

**Industrias Inteligentes para el
agregado de valor a los procesos
productivos en la cadena regional: Caso
de estudio: Empresa alimenticia
marplatense.**

Trabajo final de la carrera Ingeniería
Industrial



González, Magali
Vidal, Leandro Manuel Santo

*Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, 2 de junio de 2022*



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



**Industrias Inteligentes para el
agregado de valor a los procesos
productivos en la cadena regional: Caso
de estudio: Empresa alimenticia
marplatense.**

Trabajo final de la carrera Ingeniería
Industrial



González, Magali
Vidal, Leandro Manuel Santo

*Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, 2 de junio de 2022*

Industrias Inteligentes para el agregado de
valor a los procesos productivos en la cadena
regional: Caso de estudio: Empresa alimenticia
marplatense

Autores:

Magali González

Leandro Manuel Santo Vidal

Directora:

Esp. Ing. Luciana Belén Tabone

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería, UNMDP

Codirector:

Mg. Ing. Antonio Oscar Morcela

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMDP

Evaluadoras:

Dra. Alicia Zanfrillo

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, UNMDP

Esp. Ing. Alejandra Esteban

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMDP

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
TABLA DE SIGLAS.....	vii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	viii
RESUMEN	x
PALABRAS CLAVES	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS	2
3. MARCO TEÓRICO	2
3.1 Industria 4.0.....	2
3.1.1 Contexto histórico de la industria 4.0	2
3.1.2 Contexto económico y social de la Industria 4.0 a nivel global.....	3
3.1.3 Tecnologías y herramientas de la industria 4.0.....	5
3.1.4 Contexto económico y social de la Industria 4.0 a nivel regional.	12
3.1.5 La Industria 4.0 en el sector alimentario Argentino	16
3.2 Cadena de valor / cadena de suministro / flujos de información	19
3.3 Necesidades del cliente y la evaluación de las modalidades de agregado de valor al producto/servicio - IO Soft.....	20
3.4 Auditoría tecnológica / benchmarking / vigilancia tecnológica.....	21
3.5 Servitización de datos.....	22
3.6 Análisis de decisión multicriterio	23
4. METODOLOGÍA.....	26
5. DESARROLLO	28
5.1 La empresa y la interacción con los actores a lo largo de la cadena de suministro, que aportan/requieren distintos niveles de información	28
5.1.1 Descripción general de la empresa.....	28

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos
en la cadena regional

5.1.2	Cadena de valor, cadena de suministro y demandas/aportes de información	28
5.2	Auditoría tecnológica	39
5.2.1	Herramientas de acceso y gestión de datos	40
5.2.1.1	Manipulación de datos	40
5.2.1.2	Generación de datos	42
5.2.1.3	Transformación de datos	43
5.2.1.4	Almacenamiento de datos transformados	43
5.2.1.5	Reporte de datos	44
5.2.1.6	Apps complementarias	45
5.2.2	Relevamiento de las herramientas utilizadas en cada área	48
5.2.3	Otras Tecnologías de la Industria 4.0 presentes en la empresa bajo estudio	50
5.2.3.1	Impresión 3D	50
5.2.3.2	Ciberseguridad	52
5.2.3.3	Internet de las cosas	52
5.2.3.4	Automatización de Procesos	52
5.3	Benchmarking de buenas prácticas 4.0	53
5.3.1	Planta Cerrillos - Chile	53
5.3.2	Planta Vallejo - México	54
5.4	Diagnóstico Inicial	57
5.5	Análisis de alternativas de mejora del servicio al cliente a partir de la aplicación de tecnologías innovadoras de la Industria 4.0	62
5.6	Análisis AHP	65
5.7	Plan de acción	67
6.	RESULTADOS	69
7.	CONCLUSIONES	76
8.	BIBLIOGRAFÍA	77
9.	ANEXO	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Escala de Saaty.....	24
Cuadro 2: Herramientas de manejo de datos utilizadas por las áreas.	49
Cuadro 3: Debilidades identificadas	58
Cuadro 4: Acciones propuestas	62
Cuadro 5: Definiciones raíces	63
Cuadro 6: Definiciones raíces	64
Cuadro 7: Prioridad de acciones	66
Cuadro 8: Mejoras acción N°2.....	70
Cuadro 9: Mejoras acción N°3.....	70
Cuadro 10: Reducción de tiempos en preparación y carga	71
Cuadro 11: Mejoras de acciones.....	72
Cuadro 12: Mejoras de acciones.....	73
Cuadro 13: Mejoras de acciones.....	74
Cuadro 14: Mejoras de acciones.....	74
Cuadro 15: Alternativas.....	80
Cuadro 16: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Impacto	81
Cuadro 17: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Costo-Beneficio.....	81
Cuadro 18: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Importancia	81
Cuadro 19: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Compromiso.....	82
Cuadro 20: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Capacidad.....	82
Cuadro 21: Matriz de comparaciones pareadas entre criterios.....	82
Cuadro 22: Matriz prioridad, criterio impacto	83
Cuadro 23: Matriz prioridad, criterio Costo-Beneficio	83
Cuadro 24: Matriz prioridad, criterio importancia	83
Cuadro 25: Matriz prioridad, criterio Compromiso	84
Cuadro 26: Matriz prioridad, criterio Capacidad	84
Cuadro 27: Matriz prioridad criterios.....	84
Cuadro 28: Cálculo de nmax.....	85

