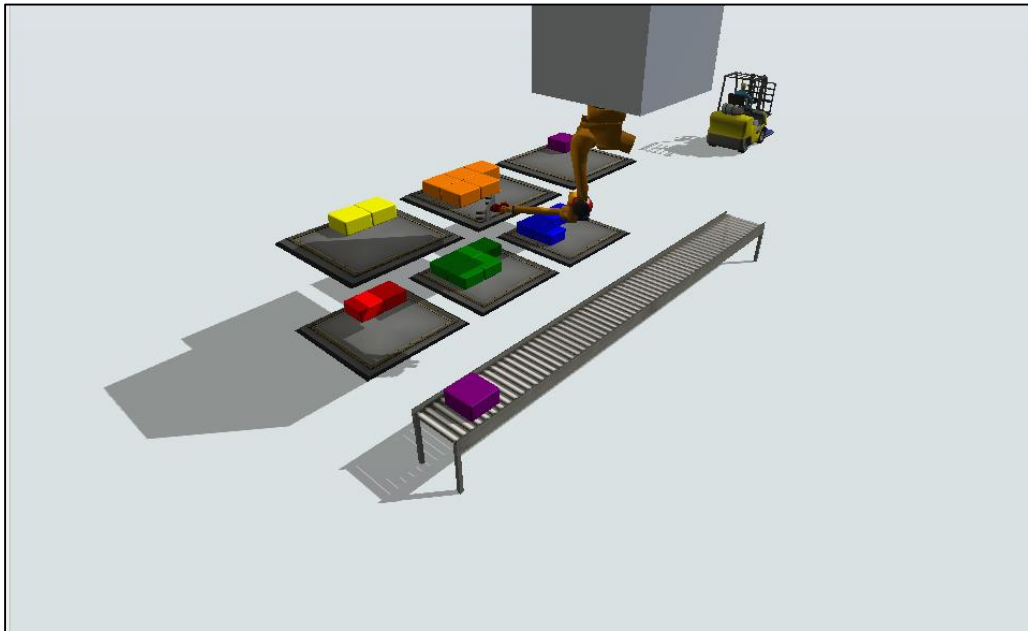


Imagen 3: Simulación realizada en FlexSim correspondiente al Test 3.

Solución Técnica 4

SOLUCIÓN TÉCNICA 4	
Robot	Rígido con fijación al techo.
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU Pallet sin movimiento a nivel de suelo
Output	Robot clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Alcance del Robot esquinas pallets posteriores·Velocidad del Robot·Velocidad de la línea·Estructura soporte para el Robot·Complejidad en el retiro de pallets llenos·Altura del lugar

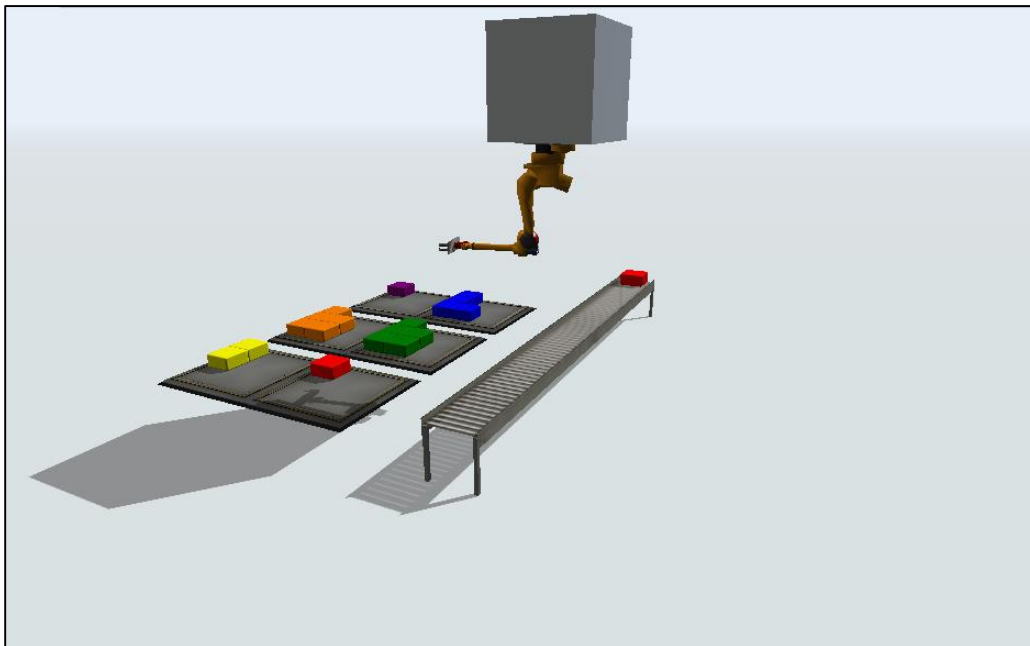


Imagen 4: Simulación realizada en FlexSim correspondiente a la solución técnica (4).

Solución Técnica 5

SOLUCIÓN TÉCNICA 5	
Robot	Nivel de suelo (sobre línea de producción)
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU Pallets sobre sistema de giro, se considera los pallets más cercanos al robot los que tendrán mayor frecuencia de llenado
Output	Robot clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Velocidad del Robot·Velocidad de la Línea, considerando los múltiples giros que darán los pallets puede existir una posible detención de esta.·Altos costos asociados a la implementación y mantención del sistema.·Difícil visualización y programación del sistema en FlexSim.·Auto-colisionamiento del Robot debido a su ubicación.·Dificultad para el retiro de pallets completos.·Compleja programación y sentido de los giros que deberá realizar la tornameasa.

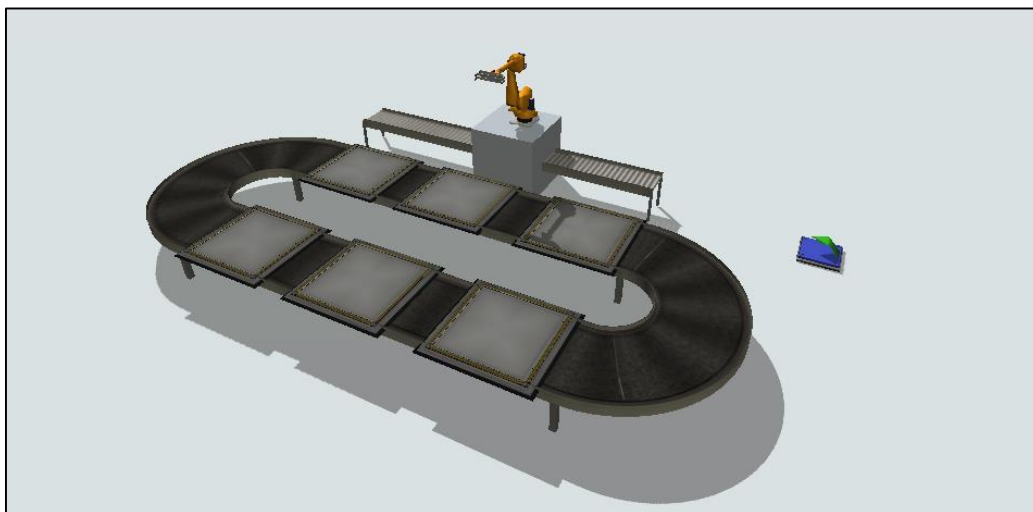


Imagen 5: Simulación realizada en Flexsim correspondiente a la solución técnica (5).

Solución Técnica 6

SOLUCIÓN TÉCNICA 6	
Robot	Reemplazo por Crane
Producto	6 SKU distintos
Pallets	6 SKU Pallet sin movimiento a nivel de suelo
Output	Crane clasifica los pallets acorde SKU establecido.
Consideraciones	<ul style="list-style-type: none">·Velocidad del Crane·Velocidad de la línea·Estructura soporte para el Crane·Complejidad en el retiro de pallets llenos·Altura del lugar·Implementación de una estructura considerando los nuevos ejes agregados.

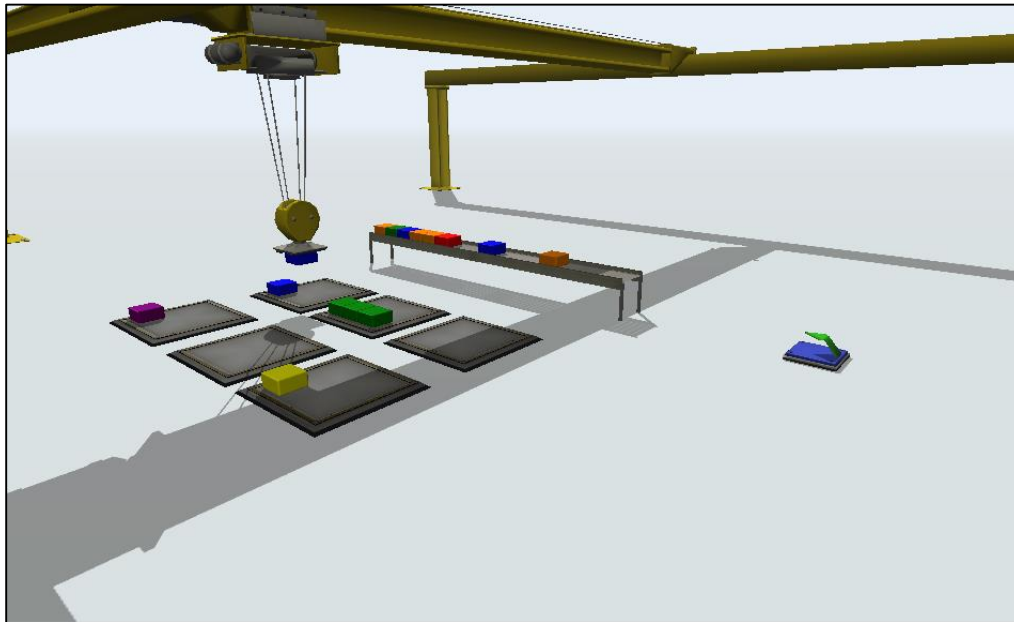


Imagen 6: Simulación realizada en FlexSim correspondiente a la Solución Técnica (6).

Clasificación de los requisitos relativos a funciones útiles

A continuación se realiza un análisis comparativo entre dos potenciales soluciones para entender de manera más adecuada el contexto de las soluciones planteadas.

Parámetro	Especificación	SOL(1):Pallets Móviles	SOL(2):Pallets Estáticos
	Cantidad de Producto	El robot tiene directo alcance solo a 3 pallets para depositar el producto.	El robot posee un directo alcance a cualquiera de los 6 pallets de recolección.
	Calidad del Producto	La distribución de los pallets no afectará a la calidad del producto final.	La distribución de los pallets no afectará a la calidad del producto final.
Adaptabilidad	Versatilidad	Al depender de una tornamesa el tipo de llenado se limitará a las dimensiones y características que entregue esta.	Al estar de forma estática la distribución de los pallets no afectará la capacidad de llenado de estos.
	Robustez	La distribución de los pallets no afectará a los distintos inputs.	La distribución de los pallets no afectará a los distintos inputs.
Sensibilidad a las condiciones externas	Perturbación externa – Calidad	Más probabilidad de falla dada la complejidad	Menos probabilidad de falla
	Perturbación externa – Cantidad	En caso de existir un desperfecto en la plataforma móvil solo se podrán continuar utilizando los espacios de llenado de los 3 pallets más cercanos al robot, perdiéndose los 3 posteriores.	Depende de la logística de los pallets
Controlabilidad	Control de calidad	No afecta	No afecta
	Control de cantidad	La tornamesa estará diseñada para un número en específico de pallets los que no permitirá la variación de estos.	Como la variación solo se verá afectada por la programación del robot está es fácil de modificar para un control de cantidad.

Tabla N°1: Clasificación de requisitos relativos a funciones útiles.



Clasificación de los requisitos relativos a Funciones Nocivas

Parámetro	Especificación	SOL(1):Pallets Móviles	SOL(2):Pallets Estáticos
Sistema Técnico - Objeto	Integridad del Producto	No afecta	No afecta
	Residuos del Producto	No existen	No existen
Medio Ambiente - Objeto	Sensibilidad a las condiciones externas Críticas	Más probabilidad de falla de la operación	Menos probabilidad de falla de la operación
Objeto - Sistema Técnico	Resistencia Mecánica	Aplicará según las características impuesta por la correa	En caso de ser un RAC será según los materiales de los que esté fabricado. La mayor resistencia será asociada a una base de suelo firme
	Resistencia al uso	El desgaste es mucho más rápido debido a las múltiples rotaciones que existen	Existe un desgaste mínimo pues no existen superficies en fricción constante
S. Técnico - S. Técnico	Confiabilidad	Existen múltiples puntos de falla, correa, patas de la correa, coordinación robot-correa, etc., lo que hace disminuir su confiabilidad	Mayormente asociadas al robot
	Vida esperada del Sistema	Corta	(suelo) Infinita (RACK) Elevada
M. Ambiente - S. Técnico	Resistencia a la Corrosión	Alta, se trata de un ambiente por excelencia húmedo	Alta, se trata de un ambiente por excelencia húmedo
	Resistencia a condiciones críticas externas	Riesgosa, es de recordar que el trabajo puede realizarse en sectores de temperaturas bajas donde la lubricación del sistema será distinta.	Menos riesgosa



S. Técnico - M. Ambiente	Ruido en la producción	Cada Giro significará un ruido asociado lo que se aumentará con las distintas plataformas	Normal
	Polución al M.A.	Fugas del Lubricante robot y rodillos	Solo robot
	Seguridad del Usuario	Existe posibilidad de atrapamiento	(RACK) Colapso del material
	Comodidad y Ergonomía	Menor comodidad (retiro de pallets), ergonomía cuestionable (se deben considerar los bordes curvos asociados a la tornamesa)	Comodidad para el retiro de Pallets llenos, ergonomía según distribución

Tabla N°2: Clasificación de requisitos relativo a funciones nocivas.

Clasificación de los requisitos relativo al consumo de recursos

Parámetro	Especificación	SOL(1):Pallets Móviles	SOL(2):Pallets Estáticos
Espacio	Accesibilidad	Compleja	Más simple
	Área utilizada	Lineal más bordes de giro	Mayor espacio disponible para operaciones
	Capacidad de Almacenamiento	12 SKU por robot	12 SKU por robot
	Espacio requerido para la Instalación	Mayor a nivel de suelo, menor en altura	Menor a nivel de suelo, mayor en altura
	Espacio requerido para la desmantelación	Alto	Bajo (Estructura modular)
Tiempo	Rapidez en la entrega de la función	Tiene procesos intermedios que interfieren en la rapidez	Menos tiempo para posicionar los distintos SKU
	Tiempo para la mantención	Mayor	Menor
	Número de Procesos	Posicionamiento de cajas y giros de los pallets	Solo posicionamiento de cajas



	Tiempo para montaje	Mayor	Menor
	Tiempo de desmontaje	Mayor	Menor
	Disponibilidad	Menor, es necesario mandar a hacer una estructura acorde a las necesidades	Mayor
Información	Conocimiento del Usuario	Se necesita un mayor conocimiento de programación para asociar los movimientos del robot a la tornamesa	Conocimientos asociados a la programación del robot en movimientos básicos.
	Competencia de los mantenedores	Necesita un mayor nivel de expertise para la correcta mantención	Nivel programador normal
	Facilidad de uso	Mayor complejidad	Menor complejidad
	Facilidad de Instalación	Compleja Instalación	Fácil instalación
	Facilidad de Desinstalación	Compleja Desinstalación	Fácil desmantelación
	Facilidad de Actualización	Complejo proceso de Actualización, contempla cambios físicos y en la programación	Fácil Actualización, contempla cambios a nivel de programación del Robot
	Complejidad	Sistema más complejo con muchas etapas	Sistema de menos complejo con menos etapas
	Material	Independencia de otros productos	Sensor de posicionamiento. Dependencia de la programación, motor de giro, etc. Robot y yales
Reutilización de las partes		Compleja por el desgaste que adquieren el sistema de giro. Desgaste robot	Desgaste solo robot
Reutilización del sistema		Expansión y consideración de	Creación de RACK acorde los distintos pallets



		una nueva correa transportadora	
	Disponibilidad del material	Difícil de encontrar los sistemas de movimiento en el mercado.	Solo repuestos de robot
Energía	Energía requerida para trabajar	Eléctrica robot y mesa giratoria	Solo robot
	Dependencia de un cierto tipo de energía	Eléctrica	Electricidad
	Número de Transformaciones	Al menos 2	Solo 1.
	Eficiencia	Menor	Mayor
	Número de Trabajadores	Programador Mantenedor Operario Operario Grúa	Programador Mantenedor Operario Operario Grúa

Tabla N°3: Clasificación de requisitos relativo al consumo de recursos.



Tipos de Paletizado

Actualmente la empresa Agrosuper cuenta con trece (13) tipos de paletizados, cada uno asociado a los distintos tamaños de cajas y un máximo de estas que se pueden apilar las características de estos se presentan a continuación.

Pallets	Tamaño Cajas [mm]			Cajas x piso	Máximo Apilable	Total Cajas x Palet	Altura Palet
	X	Y	Z				
Tipo 1	600	400	150	5	9	45	1350 [mm]
Tipo 2	465	265	210	8	7	56	1470[mm]
Tipo 3	540	305	160	8 (6)	9	68	1440[mm]
Tipo 4	540	320	110	5	15	75	1650[mm]
Tipo 5	520	270	140	9	11	99	1540[mm]
Tipo 6	470	240	190	8 (7)	7	50	1330[mm]
Tipo 7	450	420	165	14	10	64	1680[mm]
Tipo 8	395	290	90	8 (7)	15	120	1350[mm]
Tipo 9	520	290	120	8 (6)	12	94	1440[mm]
Tipo 10	520	290	120	6 (5)	11	56	1320[mm]
Tipo 11	520	290	120	20	12	80	1440[mm]
Tipo 12	540	320	100	6 (5)	10	58	1000[mm]
Tipo 13	470	240	190	8 (7)	7	53	1330[mm]

Tabla N°4: Características de los tipos de paletizados.

Es de considerar que los palet poseen una base uniforme de 1[m]x1,2[m], los datos que entrega la tabla con respecto a la altura serán fundamentales en la toma de una decisión con respecto a las distintas soluciones propuestas.

Se determina cuantos SKU existen asociados a cada tipo de paletizado obteniendo el siguiente resultado:

N°	Producto	T.P.	N°	Producto	T.P.	N°	Producto	T.P.
1	B B Ribs 16a 20 oz(Gordo)	4	37	Lomo MM Loin L	4	73	Pierna Pernil pierna	1
2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	1	38	Lomo MM Loin S	4	74	Pierna Pierna Repasada	1
3	Cabeza Forro sin oreja	1	39	Lomo vetado bajo 2,0	8	75	Plancha 80	1
4	Cabeza normal (Gordo)	1	40	Lomo vetado sobre 2,0	5	76	Plancha Cuero 20	1
5	Cabeza Oído Medio	1	41	Paleta Forro Paleta	1	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	1
6	Cabeza Oreja	1	42	Paleta Hueso húmero	1	78	Plancha Cuero Papada CP	1
7	Cabeza Partida	1	43	Paleta sin plateada	1	79	Plancha despunte (Gordo)	4



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

8	Carne recuperada Carne recuperada cer	1	44	Paleta sin plateada	1	80	Plancha Gordura lomo tocino	1
9	Carne recuperada MDM	1	45	Patas - Manos Mano B	1	81	Plancha Gordura lomo tocino	1
10	Chuleta B B Ribs 20 a 24 oz	4	46	Patas - Manos Manos	1	82	Plancha Gordura rebaje	1
11	Chuleta B. B Ribs 24 Oz UP	4	47	Patas - Manos Manos	1	83	Plancha Lomo tocino	1
12	Chuleta Baby Back Ribs grado B	1	48	Patas - Manos Patas	1	84	Plancha Lomo tocino	1
13	Chuleta centro	1	49	Patas - Manos Patas	1	85	Plancha Malaya Japón vp	8
14	Chuleta Hueso cogote	1	50	Patas - Manos Patas B	1	86	Plancha Papada Korea	1
15	Chuleta Hueso Tira (HK)	1	51	Pecho An Pan f 30 gr	7	87	Pulpa paleta pimentada	2 (10)
16	Chuleta Resto Back Ribs	4	52	Pecho Antic Ton-Karubi 35g	7	88	Pulpa paleta Plateada de lomo	11
17	Chuleta Resto Tira Hso Cerdo	1	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	2 (10)	89	Pulpa pierna 59	1
18	Chuleta vetada rep.	1	54	Pecho hueso	4	90	Pulpa pierna 59	1
19	Cola normal	4	55	Pecho Panceta	2 (10)	91	Pulpa pierna Abastero 85	1
20	Costillar 79	1	56	Pecho Panceta Laminada (MM,PP)	2 (10)	92	Recortes Carne de longaniza	1
21	Costillar hueso	1	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	2 (10)	93	Recortes Carne de longaniza	1
22	Cuero Papada CP	1	58	Pecho Panceta sin cuero korea	2 (10)	94	Recortes Carne de longaniza	1
23	Esternon Bone	4	59	Pecho Panceta sin cuero korea	2 (10)	95	Recortes Entrañas	1
24	Ganso c/a c/abast CG	6	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	2 (10)	96	Recortes Gordura chica	1
25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	4	61	Pecho Panceta Tonden	6	97	Recortes Gordura especial	1
26	Lomo CC Loin SR	4	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	2 (10)	98	Recortes Triming 80/20	1
27	Lomo centro 27 sf	1	63	Pecho Pecho sin Cuero Korea	2 (10)	99	Recortes Triming 85/15	1
28	Lomo centro tecla	6	64	Pernil mano normal	1	100	Recortes Triming magro	1
29	Lomo Cuero Back	1	65	Pernil mano normal	1	101	Resto tira hueso Centro (10 Kg.)	1
30	Lomo Filete con cabeza	8	66	Pernil mano Pernil mano c/c s/h	7	102	Solomillo de Cerdo	1
31	Lomo Filete con cabeza	8	67	Pernil mano Pernil mano con mano	7	103	Subproductos A Corazón partido	1
32	Lomo Filete N	8	68	Pernil pierna(Gordo)	1	104	Subproductos A Manteca	1
33	Lomo Lomo Tecla N	7	69	Pierna forro	1	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	1
34	Lomo Lomo vetado korea	8	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	1	106	Subproductos A Tráquea de Cerdo	6
35	Lomo Lomo vetado korea	8	71	Pierna Hueso Fémur	4	107	Subproductos B Estómago Pouch	1
36	Lomo Lomo vetado korea	8	72	Pierna normal	1	108	Subproductos B Páncreas	1
						109	Tripa Recto	2 (10)

Tabla N°5: SKU asociado a su tipo de Palet.



Para una mejor comprensión de la información se realiza la siguiente tabla resumen:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
SKU	66	11	0	13	1	5	4	8	0	11	1	0	0

Tabla N°6: Resumen de tipo de paletizado en los 109 SKU.

Se han seleccionado los tipos de paletizado número 4 y 7 debido a que estos son los que tienen una altura mayor asociada, 1650[mm] y 1680[mm] respectivamente, gracias a la tabla resumen se observa que los SKU críticos de un total de 109 serán 17 (13 del T4 y 4 del T7), también se observa que la altura promedio de los otros tipos de paletizado es cercana a los 1400[mm].

De estos 17 SKU críticos al ordenar de mayor a menor la producción de cajas diarias y seleccionando la producción equivalente al 95% se concluye que solo 11 serán SKU-Críticos, a continuación la tabla.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Cajas x Día	Pallet x Día	PA %
1	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	11,8	5,7
2	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	20,1	10,2
3	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	20,8	14,0
4	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	11,9	17,6
5	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	19,8	21,2
6	40	Lomo vetado sobre 2,0	99	5	1540	751	7,6	24,2
7	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	16,4	27,1
8	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	15,6	29,9
9	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	12,2	32,7
10	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,0	35,1
11	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	594	11,9	37,5
12	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	586	9,2	39,8
13	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	12,9	42,2
14	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	7,6	44,5
15	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	4,2	46,6
16	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	11,4	48,7
17	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	4,3	50,7
18	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	4,3	52,7
19	23	Esternon Bone	75	4	1650	427	5,7	54,4
20	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	9,3	56,1
21	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	405	5,8	57,8
22	72	Pierna normal	45	1	1350	375	8,3	59,3
23	19	Cola normal	75	4	1650	345	4,6	60,7
24	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	7,6	62,0
25	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	7,2	63,3



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

26	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	2,5	64,5
27	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	293	5,2	65,7
28	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	6,4	66,9
29	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	6,3	68,0
30	69	Pierna forro	45	1	1350	282	6,3	69,1
31	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	275	4,9	70,2
32	99	Recortes Trimming 85/15	45	1	1350	271	6,0	71,3
33	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	6,0	72,4
34	75	Plancha 80	45	1	1350	267	5,9	73,5
35	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	5,6	74,5
36	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	5,6	75,5
37	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	5,4	76,5
38	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	236	4,2	77,4
39	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	222	3,0	78,3
40	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	4,5	79,2
41	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	4,4	80,0
42	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	190	3,4	80,7
43	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	4,1	81,5
44	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	181	3,2	82,2
45	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	3,8	82,9
46	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	3,8	83,6
47	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	3,8	84,2
48	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	3,7	84,9
49	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	3,4	85,5
50	54	Pecho hueso	75	4	1650	146	1,9	86,1
51	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	139	2,5	86,7
52	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	3,1	87,2
53	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	2,9	87,8
54	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	2,8	88,3
55	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	2,8	88,8
56	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	1,1	89,3
57	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	2,8	89,8
58	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	2,7	90,3
59	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	111	2,2	90,7
60	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	106	2,4	91,1
61	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	105	2,3	91,6
62	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	95	2,1	91,9
63	11	Chuleta B. B Ribs 24 Oz UP	75	4	1650	92	1,2	92,3
64	10	Chuleta B B Ribs 20 a 24 oz	75	4	1650	91	1,2	92,7
65	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	84	1,9	93,0



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

66	65	Pernil mano normal	45	1	1350	82	1,8	93,3
67	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	81	1,8	93,7
68	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	80	1,8	94,0
69	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	78	1,7	94,3
70	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	78	1,6	94,6
71	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	77	1,7	94,9

Tabla N°7: 95% Producción diaria en base a producción de cajas

En gris se encuentran destacados los SKU-Críticos que se presentan en la selección.

Así también cuando realizamos el análisis de la producción diaria pero esta vez en función de los pallet diarios se obtiene que de los 17 SKU-Críticos solo serán 10 los SKU-Críticos a considerar de los 72 SKU que cubren el 95% de la producción, a continuación la tabla.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Cajas x Día	Pallet x Día	PA %
1	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	20,80	3,76
2	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	20,05	8,28
3	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	19,78	11,85
4	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	16,36	14,81
5	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	15,56	17,63
6	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	12,89	19,96
7	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	12,16	22,70
8	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	11,93	26,29
9	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	594	11,88	28,68
10	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	11,82	34,38
11	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	11,36	36,44
12	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	9,33	38,12
13	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	586	9,16	40,48
14	72	Pierna normal	45	1	1350	375	8,33	41,99
15	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,04	44,41
16	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	7,64	45,79
17	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	7,61	48,09
18	40	Lomo vetado sobre 2,0	99	5	1540	751	7,59	51,11
19	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	7,20	52,41
20	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	6,38	53,56
21	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	6,27	54,70
22	69	Pierna forro	45	1	1350	282	6,27	55,83
23	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	271	6,02	56,92
24	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	6,00	58,01
25	75	Plancha 80	45	1	1350	267	5,93	59,08



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

26	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	405	5,79	60,71
27	23	Esternon Bone	75	4	1650	427	5,69	62,42
28	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	5,62	63,44
29	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	5,58	64,45
30	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	5,42	65,43
31	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	293	5,23	66,61
32	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	275	4,91	67,71
33	19	Cola normal	75	4	1650	345	4,60	69,10
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	4,53	69,92
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	4,40	70,72
36	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	4,28	72,75
37	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	4,28	74,78
38	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	236	4,21	75,72
39	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	4,21	77,86
40	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	4,07	78,59
41	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	3,82	79,29
42	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	3,80	79,97
43	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	3,76	80,65
44	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	3,73	81,33
45	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	190	3,39	82,09
46	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	3,38	82,70
47	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	181	3,23	83,43
48	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	3,07	83,99
49	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	222	2,96	84,88
50	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	2,91	85,40
51	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	2,80	85,91
52	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	2,80	86,42
53	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	2,76	86,92
54	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	2,71	87,41
55	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	2,50	88,61
56	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	139	2,48	89,17
57	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	106	2,36	89,60
58	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	105	2,33	90,02
59	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	111	2,22	90,47
60	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	95	2,11	90,85
61	54	Pecho hueso	75	4	1650	146	1,95	91,43
62	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	84	1,87	91,77
63	65	Pernil mano normal	45	1	1350	82	1,82	92,10
64	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	81	1,80	92,43
65	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	80	1,78	92,75



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

66	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	78	1,73	93,06
67	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	77	1,71	93,37
68	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	78	1,56	93,68
69	17	Chuleta Resto Tira Hso Cerdo	45	1	1350	69	1,53	93,96
70	20	Costillar 79	45	1	1350	65	1,44	94,22
71	104	Subproductos A Manteca	45	1	1350	60	1,33	94,46
72	11	Chuleta B. B Ribs 24 Oz UP	75	4	1650	92	1,23	94,83

Tabla N°8: 95% Producción diaria en base a Palets completos.

Al igual que en la tabla anterior se han seleccionado en color gris los SKU-Críticos, se han denominado SKU-Críticos debido a que presentan una altura mayor a la promedio lo que puede complicar el desarrollo de la solución.

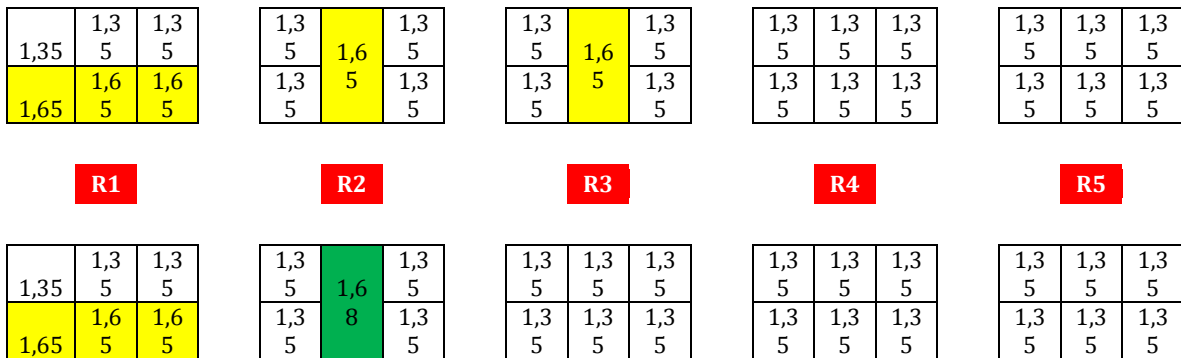


Propuestas de solución Pallet estáticos

Para cada propuesta se trabajará con una base de 5 robots situados a nivel de piso, sobre la correa transportadora.

Propuesta 1:

Diagrama de ubicación de los Pallets Propuesta 1:



N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
1	48	1,35	T1 - T8	57	75,49%	75,26%
	8	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Los SKU que representan el nivel de producción detallado en la **Propuesta 1** corresponden a:

N°	N°SKU U	Producto	Cajas Palet	x	Tipo palet	Medida Palet	Cajas x Día	PA%
1	67	Pernil mano	64		7	1680	586	2,4
2	37	Lomo MM Loin L	75		4	1650	895	6,0
3	38	Lomo MM Loin S	75		4	1650	603	8,4
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75		4	1650	571	10,7
5	23	Esternon Bone	75		4	1650	427	12,4
6	71	Pierna Hueso Fémur	70		4	1650	405	14,0
7	19	Cola normal	75		4	1650	345	15,4
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75		4	1650	222	16,3
9	54	Pecho hueso	75		4	1650	146	16,9
10	30	Lomo Filete con cabeza	120		8	1350	1418	22,6
11	89	Pulpa pierna 59	45		1	1350	936	26,3



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

12	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	29,9
13	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	32,9
14	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	35,7
15	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	38,0
16	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	40,2
17	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	42,2
18	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	44,2
19	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	46,3
20	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	48,0
21	72	Pierna normal	45	1	1350	375	49,5
22	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	50,9
23	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	52,2
24	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	53,4
25	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	54,5
26	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	55,6
27	69	Pierna forro	45	1	1350	282	56,8
28	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	271	57,9
29	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	59,0
30	75	Plancha 80	45	1	1350	267	60,0
31	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	61,0
32	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	62,1
33	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	63,0
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	63,9
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	64,7
36	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	65,4
37	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	66,1
38	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	66,8
39	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	67,4
40	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	68,1
41	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	68,7
42	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	69,3
43	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	69,8
44	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	70,3
45	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	70,8
46	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	71,3
47	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	71,8
48	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	72,3
49	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	106	72,7
50	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	105	73,2



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

51	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	95	73,5
52	45	Patatas - Manos Mano B	45	1	1350	84	73,9
53	65	Pernil mano normal	45	1	1350	82	74,2
54	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	81	74,5
55	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	80	74,9
56	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	78	75,2
57	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	77	75,49