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos
en la cadena regional

Cuadro 29: Cálculo de consistencia	85
Cuadro 30: Vector de prioridad de los criterios.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Revoluciones Industriales.	3
Figura 2 – Aportación porcentual de la economía digital al conjunto del PIB... 5	
Figura 3 - Tecnologías de la Industria 4.0.	8
Figura 4 - Crecimiento en el uso de dispositivos IOT.	10
Figura 5 - Variación anual media porcentual de los distintos tipos de ocupaciones en el empleo. (1995-2012).	13
Figura 6 - obstáculos para la adopción de tecnologías.....	15
Figura 7 - distribución de la importancia del dominio de diferentes tecnologías.	15
Figura 8 - Composición de la muestra del sector de alimentos procesados. .	16
Figura 9 - Distribución por grupo y rama de actividad.....	17
Figura 10 - Porcentaje de firmas del sector de alimentos procesados que consideran que las habilidades en tecnologías 4.0 entre 2016 y 2018 fueron muy importantes.....	18
Figura 11 - Porcentaje de firmas del sector de alimentos procesados que consideran las habilidades en tecnologías 4.0 muy importantes entre 2018 y 2023. ..	18
Figura 12: Tipos de vigilancia tecnológica	22
Figura 13: Valores de IA según número de artículos.....	25
Figura 14: Demandas y aporte de información en la cadena de suministro... 34	
Figura 15 - Obtención de datos.	40
Figura 16 - Procesamiento de datos.....	42
Figura 17 - Pantalla inicio de PowerApps.	46
Figura 18 - Ejemplo de pantalla en aplicación realizada con PowerApps.	47
Figura 19 - Ejemplo de pantalla en aplicación realizada con PowerApps.	48
Figura 20 - Impresora 3D utilizada en la empresa.	51

Figura 21 - Impresora 3D utilizada en la empresa.....	52
Figura 22 - Matriz de proyectos.....	54
Figura 23: Gráfico enriquecido	61
Figura 24: Niveles AHP	65
Figura 25: Modelo conceptual	67

TABLA DE SIGLAS

- CATWOE: Customers, Actors, Transformation process, World view, Owners, Environment
- CPPS: Cyber Physical Production System
- CPS: Cyber Physical System
- ETL: Extract, Transform, Load
- ERP: Enterprise Resource Planning
- FEFO: First Expired First Out
- FIFO: First In First Out
- IA: Inteligencia Artificial
- IIOT: Industrial Internet Of Things
- IOE: Internet Of Everthings
- M2M: Machine To Machine
- ML: Machine Learning
- MP: Materia Prima
- OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- OLAP: On-Line Analytical Processing
- OLTP: On-Line Transaction Processing
- RFID: Radio Frequency Identification
- RPA: Robotic Process Automation
- TI: Tecnología de Información