Tabla N°9: Detalle SKU Propuesta 1, producción acumulada por cajas diaria.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Pallet x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	9,16	2,4
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	11,93	6,0
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	8,04	8,4
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	7,61	10,7
5	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	5,79	12,3
6	23	Esternon Bone	75	4	1650	5,69	14,0
7	19	Cola normal	75	4	1650	4,60	15,4
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	2,96	16,3
9	54	Pecho hueso	75	4	1650	1,95	16,9
1	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	20,80	20,6
2	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	19,78	24,2
3	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	16,36	27,2
4	7	Cabeza Partida	45	1	1350	15,56	30,0
5	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	12,89	32,3
6	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	11,82	38,0
7	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	11,36	40,1
8	64	Pernil mano normal	45	1	1350	9,33	41,8
9	72	Pierna normal	45	1	1350	8,33	43,3
10	77	Plancha Cuero Granel Esp.	45	1	1350	7,64	44,7
11	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	7,20	46,0
12	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	6,38	47,1
13	21	Costillar hueso	45	1	1350	6,27	48,2
14	69	Pierna forro	45	1	1350	6,27	49,4
15	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	6,02	50,5
16	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	6,00	51,6
17	75	Plancha 80	45	1	1350	5,93	52,6
18	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	5,62	53,6
19	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	5,58	54,7
20	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	5,42	55,6
21	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	4,53	56,5



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

22	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	4,40	57,3
23	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	59,3
24	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	61,3
25	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	4,21	63,4
26	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	4,07	64,2
27	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	3,82	64,9
28	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	3,80	65,6
29	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	3,76	66,2
30	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	3,73	66,9
31	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	3,38	67,5
32	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	3,07	68,1
33	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	2,91	68,6
34	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	2,80	69,1
35	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	2,80	69,6
36	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	2,76	70,1
37	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	2,71	70,6
38	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	2,50	71,8
39	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	2,36	72,2
40	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	2,33	72,7
41	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	2,11	73,0
42	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	1,87	73,4
43	65	Pernil mano normal	45	1	1350	1,82	73,7
44	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	1,80	74,0
45	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	1,78	74,4
46	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	1,73	74,7
47	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	1,71	75,0
48	17	Chuleta Resto Tira Hso Cerdo	45	1	1350	1,53	75,26

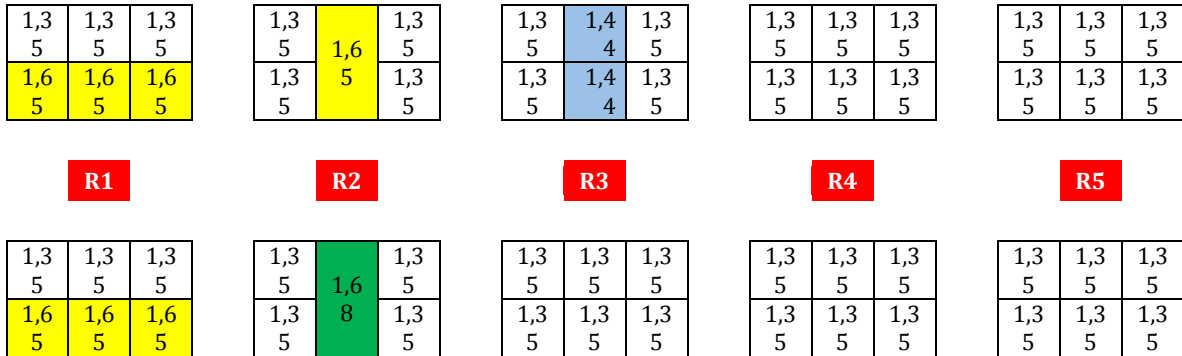
Tabla N°10: Detalle SKU Propuesta 1, producción acumulada por palets diarios.

Se observa que con esta propuesta de solución se alcanza un valor acumulado cercano al 75% de la producción ya sea considerado como cajas diarias o palets diarios, alcanzado con 58 SKU, lo cual para cumplir la meta propuesta de 95% dejaría alrededor de 12 SKU a un 6to robot con función de acumulador.



Propuesta 2:

Diagrama de ubicación de los Palets Propuesta 2:



N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
2	48	1,35	T1 - T8	58	81,11%	81,93%
	2	1,44	T2 - T10			
	7	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Los SKU que representan el nivel de producción detallado en la **Propuesta 2** corresponden a:

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medid a Palet	Cajas x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	586	2,36
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	5,95
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,38
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	10,67
5	23	Esternon Bone	75	4	1650	427	12,39
6	19	Cola normal	75	4	1650	345	13,78
7	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	222	14,67
8	54	Pecho hueso	75	4	1650	146	15,26
9	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	17,39
10	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	23,09
11	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	24,30
12	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	26,33
13	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	28,36



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

14	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	28,86
15	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	32,62
16	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	36,20
17	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	39,16
18	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	41,97
19	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	44,30
20	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	46,36
21	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	48,04
22	72	Pierna normal	45	1	1350	375	49,55
23	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	50,93
24	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	52,24
25	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	53,39
26	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	54,52
27	69	Pierna forro	45	1	1350	282	55,66
28	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	271	56,75
29	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	57,83
30	75	Plancha 80	45	1	1350	267	58,91
31	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	59,92
32	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	60,93
33	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	61,91
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	62,73
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	63,53
36	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	64,26
37	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	64,96
38	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	65,64
39	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	66,32
40	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	67,00
41	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	67,61
42	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	68,16
43	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	68,69
44	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	69,20
45	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	69,70
46	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	70,20
47	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	70,69
48	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	106	71,12
49	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	105	71,54
50	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	95	71,92
51	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	84	72,26
52	65	Pernil mano normal	45	1	1350	82	72,59
53	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	81	72,91



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

54	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	80	73,24
55	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	78	73,55
56	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	77	73,86
57	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	78,37
58	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	81,11

Tabla N°11: Detalle SKU Propuesta 2, producción acumulada por cajas diarias.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medid a Palet	Pallet x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	9,16	2,36
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	11,93	5,95
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	8,04	8,38
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	7,61	10,67
5	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	5,79	12,30
6	23	Esternon Bone	75	4	1650	5,69	14,02
7	19	Cola normal	75	4	1650	4,60	15,40
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	2,96	16,30
9	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	20,80	20,06
10	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	19,78	23,64
11	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	16,36	26,59
12	7	Cabeza Partida	45	1	1350	15,56	29,41
13	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	12,89	31,74
14	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	11,82	37,44
15	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	11,36	39,49
16	64	Pernil mano normal	45	1	1350	9,33	41,18
17	72	Pierna normal	45	1	1350	8,33	42,69
18	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	7,64	44,07
19	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	7,20	45,38
20	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	6,38	46,53
21	21	Costillar hueso	45	1	1350	6,27	47,66
22	69	Pierna forro	45	1	1350	6,27	48,80
23	99	Recortes Trimming 85/15	45	1	1350	6,02	49,89
24	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	6,00	50,97
25	75	Plancha 80	45	1	1350	5,93	52,04
26	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	5,62	53,06
27	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	5,58	54,07
28	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	5,42	55,05
29	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	4,53	55,87
30	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	4,40	56,67
31	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	58,70
32	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	60,73



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

33	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	4,21	62,86
34	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	4,07	63,60
35	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	3,82	64,29
36	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	3,80	64,98
37	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	3,76	65,66
38	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	3,73	66,33
39	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	3,38	66,94
40	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	3,07	67,50
41	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	2,91	68,02
42	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	2,80	68,53
43	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	2,80	69,04
44	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	2,76	69,53
45	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	2,71	70,02
46	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	2,50	71,23
47	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	2,36	71,66
48	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	2,33	72,08
49	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	2,11	72,46
50	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	1,87	72,80
51	65	Pernil mano normal	45	1	1350	1,82	73,13
52	95	Recortes Entrañas	45	1	1350	1,80	73,45
53	6	Cabeza Oreja	45	1	1350	1,78	73,77
54	103	Subproductos A Corazón partido	45	1	1350	1,73	74,09
55	76	Plancha Cuero 20	45	1	1350	1,71	74,40
56	17	Chuleta Resto Tira Hso Cerdo	45	1	1350	1,53	74,68
57	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	20,05	79,19
58	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	12,16	81,93

Tabla N°12: Detalle SKU Propuesta 2, producción acumulada por palets diarios.



Propuesta 3:

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

R1

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

R2

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R3

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R4

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,3	1,3	1,3
5	5	5

R5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	8	1,3
5	5	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,3	1,3	1,3
5	5	5

N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
3	42	1,35	T1 - T8	58	85,50%	85,33%
	8	1,44	T2 - T10			
	7	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Los SKU que representan el nivel de producción detallado en la **Propuesta 3** corresponden a:

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Cajas x Día	PA%
1	67	Pernil mano	64	7	1680	586	2,4
2	37	Pernil mano con mano	64	7	1680	586	2,4
3	38	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	6,0
4	25	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,4
5	23	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	10,7
6	71	Esternon Bone	75	4	1650	427	12,4
7	19	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	405	14,0
8	79	Cola normal	75	4	1650	345	15,4
9	109	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	222	16,3
10	30	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	236	17,2
11	89	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	22,9
12	15	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	26,7
13	4	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	30,3
14	7	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	33,2
15	68	Cabeza Partida	45	1	1350	700	36,1
16	39	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	38,4
17	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	40,5



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

17	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	42,6
18	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	44,6
19	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	46,6
20	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	48,3
21	72	Pierna normal	45	1	1350	375	49,8
22	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	51,2
23	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	52,5
24	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	53,7
25	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	54,9
26	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	56,0
27	69	Pierna forro	45	1	1350	282	57,1
28	99	Recortes Trimming 85/15	45	1	1350	271	58,2
29	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	59,3
30	75	Plancha 80	45	1	1350	267	60,4
31	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	61,4
32	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	62,4
33	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	63,4
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	64,2
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	65,0
36	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	65,8
37	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	66,4
38	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	67,1
39	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	67,8
40	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	68,5
41	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	69,1
42	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	69,7
43	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	70,2
44	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	70,7
45	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	71,2
46	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	71,7
47	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	72,2
48	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	72,7
49	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	106	73,1
50	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	105	73,5
51	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	95	73,9
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	78,4
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	81,2
54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	293	82,3
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	275	83,4
56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	190	84,2



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	181	84,9
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	139	85,50

Tabla N°13: Detalle SKU Propuesta 3, producción acumulada por cajas diaria.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Pallet x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	9,16	2,4
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	11,93	6,0
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	8,04	8,4
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	7,61	10,7
5	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	5,79	12,3
6	23	Esternon Bone	75	4	1650	5,69	14,0
7	19	Cola normal	75	4	1650	4,60	15,4
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	2,96	16,3
9	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	4,21	17,2
10	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	20,80	21,0
11	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	19,78	24,6
12	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	16,36	27,5
13	7	Cabeza Partida	45	1	1350	15,56	30,4
14	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	12,89	32,7
15	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	11,82	38,4
16	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	11,36	40,4
17	64	Pernil mano normal	45	1	1350	9,33	42,1
18	72	Pierna normal	45	1	1350	8,33	43,6
19	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	7,64	45,0
20	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	7,20	46,3
21	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	6,38	47,5
22	21	Costillar hueso	45	1	1350	6,27	48,6
23	69	Pierna forro	45	1	1350	6,27	49,7
24	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	6,02	50,8
25	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	6,00	51,9
26	75	Plancha 80	45	1	1350	5,93	53,0
27	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	5,62	54,0
28	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	5,58	55,0
29	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	5,42	56,0
30	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	4,53	56,8
31	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	4,40	57,6
32	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	59,6
33	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	61,7
34	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	4,21	63,8
35	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	4,07	64,5



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

36	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	3,82	65,2
37	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	3,80	65,9
38	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	3,76	66,6
39	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	3,73	67,3
40	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	3,38	67,9
41	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	3,07	68,4
42	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	2,91	69,0
43	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	2,80	69,5
44	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	2,80	70,0
45	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	2,76	70,5
46	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	2,71	71,0
47	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	2,50	72,2
48	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	2,36	72,6
49	41	Paleta Forro Paleta	45	1	1350	2,33	73,0
50	27	Lomo centro 27 sf	45	1	1350	2,11	73,4
51	45	Patas - Manos Mano B	45	1	1350	1,87	73,7
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	20,05	78,3
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	12,16	81,0
54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	5,23	82,2
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	4,91	83,3
56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	3,39	84,0
57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	3,23	84,8
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	2,48	85,33

Tabla N°14: Detalle SKU Propuesta 3 , producción acumulada por palets diarios.



Propuesta 4:

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

R1

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

R2

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R3

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R4

1,3	1,3	1,3
3	3	3
1,3	1,3	1,3
5	5	5

R5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,3	1,3	1,3
5	5	5

N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
4	3	1,33	T6	58	87,41%	87,34%
	39	1,35	T1 - T8			
	8	1,44	T2 - T10			
	7	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Los SKU que representan el nivel de producción detallado en la **Propuesta 4** corresponden a:

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medida Palet	Cajas x Día	PA%
1	67	Pernil mano con mano	64	7	1680	586	2,4
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	6,0
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,4
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	10,7
5	23	Esternon Bone	75	4	1650	427	12,4
6	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	405	14,0
7	19	Cola normal	75	4	1650	345	15,4
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	222	16,3
9	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	236	17,2
10	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	22,9
11	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	26,7
12	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	30,3
13	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	33,2
14	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	36,1
15	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	38,4



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

16	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	40,5
17	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	42,6
18	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	44,6
19	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	46,6
20	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	48,3
21	72	Pierna normal	45	1	1350	375	49,8
22	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	51,2
23	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	52,5
24	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	53,7
25	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	54,9
26	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	56,0
27	69	Pierna forro	45	1	1350	282	57,1
28	99	Recortes Trimming 85/15	45	1	1350	271	58,2
29	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	59,3
30	75	Plancha 80	45	1	1350	267	60,4
31	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	61,4
32	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	62,4
33	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	63,4
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	64,2
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	65,0
36	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	65,8
37	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	66,4
38	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	67,1
39	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	67,8
40	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	68,5
41	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	69,1
42	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	69,7
43	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	70,2
44	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	70,7
45	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	71,2
46	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	71,7
47	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	72,2
48	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	72,7
49	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	594	75,1
50	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	111	75,5
51	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	78	75,8
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	80,3
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	83,1
54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	293	84,3
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	275	85,4



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	190	86,1
57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	181	86,9
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	139	87,41

Tabla N°15: Detalle SKU Propuesta 4, producción acumulada por cajas diarias.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medid a Palet	Pallet x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	9,16	2,4
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	11,93	6,0
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	8,04	8,4
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	7,61	10,7
5	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	5,79	12,3
6	23	Esternon Bone	75	4	1650	5,69	14,0
7	19	Cola normal	75	4	1650	4,60	15,4
8	79	Plancha despunte (Gordo)	75	4	1650	2,96	16,3
9	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	4,21	17,2
10	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	20,80	21,0
11	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	19,78	24,6
12	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	16,36	27,5
13	7	Cabeza Partida	45	1	1350	15,56	30,4
14	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	12,89	32,7
15	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	11,82	38,4
16	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	11,36	40,4
17	64	Pernil mano normal	45	1	1350	9,33	42,1
18	72	Pierna normal	45	1	1350	8,33	43,6
19	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	7,64	45,0
20	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	7,20	46,3
21	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	6,38	47,5
22	21	Costillar hueso	45	1	1350	6,27	48,6
23	69	Pierna forro	45	1	1350	6,27	49,7
24	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	6,02	50,8
25	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	6,00	51,9
26	75	Plancha 80	45	1	1350	5,93	53,0
27	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	5,62	54,0
28	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	5,58	55,0
29	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	5,42	56,0
30	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	4,53	56,8
31	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	4,40	57,6
32	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	59,6
33	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	61,7
34	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	4,21	63,8



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

35	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	4,07	64,5
36	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	3,82	65,2
37	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	3,80	65,9
38	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	3,76	66,6
39	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	3,73	67,3
40	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	3,38	67,9
41	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	3,07	68,4
42	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	2,91	69,0
43	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	2,80	69,5
44	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	2,80	70,0
45	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	2,76	70,5
46	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	2,71	71,0
47	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	2,50	72,2
48	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	2,36	72,6
49	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	11,88	75,0
50	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	2,22	75,4
51	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	1,56	75,8
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	20,05	80,3
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	12,16	83,0
54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	5,23	84,2
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	4,91	85,3
56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	3,39	86,1
57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	3,23	86,8
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	2,48	87,34

Tabla N°16: Detalle SKU Propuesta 4, producción acumulada por palets diarios.



Propuesta 5:

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

R1

1,3	1,5	1,3
5	4	5
1,3	4	1,3
5	5	5

R2

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R3

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

R4

1,3	1,3	1,3
3	3	3
1,3	1,3	1,3
5	5	5

R5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,6	1,6	1,6
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	8	5
1,3	8	1,3
5	5	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,4	1,3
5	4	5
1,3	1,4	1,3
5	4	5

1,3	1,3	1,3
5	5	5
1,3	1,3	1,3
5	5	5

N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
5	3	1,33	T6	58	89,54%	89,46%
	39	1,35	T1 - T8			
	8	1,44	T2 - T10			
	1	1,54	T5			
	6	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Los SKU que representan el nivel de producción detallado en la **Propuesta 5** corresponden a:

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medid a Palet	Cajas x Día	PA%
1	67	Pernil mano con mano	64	7	1680	586	2,36
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	895	5,95
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	603	8,38
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	571	10,67
5	23	Esternon Bone	75	4	1650	427	12,39
6	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	405	14,02
7	19	Cola normal	75	4	1650	345	15,40
8	40	Lomo vetado sobre 2,0	99	5	1540	751	18,42
9	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	236	19,37
10	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	1418	25,07
11	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	936	28,83
12	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	890	32,41
13	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	736	35,37



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

14	7	Cabeza Partida	45	1	1350	700	38,18
15	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	580	40,52
16	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	531	42,65
17	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	511	44,70
18	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	46,73
19	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	505	48,76
20	64	Pernil mano normal	45	1	1350	420	50,45
21	72	Pierna normal	45	1	1350	375	51,96
22	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	344	53,34
23	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	324	54,64
24	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	300	55,85
25	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	287	57,00
26	21	Costillar hueso	45	1	1350	282	58,14
27	69	Pierna forro	45	1	1350	282	59,27
28	99	Recortes Triming 85/15	45	1	1350	271	60,36
29	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	270	61,45
30	75	Plancha 80	45	1	1350	267	62,52
31	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	253	63,54
32	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	251	64,55
33	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	244	65,53
34	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	204	66,35
35	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	198	67,14
36	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	183	67,88
37	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	172	68,57
38	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	171	69,26
39	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	169	69,94
40	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	168	70,61
41	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	152	71,22
42	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	138	71,78
43	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	131	72,30
44	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	126	72,81
45	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	126	73,32
46	35	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	125	73,82
47	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	124	74,32
48	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	122	74,81
49	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	594	77,20
50	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	111	77,64
51	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	78	77,96
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	1123	82,47
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	681	85,21



Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.

54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	293	86,39
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	275	87,49
56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	190	88,25
57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	181	88,98
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	139	89,54

Tabla N°17: Detalle SKU Propuesta 5, producción acumulada por cajas diarias.

N°	N°SKU	Producto	Cajas x Palet	Tipo palet	Medid a Palet	Pallet x Día	PA%
1	67	Pernil mano Pernil mano con mano	64	7	1680	9,16	2,36
2	37	Lomo MM Loin L	75	4	1650	11,93	5,95
3	38	Lomo MM Loin S	75	4	1650	8,04	8,38
4	25	Higado sin Corazón (10 Kg.)	75	4	1650	7,61	10,67
5	71	Pierna Hueso Fémur	70	4	1650	5,79	12,30
6	23	Esternon Bone	75	4	1650	5,69	14,02
7	19	Cola normal	75	4	1650	4,60	15,40
8	40	Lomo vetado sobre 2,0	99	5	1540	7,59	18,42
9	109	Tripa Recto	56	2 (10)	1470	4,21	19,37
10	89	Pulpa pierna 59	45	1	1350	20,80	23,13
11	15	Chuleta Hueso Tira (HK)	45	1	1350	19,78	26,71
12	4	Cabeza normal (Gordo)	45	1	1350	16,36	29,67
13	7	Cabeza Partida	45	1	1350	15,56	32,48
14	68	Pernil pierna(Gordo)	45	1	1350	12,89	34,82
15	30	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	11,82	40,52
16	96	Recortes Gordura chica	45	1	1350	11,36	42,57
17	64	Pernil mano normal	45	1	1350	9,33	44,26
18	72	Pierna normal	45	1	1350	8,33	45,77
19	77	Plancha Cuero Granel Esp. CC	45	1	1350	7,64	47,15
20	82	Plancha Gordura rebaje	45	1	1350	7,20	48,45
21	83	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	6,38	49,60
22	21	Costillar hueso	45	1	1350	6,27	50,74
23	69	Pierna forro	45	1	1350	6,27	51,87
24	99	Recortes Trimming 85/15	45	1	1350	6,02	52,96
25	93	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	6,00	54,05
26	75	Plancha 80	45	1	1350	5,93	55,12
27	92	Recortes Carne de longaniza	45	1	1350	5,62	56,14
28	80	Plancha Gordura lomo tocino	45	1	1350	5,58	57,15
29	97	Recortes Gordura especial	45	1	1350	5,42	58,13
30	29	Lomo Cuero Back	45	1	1350	4,53	58,95
31	50	Patas - Manos Patas B	45	1	1350	4,40	59,74
32	34	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	61,77



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

33	36	Lomo Lomo vetado korea	118	8	1350	4,28	63,80
34	39	Lomo vetado bajo 2,0	126	8	1350	4,21	65,94
35	14	Chuleta Hueso cogote	45	1	1350	4,07	66,67
36	70	Pierna Grasa forr.pna.limp.	45	1	1350	3,82	67,36
37	9	Carne recuperada MDM	45	1	1350	3,80	68,05
38	86	Plancha Papada Korea	45	1	1350	3,76	68,73
39	107	Subproductos B Estómago Pouch	45	1	1350	3,73	69,41
40	47	Patas - Manos Manos	45	1	1350	3,38	70,02
41	49	Patas - Manos Patas	45	1	1350	3,07	70,57
42	22	Cuero Papada CP	45	1	1350	2,91	71,10
43	2	Baby Back Ribs 500-566 grs.	45	1	1350	2,80	71,60
44	90	Pulpa pierna 59	45	1	1350	2,80	72,11
45	84	Plancha Lomo tocino	45	1	1350	2,76	72,61
46	73	Pierna Pernil pierna	45	1	1350	2,71	73,10
47	31	Lomo Filete con cabeza	120	8	1350	2,50	74,31
48	105	Subproductos A Pulmón de Cerdo	45	1	1350	2,36	74,73
49	28	Lomo centro tecla	50	6	1330	11,88	77,12
50	33	Lomo Lomo Tecla N	50	6	1330	2,22	77,57
51	61	Pecho Panceta Tonden	50	6	1330	1,56	77,88
52	59	Pecho Panceta sin cuero korea	56	2 (10)	1320	20,05	82,39
53	87	Pulpa paleta pimentada	56	2 (10)	1320	12,16	85,13
54	53	Pecho Belly Skinless (PJR)	56	2 (10)	1320	5,23	86,31
55	62	Pecho Pecho sin Cuero Korea	56	2 (10)	1320	4,91	87,41
56	60	Pecho Panceta tecla s/cuer	56	2 (10)	1320	3,39	88,18
57	55	Pecho Panceta	56	2 (10)	1320	3,23	88,91
58	57	Pecho Panceta s/t s/c (I)	56	2 (10)	1320	2,48	89,46

Tabla N°18: Detalle SKU Propuesta 5, producción acumulada por palets diarios.



Propuesta 6

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

R1

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

R2

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

R3

1,3	1,6	1,3
5	8	5
1,3	8	1,3
5	5	5

R4

1,3	1,6	1,3
2	5	2
1,3	5	1,3
2	2	2

R5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

1,3	1,6	1,3
5	5	5
1,3	5	1,3
5	5	5

1,3	1,5	1,3
2	4	2
1,3	4	1,3
2	5	5

N° Propuesta	SKU que cubre	Medida SKU	Tipo de paletizado	SKU Totales	Producción Acumulada	
					Cajas x Día	Palets x Día
6	7	1,32	T2 - T10	50	86,1%	%
	33	1,35	T1 - T8			
	1	1,54	T5			
	8	1,65	T4			
	1	1,68	T7			

Propuesta solución pallets dinámicos

Esta solución contempla que los pallets se moverán por medio de una mesa transportadora de rodillos junto con transporte por cadenas para lograr los cambios de sentido necesarios. Se diseña también un sistema de salida y entrada de pallets integrado con el armado de estos mismos.

El diseño considera 10 robots ABB, 9 de estos estarán a cargo de 14 pallets cada uno y el último tendrá la función de actuar como un robot acumulador. Observaciones que se deben tener de este diseño son:

1.- Alcance del Robot: Según la Información proporcionada se está trabajando con un robot de un alcance de 3200[mm], el cual no alcanzaría a cubrir los 4 pallets delanteros teniendo complicaciones con los extremos de los pallets “1” y “4”, esto reduciría el área de alcance efectivo del brazo, de ser la idea mantener el alcance de los 4 pallets se debe considerar un robot con mayor alcance o una extensión para el brazo.

El análisis del alcance del robot se realiza considerando los pallets de forma que su lado más estrecho (1000 [mm]) será la cara que miré al robot, esto junto considerando una separación de 200[mm] entre pallet y pallet.

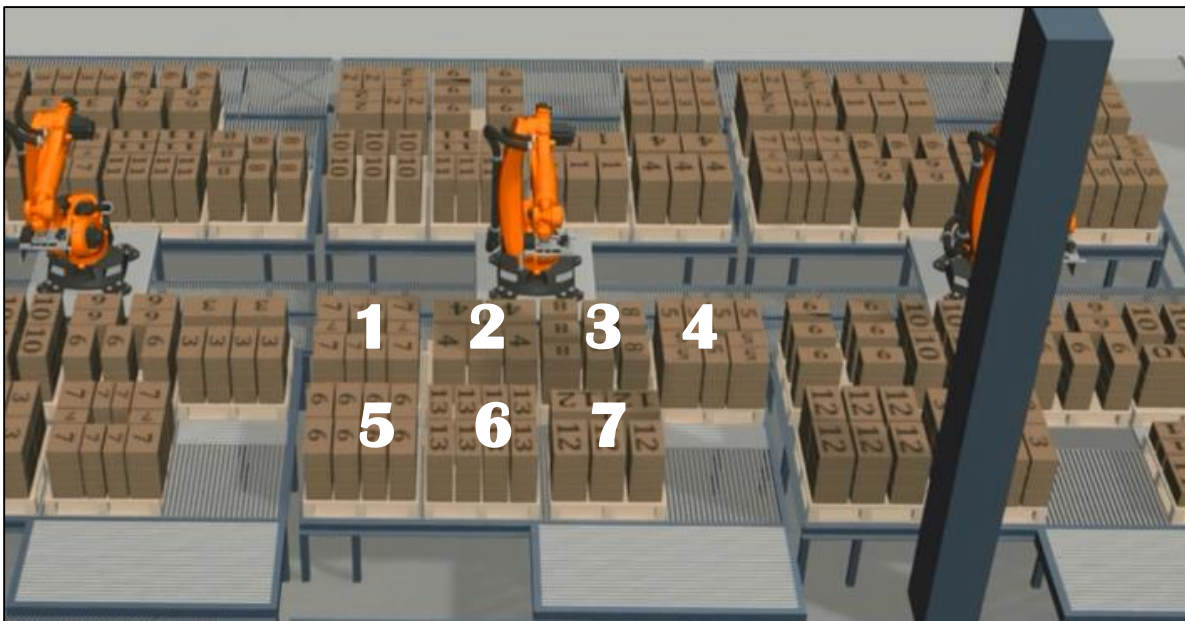


Imagen: extracto de video proporcionado por otros, autor desconocido.

2.- Destino de la 2da correa: existe en el video de la solución conceptual una 2da correa paralela a la línea de ingreso de los SKU, se entiende que esta podría utilizarse para el desvío de aquellos SKU que no alcanzaron a ser ubicados al momento de su paso por la correa principal; de ser así es importante considerar como será su reincorporación a la línea o la coordinación del robot con estos SKU que se encuentran fuera de la línea principal.

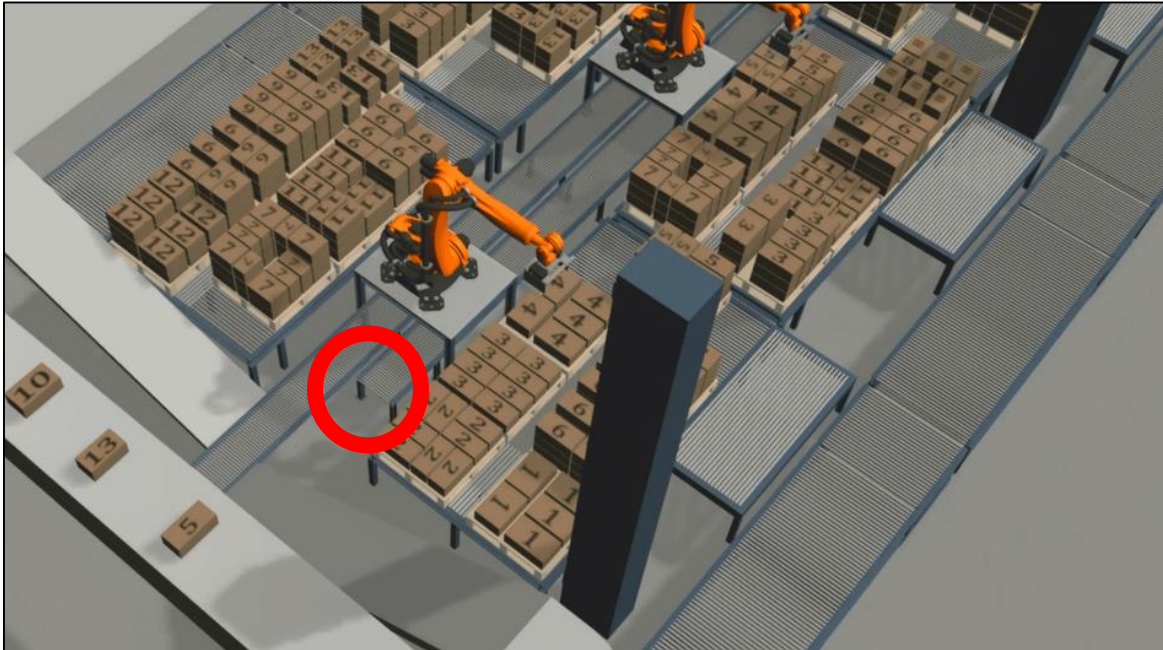


Imagen: extracto de video proporcionado por otros, autor desconocido.

3.-Acceso a sectores de Robot, línea de producción y Mantención de Mesas: es importante dejar claro cuál y cómo serán las estrategias de mantenimiento y considerar en esto los espacios que se requieran.

4.-Nexo Robot-Meza: es necesario establecer cuándo se realizará el nexo entre el SKU-Robot-Meza, en el video se entiende que existe un sensor antes incluso de que el SKU ingrese a la línea de forma que las mesas ya comienzan su giro, esto idealmente funciona de manera que no vengan dos SKU del mismo grupo pero de distinto pallet, aún más complicado que el 2do SKU pertenezca a los pallet de la parte trasera, de ser este el caso las opciones serían parar la línea o dejar que este SKU continúe y reincorporarlo en alguna etapa tardía al sistema.

5.-Sentido de giro de las mesas: Es importante considerar que existen sectores en los que se está considerando mesas de avance bidireccional.

6.- En el proceso de salida de pallet se debe considerar que solo el enfardado dura aproximadamente 3 minutos, esto es importante pues de ser necesario realizar un paro de línea en cada enfardado corresponde a 72 cajas de retraso (24 Cajas/min x 3min).

7.-Se observa una mesa levadiza que tiene movimientos de entrada y salida, ambos con cambio de ángulo, para ser realizados estos movimientos se necesita un sistema rodillo-cadena, el que se ve en dificultad de implementar debido al movimiento horizontal que tiene la mesa.

8.-Instalación y puesta en marcha, no menos importante es necesario considerar cómo y cuánto durará la instalación y puesta en marcha debido a los inconvenientes que esto puede significar al normal funcionamiento de la planta.


ENFARDADOR

A

Modelo	Marca	Diámetro Plataforma	Altura Pallet	Capacidad Máxima	Alimentación	Imagen
Technoplat 3000 PGS	Robocap	1200x1000	2400	1500	400 V 3 Ph + N - 50/60 Hz	
RA-S Gama:ws - ra	SIAT	1200x1200	2100		400 Volt - 50 Hz - 3 fases	
FO	SIAT	1500 a 1650	2100	1200 a 2000	400 Volt - 50 Hz - 3 Fase - Neutro	
Envolvedora de Pallets	Dicoma Pack	--	--	--	--	
RA 13-11	SIAT	1300x1100		1710		

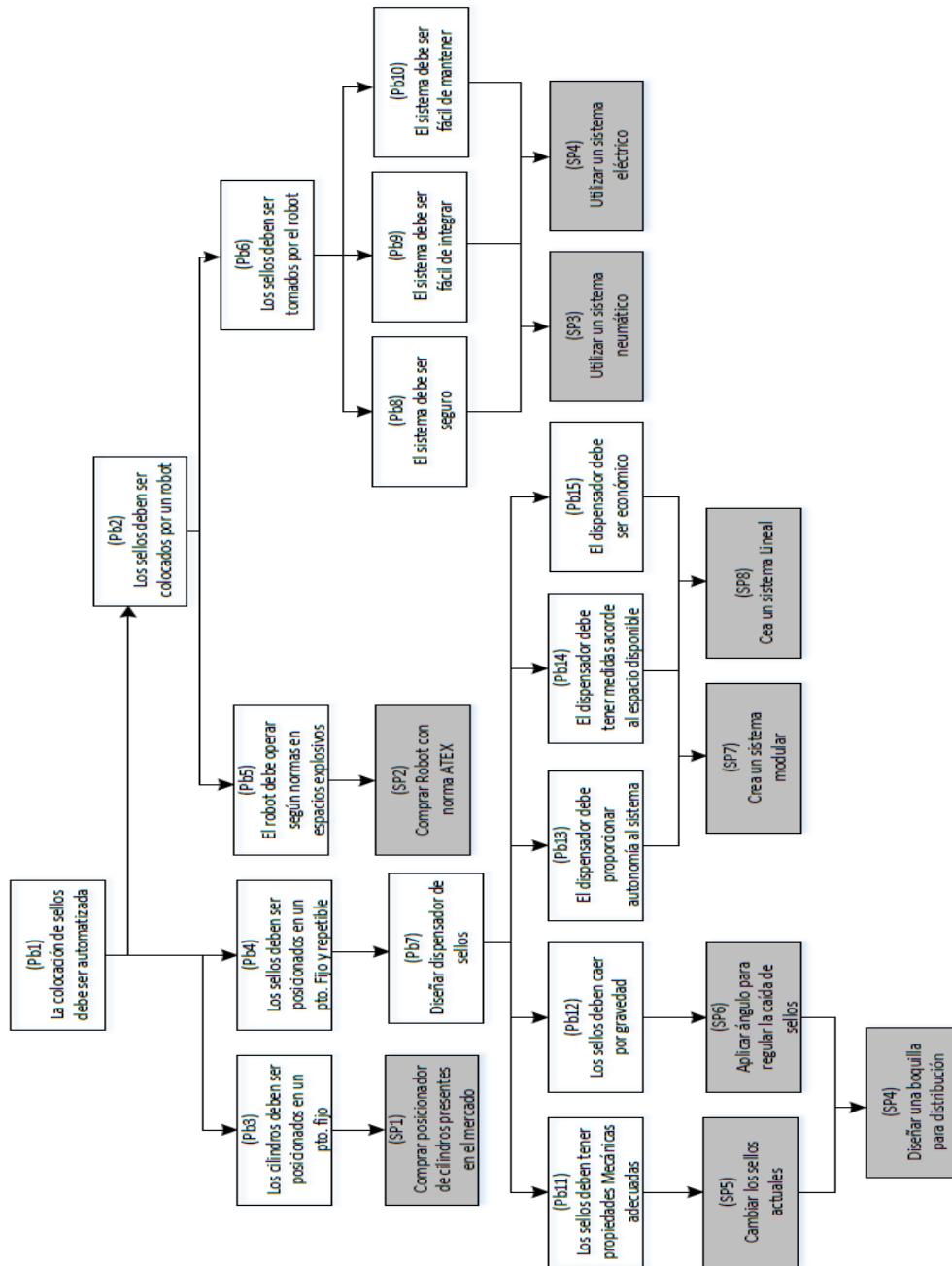


*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*

RA 14-14	SIAT	1400x1400		1980		
----------	------	-----------	--	------	--	---

16.2 Desarrollo caso Lipigas

16.2.1 RdP caso Lipigas





16.2.2 Paso 6. Informe final empresa Lipigas

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COLABORTIVA ENTRE LIPIGAS Y CCTVAL

Automatización del sistema de sellado de cilindros de gas.

Objetivos

Objetivo General

Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema robótico que entregue autonomía al proceso de posicionamiento de sellos de seguridad en los cilindros de gas, teniendo en consideración categoría del ambiente de trabajo junto con los distintos formatos de cilindros con los que trabaja la empresa Lipigas. El trabajo se desempeñara en terminos de investigación colaborativa de manera de proveer material útil a Lipigas para su toma de decisiones.

Objetivos Específicos

- ✓ Diseño Conceptual de un sistema para el posicionamiento de sellos que permita evaluar técnicamente el desarrollo de un proyecto de automatización en Lipigas.
- ✓ Propuesta para el diseño de un sistema de agarre del sello por parte del robot, según los sellos dados por Lipigas.
- ✓ Se considerará que la selección del robot permita llegar a la autonomía esperada por la empresa correspondiente a 1600 cilindros/hora.
- ✓ Proponer un robot manipulador industrial que sea util para la aplicación que se pretende automatizar, además, de considerar las condiciones de trabajo asociadas a ambientes explosivos.


2 Desarrollo

2.1 Realizar un levantamiento inicial de las especificaciones del sistema

En la primera etapa del proyecto, se realizaron reuniones de trabajo que permitan homologar las expectativas de la colaboración entre Universidad y Empresa de tal manera de generar una solución que permita tomar acción a los tomadores de decisiones de Lipigas. El equipo perteneciente a la empresa Lipigas plantea el desafío de desarrollar un sistema capaz de dar autonomía al proceso de posicionamiento de sellos, no obstante para esto es necesario realizar un estudio más en detalle de las características técnicas de la investigación, de manera de entender de una forma más completa la factibilidad de este tipo de proyecto.

2.1.1 Tipos de sellos y sus requerimientos.

El primer análisis desarrollo por el equipo de la USM corresponde al comportamiento del sello actual utilizado por la empresa. El sello inicial analizado se presenta en la figura 1. El análisis del sello consistió en ver qué mecanismo de sujeción podría utilizar el sello a través de sistemas neumáticos y cómo se puede lograr que su repetibilidad de salida sea apta para un proceso de automatización. Los resultados de esta experiencia se describen en la siguiente tabla.

Sello inicial	Resultados de la etapa de análisis
	<ul style="list-style-type: none">○ El sello posee dos agujeros en la parte superior, por lo cual, no permite un sistema de automatización neumática por succión logre el correcto agarre.○ Cuando el formato de acumulación de los sellos se presenta en pilas, en estas no existe una distribución homogénea, por lo que la posición inicial del sello a colocar se ve afectada, consecuentemente, compromete la repetibilidad del uso de robots manipuladores industriales.○ La resistencia de los sellos no permite generar agarres de otro tipo (mecánicos), afectando la estabilidad del mismo.

Conclusiones etapa: Para lograr un proceso de automatización, se debe tener un sello de mejores cualidades, principalmente, se debe considerar una superficie cerrada y una forma que favorezca estabilidad en la disposición de pilas de manera que permita mejorar la repetibilidad

del proceso en sí mismo. Como solución propuesta por la empresa, se analiza la nueva posibilidad de utilizar un sello con mejores características.

El grupo de trabajo USM se compromete a analizar este sello para ver las posibilidades de desarrollo del proyecto propuesto en este informe.

2.1.2 Nuevos sellos y su factibilidad para la automatización.

En esta etapa se realiza una serie de experimentos para ver cómo se comportaría el sello en condiciones de automatización con la utilización de un robot manipulador industrial, dentro de esto se contemplan pruebas relacionadas al sistema neumático mínimo necesario para el desarrollo y condiciones de diseño para la repetitividad del proceso.

2.1.2.1 Sistema Neumático

Se propone la utilización de un sistema neumático debido a la versatilidad que tiene en el diseño de soluciones, la seguridad que entrega al ambiente además de la facilidad de implementación debido a la ya existencia de una red neumática dentro de la planta de Lipigas; en las primeras pruebas se realiza la experiencia con elementos pulsadores, temporizadores y reguladores de presión considerando un sistema aparte de la programación del robot, las cuales son descartadas con la posibilidad de integrar el robot al sistema neumático.

Finalmente se propone el siguiente sistema donde se muestran los elementos mínimos que se deben tener en consideración para la implementación del sistema.

El sistema fue probado y confirmado su funcionamiento, considera los siguientes elementos con sus correspondientes características:

Componentes mínimos del sistema neumático	Descripción base según norma
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire: DESCRIPCIÓN DEL COMPRESOR (2 a 3 bar) • Electro-Válvula: Se utiliza una electro-válvula 3V2P normalmente cerrada de 24[V], será la programación el robot la que permita la activación del sistema y con esto el paso del aire al sistema. • Tubo de Venturi: Permitirá el decaimiento de presión para generar el vacío en el elemento siguiente. • Ventosa: Con el vacío producido tomará el sello por la tapa plana que posee. • Mangueras y conexiones: Permitirán la unión de todos los elementos, se trabaja con medidas de 6[mm] y 8[mm] 	

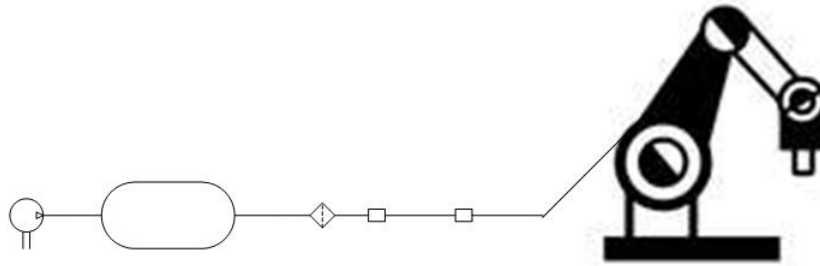


Imagen 1: diagrama del conjunto neumático mínimo para lograr la automatización del proceso de posicionamiento de sellos.

2.1.2.2 Pruebas de la Herramienta

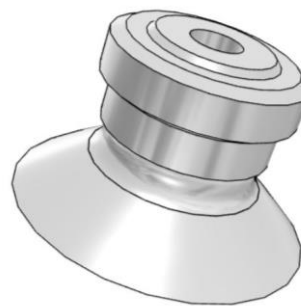
Con el sistema mínimo para la operación, en esta etapa se prueban distintos tipos de ventosas que permitirán el agarre de la pieza, se comienza un experimento con una ventosa existente en inventario de 32[mm] de diámetro, para probar el concepto de succión, se observa un resultado positivo pero con la opción de mejorar según la medida de la ventosa a utilizar, debido a que esta, para que produjese la succión debía realizar una presión previa al sello, oponiéndose este último a esa fuerza (mostrando complicaciones cuando quedan menos sellos en la pila), es por esto que se adquieren las ventosas de 20[mm] y 10[mm], resultando esta última mejor ya que no exige una mayor precisión al momento de realizar el centrado de la pieza para la succión disminuyendo la posibilidad de sufrir error de repetitividad. En otras palabras para el funcionamiento correcto se requiere una ventosa de diámetro menor a la tapa del sello.

Las adquisiciones se realizan con la empresa SMC, empresa reconocida en el rubro de los sistemas neumáticos a nivel nacional e internacional.

Imagen 2: foto ventosa y adaptador de agarre en 90°.



Imagen 3: CAD del sistema de ventosa.



2.1.2.3 Método de anclaje herramienta-robot

En el mercado existen distintos tipos de succionadores a través de ventosas, no obstante sus precios son bastante elevados. Con el fin de proponer una solución lo más plausible a la realidad, se ha decidido en rediseñar un gripper que se colocara al robot de manera de acometer el objetivo de succión. Para el desarrollo de esta parte de las pruebas, fue necesario también diseñar una herramienta que permita el anclaje entre la ventosa/armazón al robot, preservando una posición centrada facilitando así la posterior programación y ejecución de la actividad. Se diseñó en el programa de modelado 3D, Inventor y su fabricación se realiza por prototipado rápido (impresión 3D) en los laboratorios de Ingeniería en Diseño de Productos.

Imagen 4: CAD de la herramienta de anclaje diseñada.

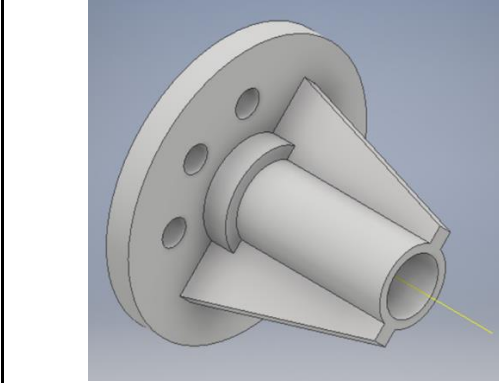


Imagen 5: Herramienta fabricada y anclada



2.1.3 Elementos del dispensador para la repetitividad del proceso

Como se ha mencionado anteriormente se debe tener en consideración distintas variables para garantizar la repetitividad del proceso, una de estas es que el sello siempre tome la misma posición, considerando esto último es que se hace necesario encontrar un mecanismo que permita la salida de los sellos uno a uno además de que estos al salir tomen siempre el mismo lugar. Para esto se ha diseñado un dispensador de sellos que permite la disposición de sellos el cual alimentara al robot.

2.1.3.1 Diseño de Boquilla

Para el diseño de la boquilla se experimentó varias veces con formas y dimensiones diferentes, como consecuencia dentro de la etapa de prueba se realizan distintos diseños para la boquilla considerando: i) diferentes ángulos y diámetros de salida para su posterior impresión; ii) prueba en el sistema, además de la prueba de materiales para el direccionamiento; iii) entrega de roce. Finalmente, se creó un dispensador que cumple los requerimientos mínimos de repetibilidad para la automatización, el sello fue manufacturado a

través del uso de impresoras 3D y probado en laboratorios del Centro. Las dimensiones y especificaciones técnicas del sello se encuentran en el anexo.

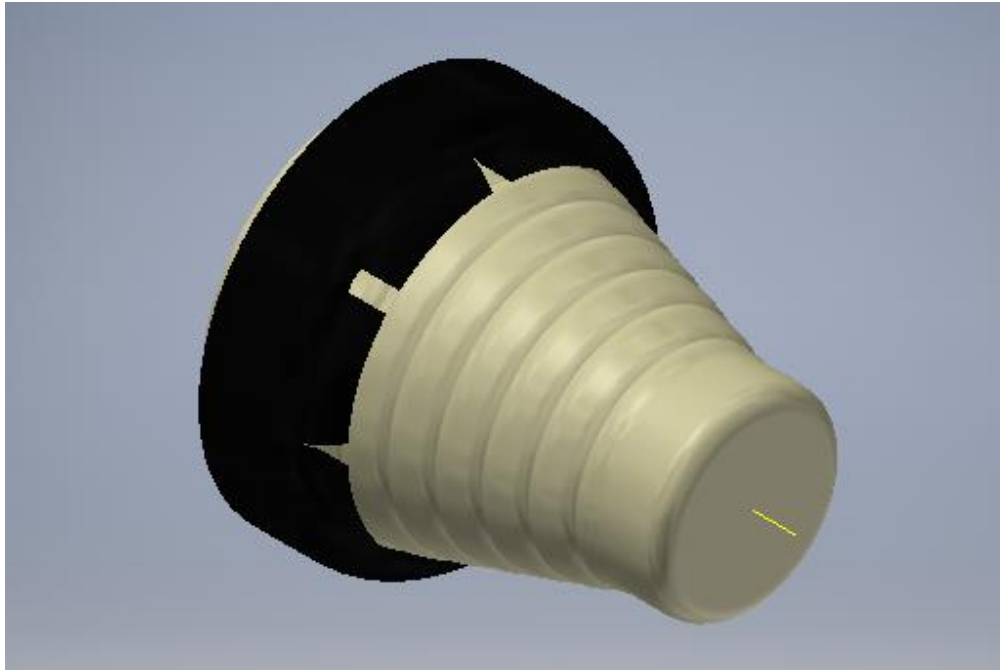


Imagen 1: CAD de la boquilla de salida con un modelo de sello.

2.1.3.2 Ángulo de caída para la pila de sellos

Ligado a la boquilla se debe también considerar un ángulo de inclinación para el deslizamiento de los sellos cada vez que se vaya sacando el inicial, considerando las condiciones del tubo de trabajo, el cual por su material presenta un alto coeficiente de roce se trabaja con un ángulo cercano a los 37° medidos desde la vertical en sentido horario, este ángulo se verá afectado por el material de la superficie que interactúe directamente con los sellos. Es importante mantener este ángulo para que el sello caiga de manera natural dentro de la boquilla previamente diseñada. Al considerar un ángulo menor, se deberá considerar elementos adicionales que ayuden a expulsar el sello.

2.1.3.3 Resistencia del sello

Debido a la nueva forma del sello más similar a un cono es que este se presenta mucho más estable como elemento individual y como pila, entregando mayor resistencia mecánica, pero, aun siendo difícil considera la opción de agarre versus succión. Algunas características que se observan son:

Capsulas JUMBO aplicación automática



- Material: Lámina PVC
- Espesor: 50 micras
- Altura: 63 mm
- Diámetro interior: 49 mm
- Tapón diámetro: 31 mm
- Productor: Tuben Cap

2.2 Desarrollo de prueba conceptual

En esta etapa se ha desarrollado una prueba en terreno con los equipos que existen en el laboratorio del Centro con el fin de ilustrar de manera empírica la factibilidad de la solución generada. La imagen representa un Robot Kuka KR5 que utiliza el dispensador diseñado, además de una base en ángulo que permite la continuidad en la deposición de los sellos.



Imagen: Prueba empírica desarrollado en Laboratorio del Centro:



3 Autonomía del sistema

Una vez demostrado que la solución es plausible en laboratorio se procede a desarrollar un análisis de carácter más técnico para ver la autonomía que podría otorgar un sistema automatizado para el proceso de posicionamiento de sellos. Para el desarrollo de la autonomía del sistema en un ambiente real se deberán tener distintos temas en consideración, para los cuales se presentan los antecedentes y recomendaciones a continuación:

3.1.1 Requerimientos relacionados al proceso

La empresa explicita la necesidad de que debe ser un proceso autónomo, reducir recursos, debe también asegurar la correcta separación y posicionamiento del sello en la válvula, además de ser adaptable a los distintos formatos de cilindros que trabaja la compañía. Valores ideales de autonomía en términos temporales y unidades procesadas son:

Unidades/hora	1600
Tiempo autonomía	1 hora

En base a estas necesidades se obtiene que la primera parte (autonomía del proceso) es realizable por lo desarrollado y expuesto anteriormente, para evaluar la autonomía total (considerando unidades/hora) del sistema será necesario considerar factores como la selección del robot, capacidad del dispensador según el diseño y disposición de trabajo.

3.1.2 El tipo de Robot para la aplicación en ambientes de explosivos.

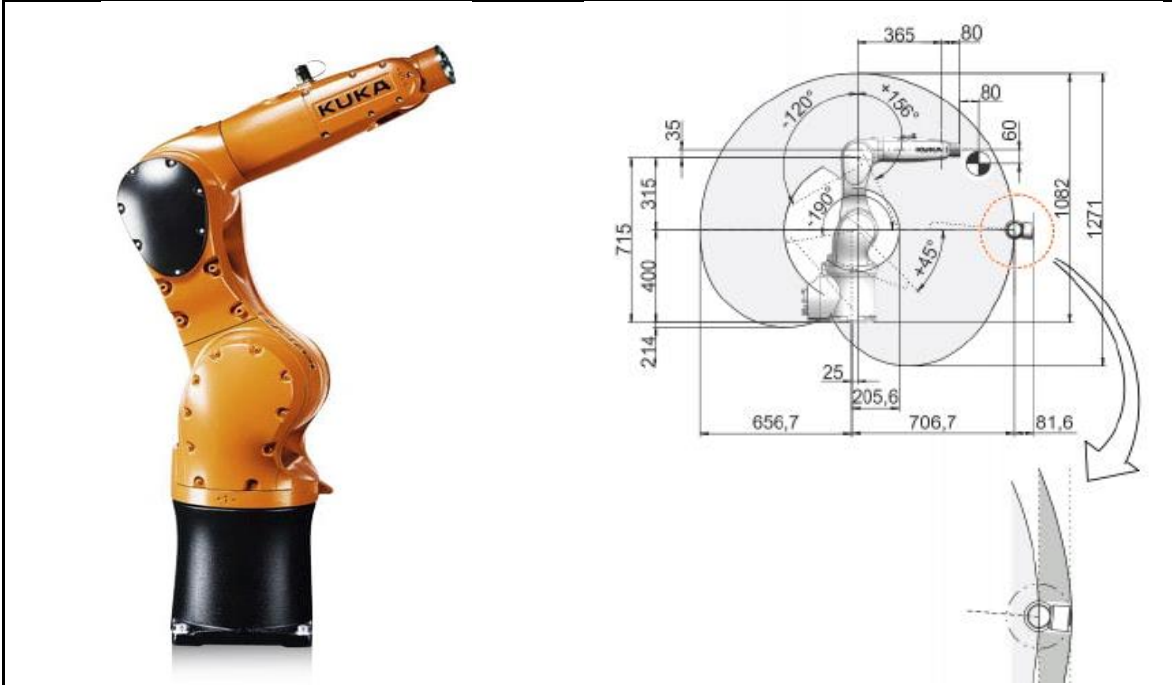
Al ser un ambiente de trabajo explosivo (con gas), encaja en la definición presentada por la norma Europea ATEX denominándose como una “atmosfera explosiva”, esto especificará los requerimientos de los equipos a utilizar y las medidas de seguridad a considerar para la protección del producto y los trabajadores del espacio, en vista de esto, será necesario al momento de la selección tener en cuenta la certificación necesaria para el equipo. La selección del robot específico depende netamente del proveedor y los requerimientos de operación de cada uno de los distribuidores.

De manera inicial se ha explorado distintos tipos de proveedores para la aplicación de esta investigación entre los proveedores revisados se encuentra ABB; FANUC; YASKAWA; KUKA. De los distintos proveedores de robot en la industria nacional, al parecer KUKA es el único que ofrece robot manipuladores con la certificación ATEX en uno de sus modelos correspondiente al modelo KUKA-Agilus, en vista de esto es que se recomienda la utilización de este modelo en la implementación del sistema con su denominación EX, el uso de este también verá afectados valores como lo son la capacidad del Robot y el espacio de trabajo necesario a utilizar, a continuación se presenta una imagen referencial del modelo sugerido, junto con un

gráfico de su área de trabajo. Es importante mencionar que cada robot debe ser certificado por su proveedor. Respecto a la autonomía es dependiente directamente del área de trabajo del robot.

Imagen 7: foto de un KUKA Agilus

Imagen 8: resumen del área de trabajo de un KUKA Agilus.



3.1.3 Dispensador de sellos

Dado que no existe en el mercado un dispensador de sellos que cumpla con todas las características antes mencionadas es que se procede al diseño de un dispensador proponiéndose dos diseños conceptuales que le brinden al robot la autonomía esperada, los cuales se evaluarán netamente en función de la autonomía de uso de estos, no así, por las condiciones de fabricación o proveedores de los sistemas.

Se proponen dispensadores de características estáticas, preservando con esto la seguridad en el ambiente de trabajo, factores en consideración para el diseño deben ser la altura del punto de salida de los sellos y el ángulo de inclinación para que se produzca la caída por gravedad de estos, además de una correcta implementación de la boquilla de salida para que esta entregue el apriete correcto, estas condicionantes están relacionadas al diseño del sello nuevo presentado por Lipigas. El layout, depende estrictamente en los lugares que se dispondrá el robot, por lo cual la propuesta se ve afectada por la disposición de los elementos en terreno (Referencial)



En termino de fabricación, los diámetros de los sellos son irregulares (no es una dimensión estándar para cilindros), consecuentemente, existe dificultades relacionadas al diseño y fabricación del dispensador por la casi escasa existencia de tubos del diámetro requerido en el mercado nacional, consultando en empresas de la región y sus alrededores, para la representación generada en etapas anteriores se utiliza un tubo de material ligero que es utilizado para transporte de papeles y documentos de dibujo. Será también importante tener en consideración para el diseño, el alcance del robot y el rango temporal de autonomía que se le quiere dar al sistema, teniendo en claro que las dimensiones de este deben ser acordes al lugar de instalación.

3.1.3.1 Disposición de trabajo

Una vez realizado los experimentos empíricos de la solución con los equipos a disposición en los laboratorios para evaluar la viabilidad técnica de la solución, se procede a desarrollar una simulación en base a la posible automatización del proceso bajo ciertas condicionantes: “generar un escenario con todos los elementos antes mencionados y grabar un proceso totalmente autónomo sólo dependiente del operador para proveer la pila de sellos en el dispensador de estos con ciclos repetitivos al momento de operar el sistema”. La simulación CAD tiende apoyar el proceso de toma de decisiones para las inversiones que requiera la empresa, la simulación comienza en una posición inicial acercándose al punto de salida de los sellos para por medio de una electro válvula, activar el sistema de succión el cual al acercarse a los sellos tomará el primero por su tapa para llevarlo hasta donde está ubicado el cilindro de gas para finalmente posicionarlo sobre la válvula desactivando la succión y luego volver a comenzar el ciclo, generando material visual del trabajo realizado, además se desarrolla una simulación 3D con fines ilustrativos del método de trabajo.

Para el desarrollo de los distintos prototipos se considera una disposición de trabajo correspondiente a la de la imagen donde de izquierda a derecha se describe la posición del robot, la línea transportadora de cilindros y el dispensador de sellos; se define esta disposición considerando factores de espacio, trayectoria del robot y comodidad para los distintos procedimientos de mantenimientos para los elementos componentes del sistema.

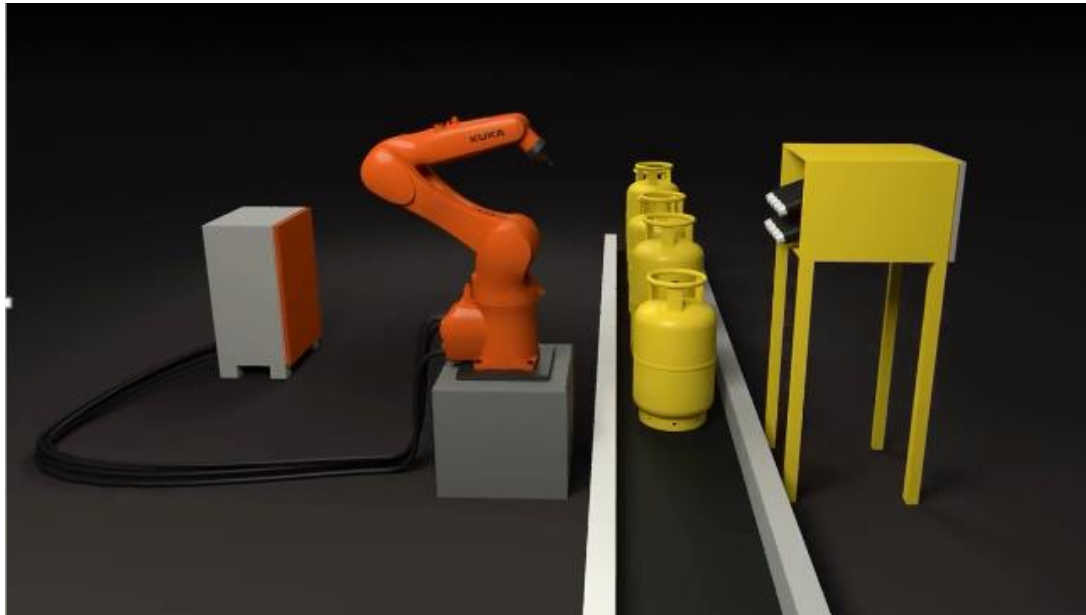


Imagen 2: Disposición de trabajo, de izquierda a derecha; robot, línea de producción y dispensador de sellos.

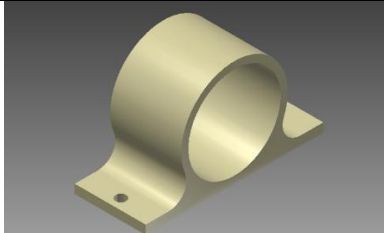
3.1.4 Propuestas de Diseño de dispensadores

Se desarrolla un Excel con distintas variables para determinar valores de autonomía relacionando con las medidas totales de un equipo tradicional, una vez determinada una medida se procederá a realizar el modelo CAD para su mejor interpretación y visualización.

3.1.4.1 Modelo Tradicional de anclaje

Se plantea un modelo tradicional de fácil fabricación y capaz de cumplir las expectativas de autonomía del sistema, este se separará en los siguientes ítems:

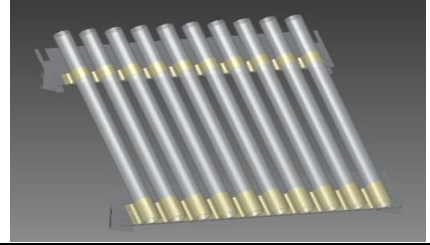
Apoyos para los cilindros de sujeción



Consisten en apoyos seguidos al tubo contenedor de sellos que se encargarán de mantener estos últimos en su correcta posición, por tubo se considerarán mínimo dos apoyos, uno ubicado al inicio del tubo cercano a la boquilla de salida de sellos y otro en la parte final del tubo, a su vez estos apoyos estarán anclados a una placa que unirá todo el nivel

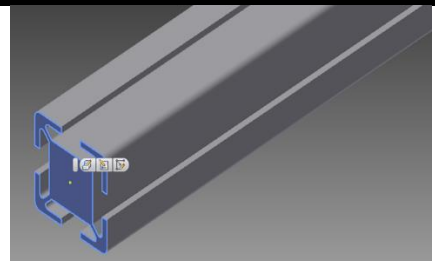
Numero de dispensadores por Nivel

Se entenderá como nivel la plataforma presentada en la imagen compuesta por 10 tubos contenedores de sellos con sus respectivos apoyos inicial y final unidos a las placas. El largo de los tubos también determinará la cantidad de sellos que será posible almacenar por nivel.



Estructura ligera como base de los dispensadores

La estructura está diseñada para ser fabricada por perfiles de acero debido a sus características de ensamblaje y fácil manipulación, además de la versatilidad que entregan estos para la adición o resta de niveles según sea necesario.



En la imagen se presenta un armado de 3 niveles y con una capacidad de almacenaje esperada de 1500 sellos considerando la capacidad de cada tubo de 50 sellos, las dimensiones de este son de 50x1100x1500 [mm], a estas se les debe considerar un piso mínimo de 200[mm] debido a la ubicación que tendrá el robot, además el modelo considera que este debe ir frente al dispensado con la línea productiva pasando por el medio. Cada dispensador debe ir con su boquilla de manera independiente.

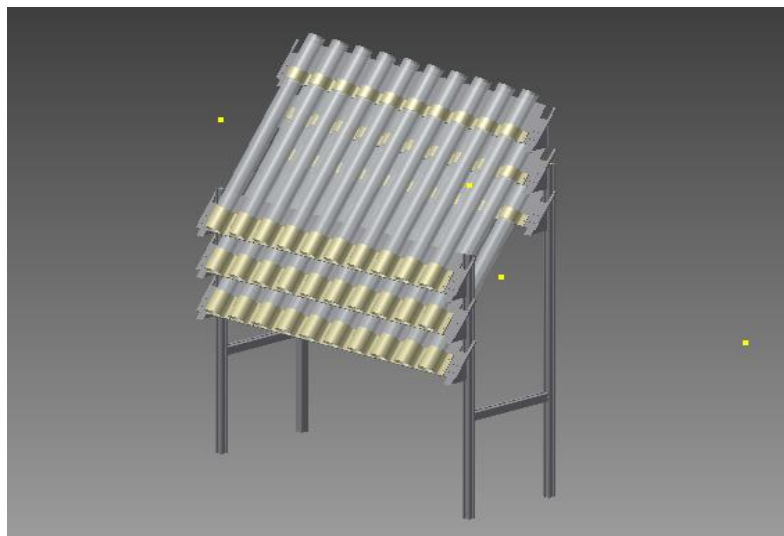
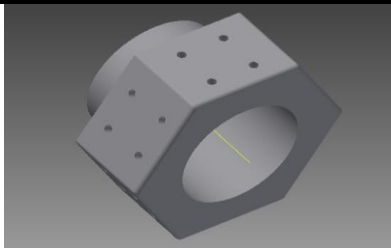


Imagen 10: CAD correspondiente al modelo tradicional de 3 niveles.

3.1.4.2 Modelo de sujeción hexagonal que brinda flexibilidad para la autonomía.

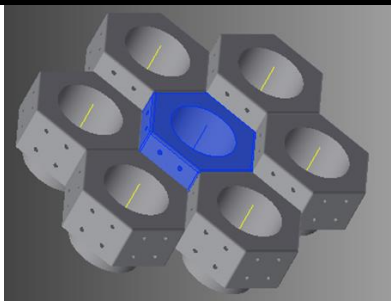
Es un modelo que considera el dinamismo (productividad que desee la empresa) de la empresa junto con la capacidad entregada por el robot, teniendo la posibilidad de adaptarse a distintos escenarios buscando la mejor respuesta al problema de las dimensiones y el conjunto de requerimientos existentes para la solución del problema, al igual que el modelo anterior estará compuesto por apoyos, los tubos contenedores y una estructura, siendo esta última una gran diferencia debido a que será de forma modular pudiendo variar su capacidad.

Apoyos para los dispensadores



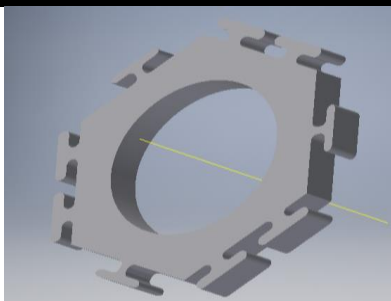
Los apoyos en este modelo serán de forma hexagonal permitiendo que por el anclaje de estos se obtenga un panel más grande y con esto ir adecuando directamente la capacidad del dispensador según sea necesario.

Estructura modular para aumento/disminución de autonomía.



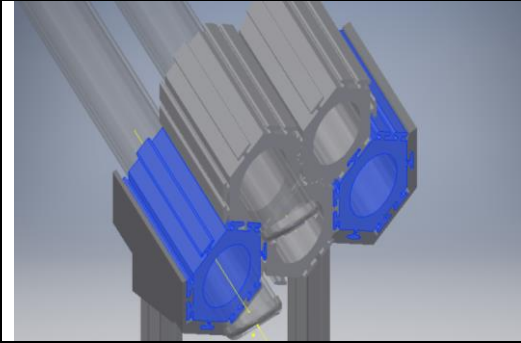
La estructura en este caso estará dada por los mismos apoyos ya que al ser estos de forma hexagonal la idea es ir anclándolos unos con otros, es importante y se debe considerar un espacio para que el modelo quede de forma escalonada para que no se pierda la altura de cada punto. En la imagen se ve una figura central y a sus lados nuevos apoyos, esta geometría puede ser modificada según sea el alcance del robot y las necesidades de la línea productiva, si bien utiliza un área de cobertura mayor que el modelo anterior permite una adaptación más fácil a los distintos factores.

Estructura modular diseñada para anclaje



La estructura final diseñada considera elementos similares a los perfiles de anclaje, el diseño permitirá unir desde un mínimo de dos hasta el máximo que sea necesario considerando el área de trabajo del robot.

Conjunto de la estructura modular



En la imagen, se observa un conjunto de 5 piezas elementales donde las correspondientes a los extremos irán con una pieza externa para fijar el sistema a una base estructural.

3.1.5 Diseño en detalle de la propuesta técnica de la investigación.

En la última etapa de desarrollo se expresa la necesidad de diseñar y generar los documentos de fabricación para un dispensador de sellos capaz de cumplir las condicionantes presentadas en la parte de experimentación, es por esto que a continuación se presentan los planos del diseño conceptual considerando una metodología modular para el dispensador, además con esto se genera también un prototipo simple para que la empresa comience las pruebas de una manera más formal, para esto se han desarrollado una serie de planos como anexo a este documento:

- Plano Boquilla
- Plano agarre
- Plano agarre patas
- Plano Tubo
- Plano estructura

Finalmente, los planos propuestos son referenciales e ilustrativos para los modelos analizados en esta propuesta, durante el desarrollo formal de la propuesta debiese considerarse el rediseño de estos acorde el lugar donde la empresa desee colocar la solución propuesta en esta investigación.



4 Conclusiones

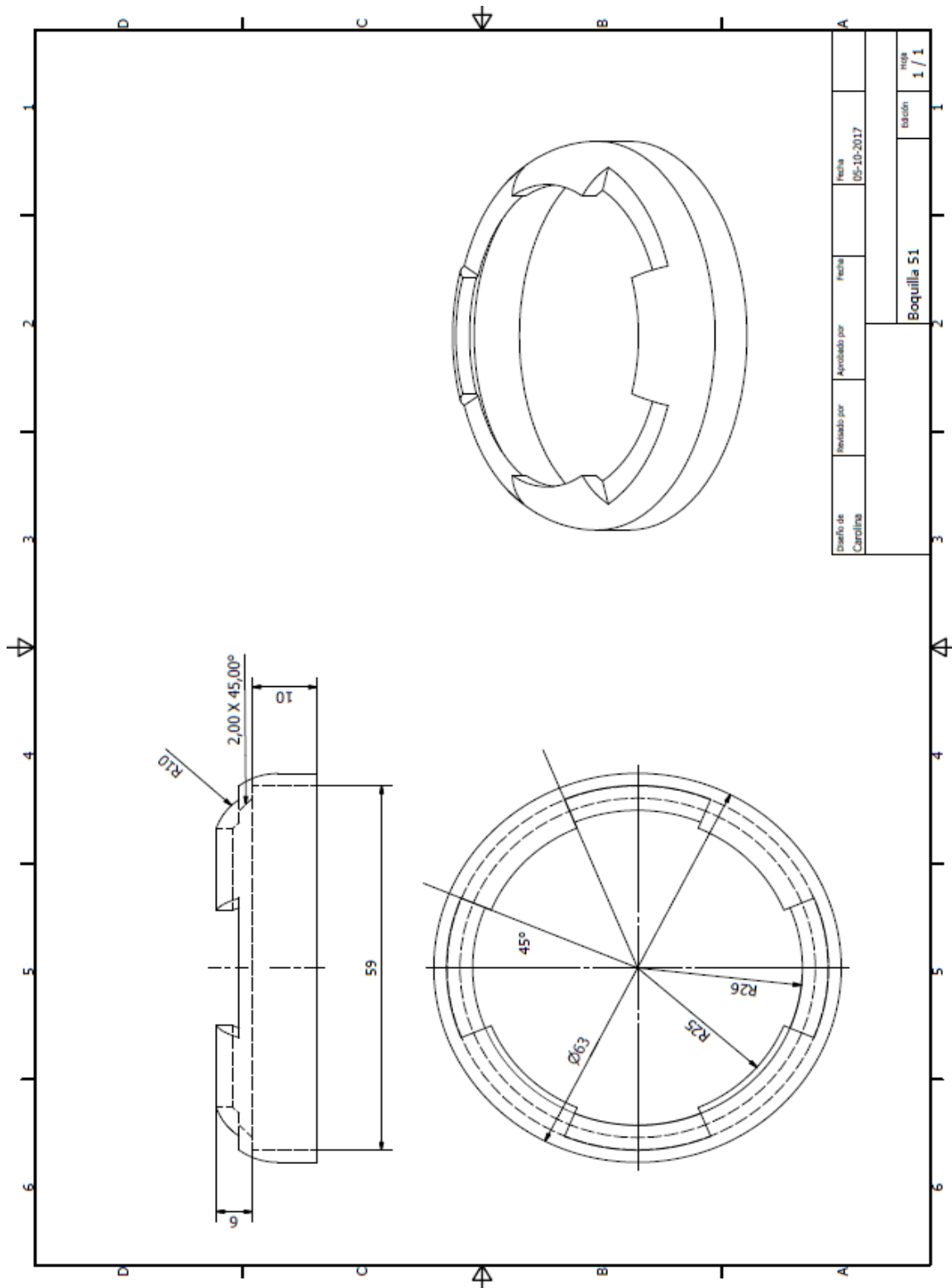
En base y consideración de los análisis realizados se concluye que el sello actual que presenta Lipigas en el mercado no es el ideal para realizar el proceso de automatización sugiriéndose a la empresa el cambio de este sello para procesos de automatización.

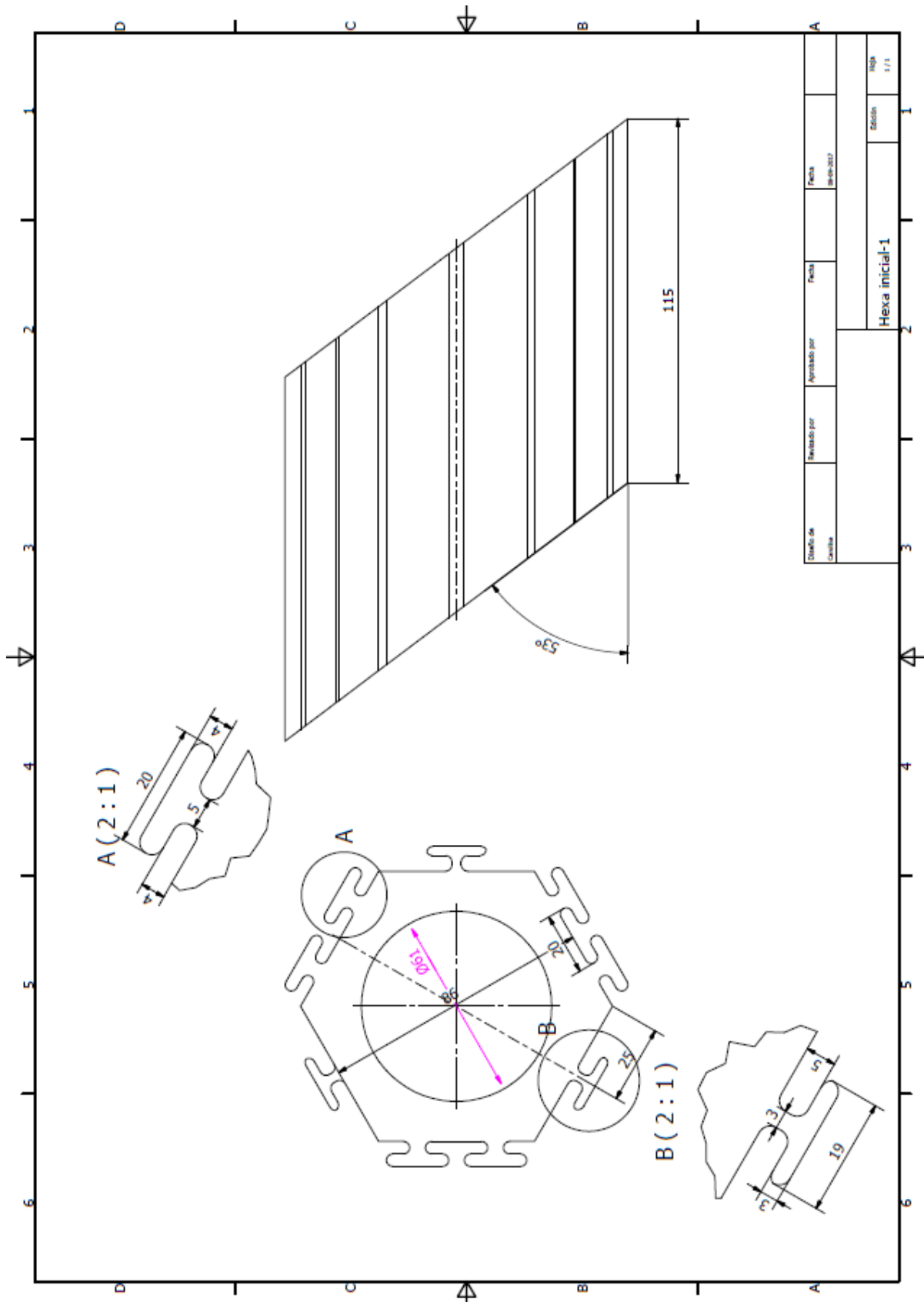
Gracias a las características del nuevo sello como su forma, ausencia de perforaciones y resistencia mecánica, junto con los experimentos realizados se concluye que es posible automatizar el proceso de posicionamiento de sellos, haciendo este proceso repetitivo; para lograr esto se debe tener en cuenta: elementos mínimos para un sistema neumático, dimensiones para la ventosa de succión, diseño de una herramienta de anclaje entre la ventosa y el robot, diseño de una boquilla de salida para los sellos el robot a seleccionar junto con sus dimensiones y el ángulo para una correcta caída de la pila de sellos.

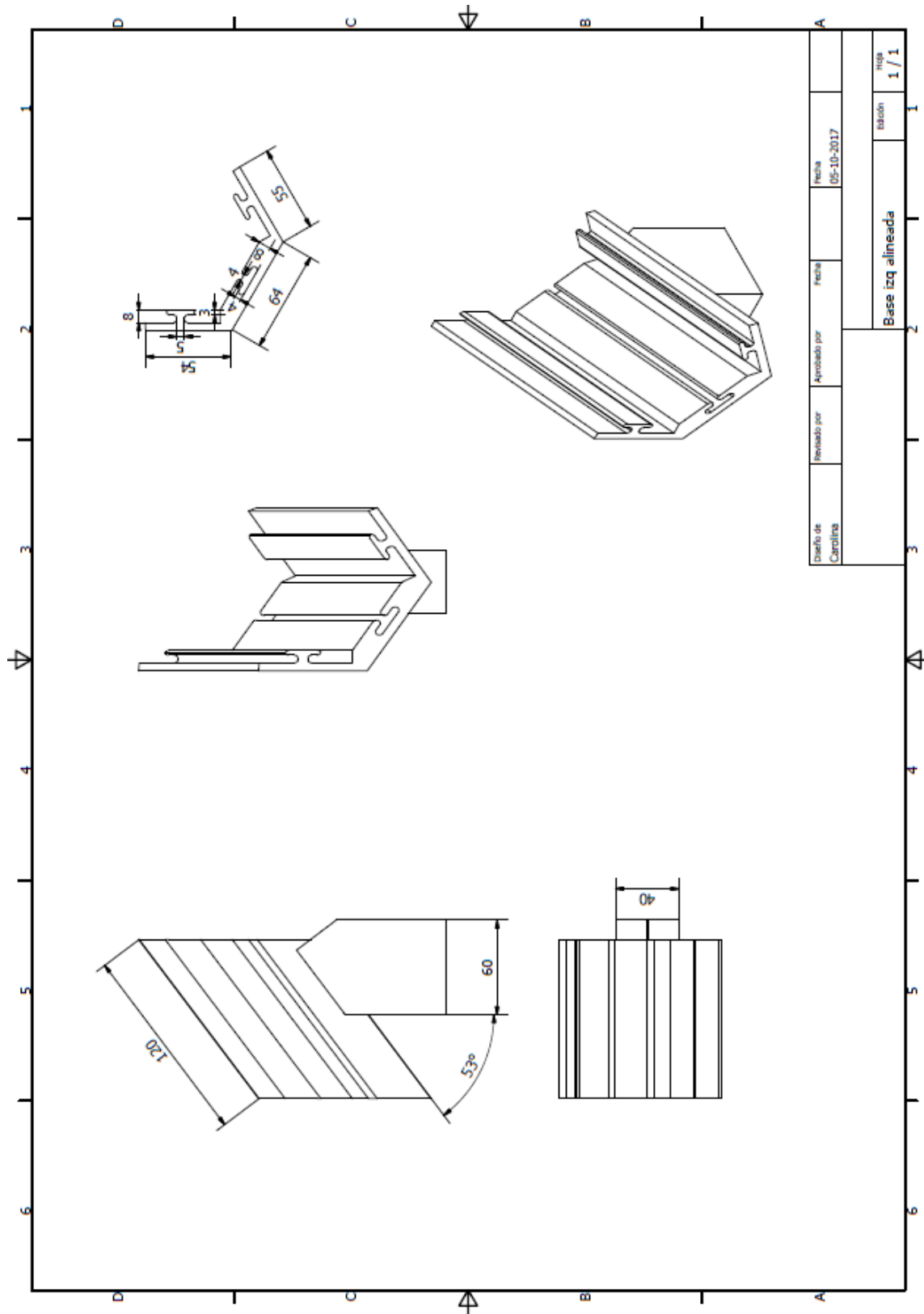
Además se fijan parámetros de selección para un robot proponiéndose el modelo de KUKA Agilus por su denominación de seguridad asociado a la norma ATEX, que permitiría operar en espacios explosivos según certificación y especificación del fabricante. En esta investigación, se propone una solución asociada a un sistema neumático debido a la factibilidad de realización debido a que la planta de Lipigas ya cuenta con un sistema neumático implementado facilitando la tarea de instalación de esto. Al no existir sistemas para dispensar sellos acorde a las necesidades planteadas se proponen dos soluciones conceptuales de las cuales una se desarrolla en detalle entregándose planos y documentación para su fabricación, de lo que además se obtiene un primer prototipo de prueba para la empresa, la selección de la propuesta así como la ingeniería de detalle se debe realizar por parte de la empresa considerando los propios esfuerzos y costos que deseen realizar junto con el proceso de manufactura, además de las consideraciones en terreno que pueden emerger durante su proyecto. La autonomía del sistema tendrá estricta relación con el robot disponible en el mercado junto con el dispensador a realizar.

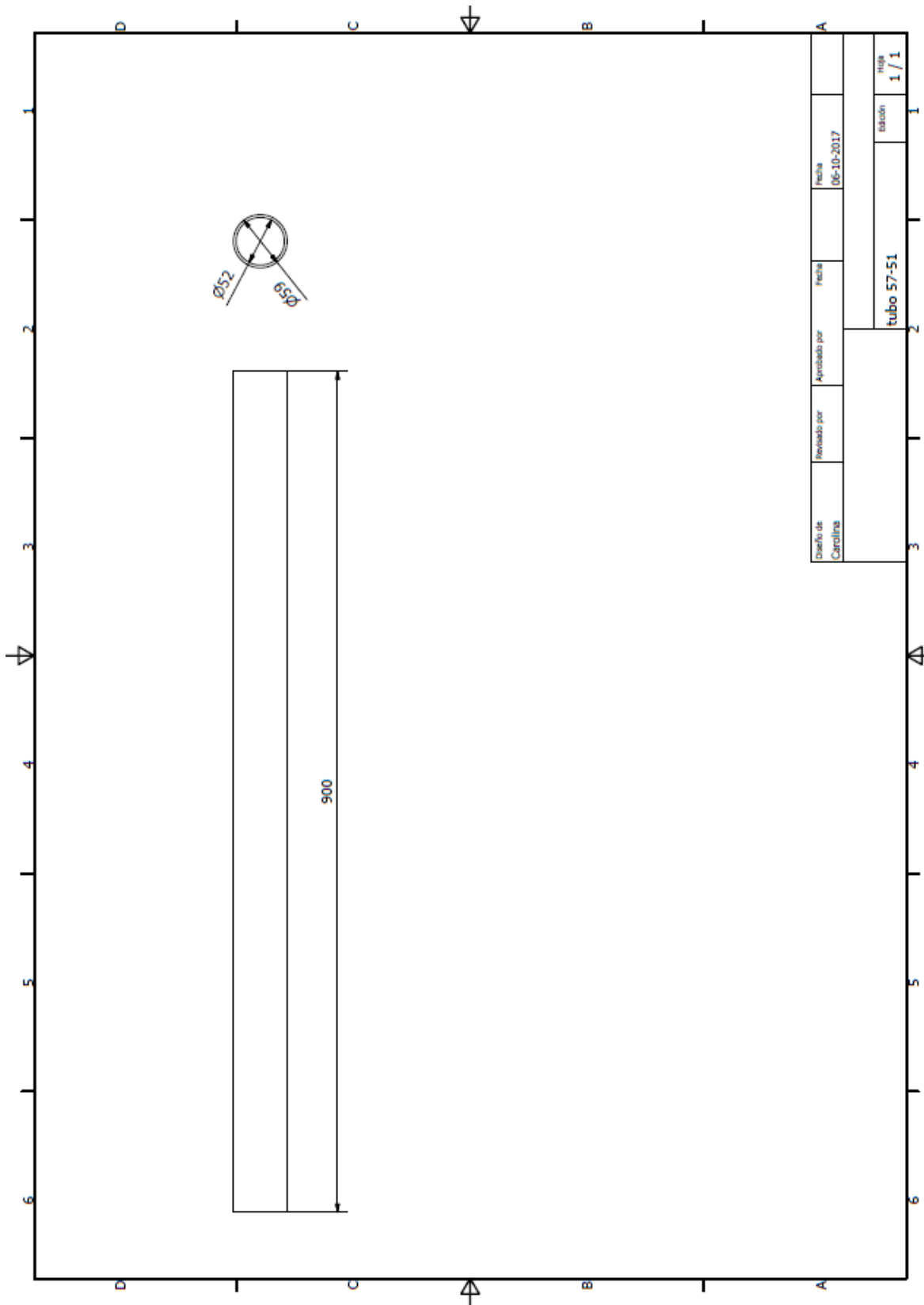
Los prototipos creados sirven para ilustrar las características mínimas para el correcto funcionamiento del sistema.

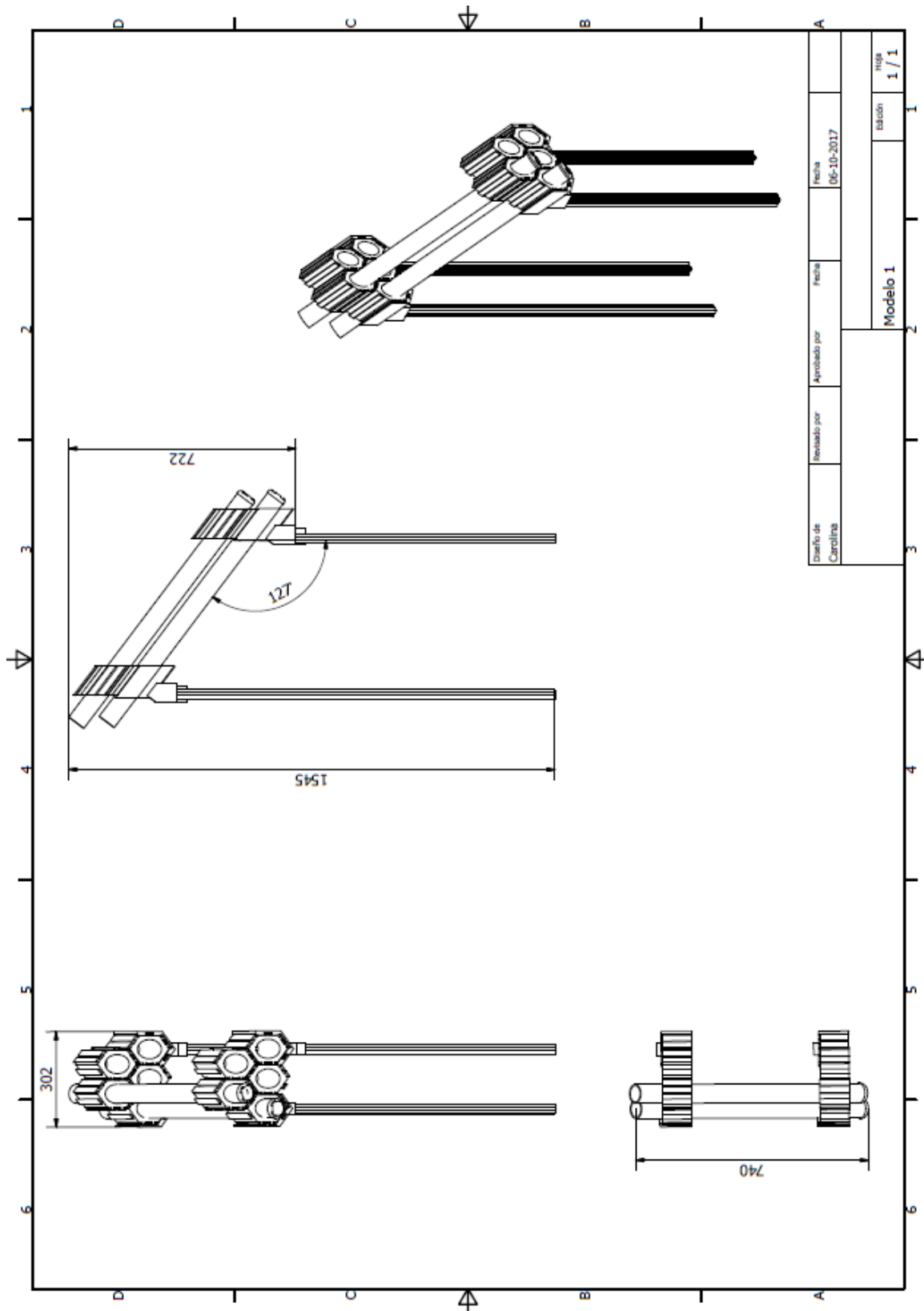
5 Anexos

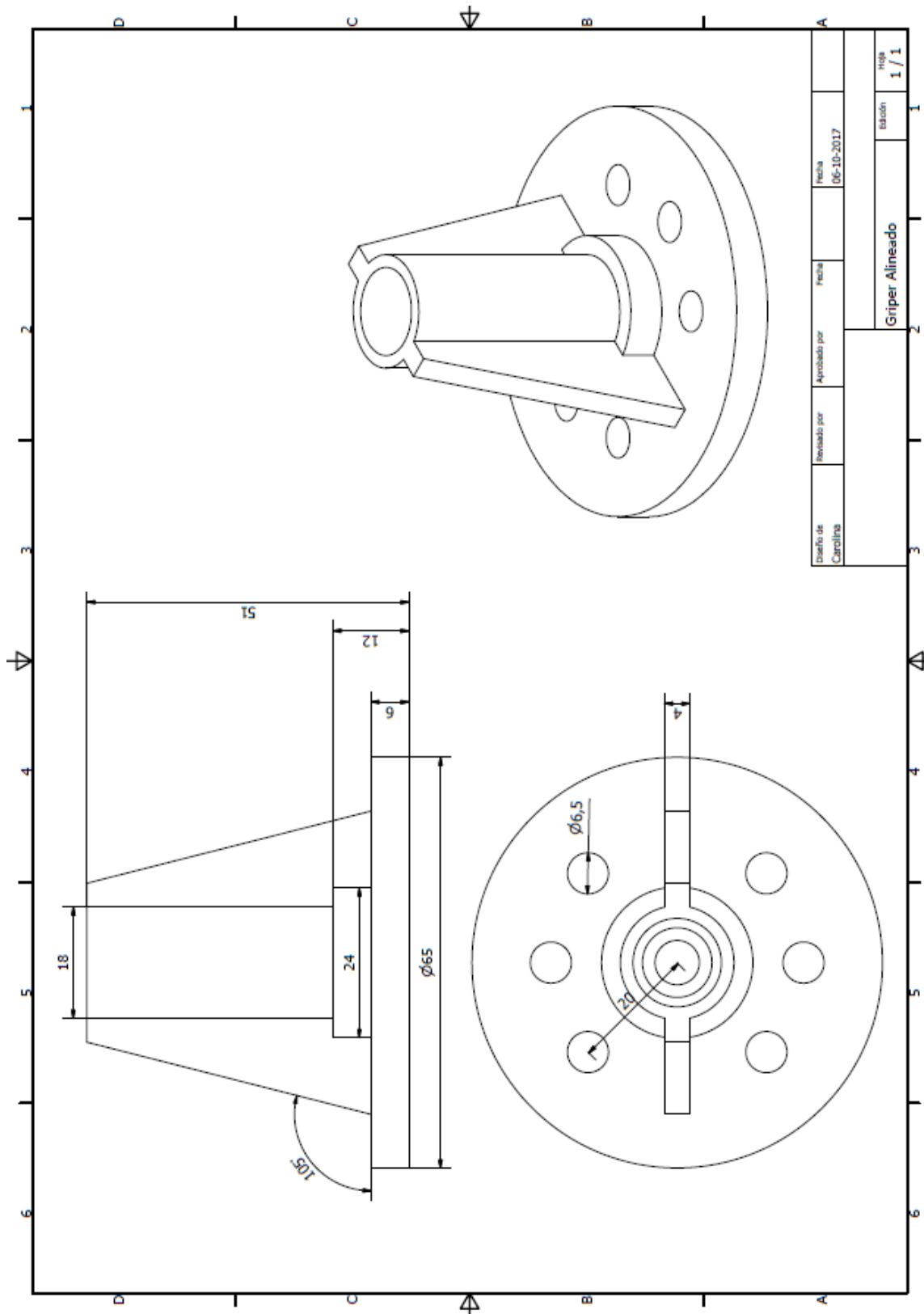


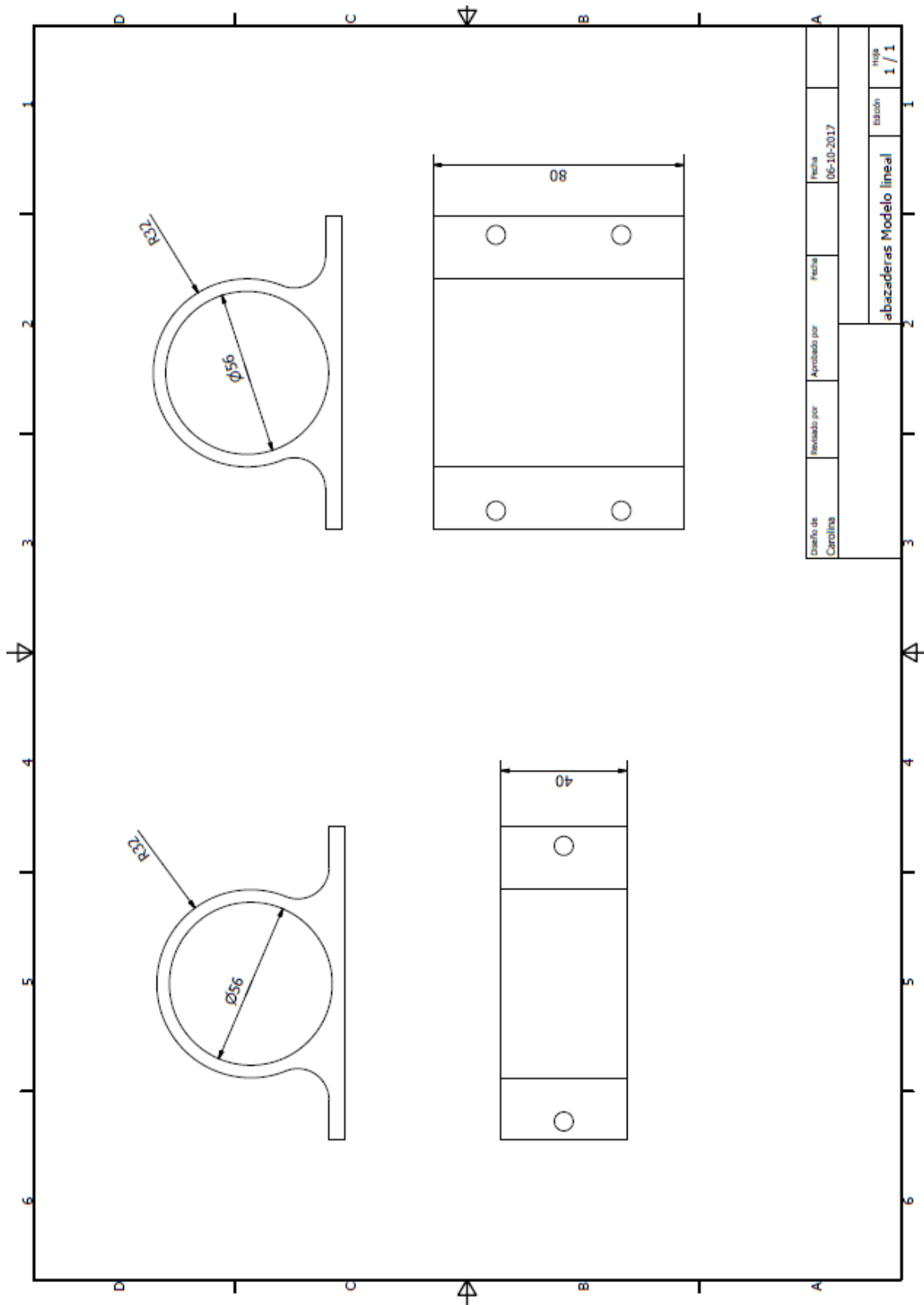




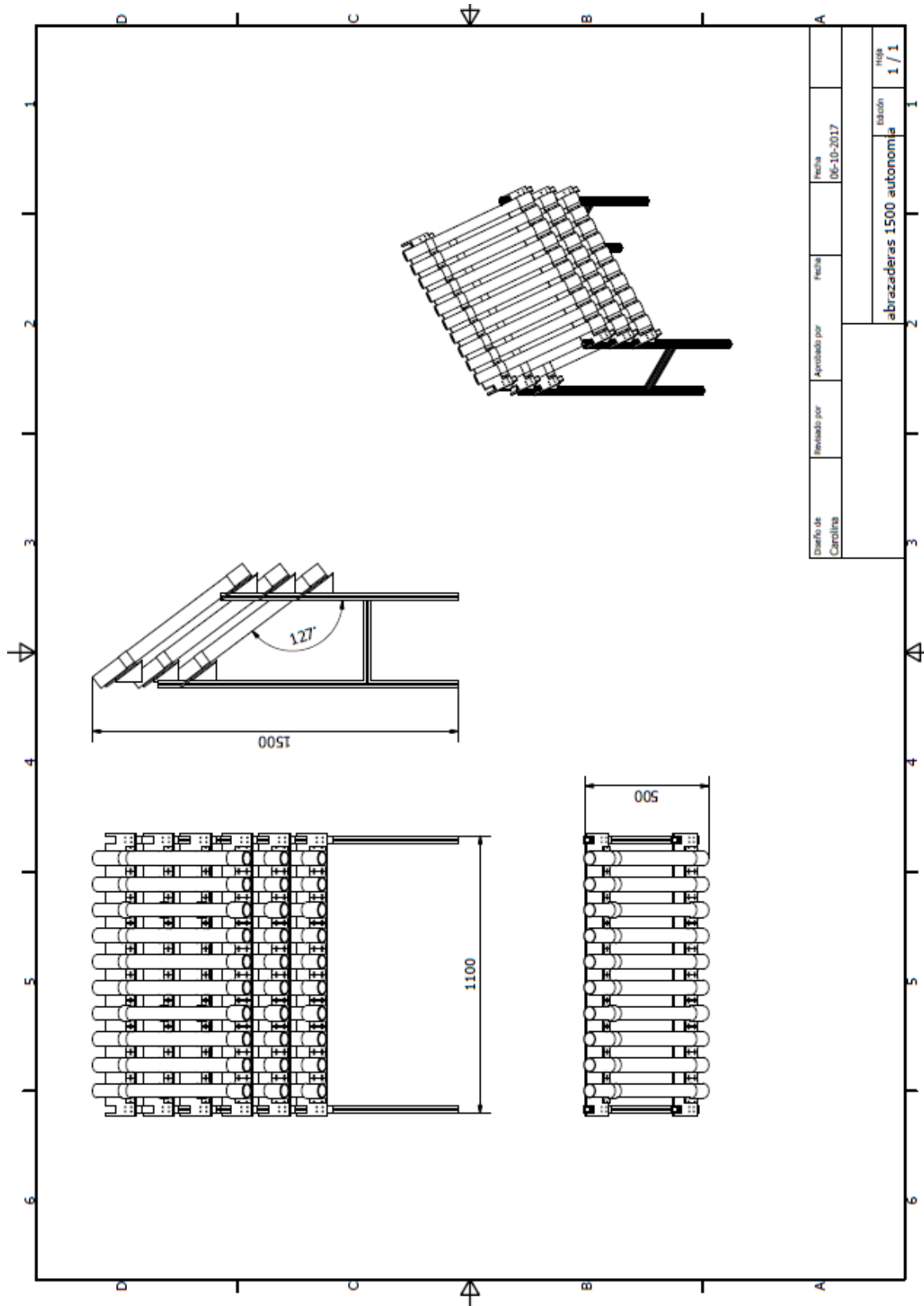








Diseño de Carolina	Revisado por	Aprobado por	Fecha 06-10-2017	Fecha	Estación	Hoja 1 / 1
abazaderas Modelo lineal						1



Fecha	06-10-2017
Revisado por	
Aprobado por	
Diseño de	Carolina
abrazaderas 1500 autonomía	
Edición	1 / 1



*Metodología para el desarrollo de soluciones industriales basado en
OTSM-TRIZ y AHP: casos empíricos en la industria chilena.*