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Data Science: Ciencia de datos
- Data Analytics: Análisis de datos
- RFID: Tecnología que permite identificar de manera remota e inalámbrica el objeto en el que está colocado un chip mediante una señal de radio.
- Handhels: Computadora de mano.
- Transacciones: Permisos a los que se puede ingresar para cargar o descargar información.
- Python: Lenguaje de programación.
- RPA: Automatización robótica de procesos que replica acciones de los seres humanos.
- Script: Secuencia de comandos.
- SharePoint: Plataforma de colaboración empresarial.
- Autoelevador: Vehículo de elevación que permite subir, bajar y trasladar cargas de pallets.
- Apiladora: Vehículo de elevación que permite subir, bajar y trasladar cargas de pallets en espacios reducidos donde no se puedan usar auto elevadores.
- Forms: Software que permite crear encuestas.
- Software: Sistema informático conformado por componentes lógicos que permite realizar tareas específicas.
- Racks: Estructuras metálicas dentro de la bodega donde se almacenan los pallets.
- FEFO: Es un método de gestión que se basa en que los productos que primero expiran o caducan, son los que primero salen.
- Transacción: Se refiere a la ejecución de ciertas acciones dentro del ERP para llevar a cabo una tarea. A cada una de ellas se ingresa mediante un código el cual es el código de transacción.
- PowerBI: Software de reporte de datos que permite hacer visualizaciones interactivas de los mismos.
- PowerApps: Software que permite realizar de forma simple aplicaciones empresariales.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

- Macros: Son un conjunto de instrucciones que pueden ejecutarse de manera secuencial cuando se requiere para automatizar tareas repetitivas.
- Tableau: Software de reporte de datos que permite hacer visualizaciones interactivas de los mismos.
- Intervenciones: Pallets de productos con fallas que no pueden ser despachados y que por lo tanto se bloquea su salida.

RESUMEN

El avance de la tecnología de los últimos años hace que las industrias tengan que adaptar sus procesos a entornos cada vez más cambiantes y que requieren un mayor valor agregado en los servicios. Si bien muchas organizaciones logran seguir el ritmo de crecimiento, otras todavía necesitan hacer muchos cambios para poder lograrlo. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar las mejoras en la cadena de suministro con la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0. Se toma como caso de estudio la planta en la ciudad de Mar del Plata de una empresa multinacional alimenticia. La metodología implementada se basa en entrevistas y análisis de fuentes de datos secundarias. Se realizan auditorías para analizar cómo son los flujos de información entre áreas y determinar qué debilidades están presentes y cómo utilizar la tecnología para solucionarlas. Se intenta entender cómo la organización genera, transforma, almacena y reporta los datos. Para tomar ideas de otras empresas sobre aplicación de tecnologías 4.0, se realiza benchmarking con plantas de la misma empresa en otros países. Para esto se realizan entrevistas a actores claves pertenecientes a plantas de México y Chile. En base a la información obtenida, la sede de Mar del Plata se encuentra atrasada respecto de las otras plantas entrevistadas en lo que a Industria 4.0 se refiere. Con esto se establece un diagnóstico inicial y se elabora una propuesta superadora. Luego, con la aplicación de IO Soft, se detectan debilidades y se propone un plan de acción para solucionarlas. Para determinar cuáles son las acciones que deben conformar el plan, se realiza un análisis AHP para poder jerarquizarlas y determinar prioridades. Con este análisis se obtienen mejoras significativas en cuanto a horas hombre (HH), llegando a una reducción del 35,47% a partir de la incorporación tecnología en distintas áreas. Por lo tanto, mejorando el flujo de información entre áreas a partir de la incorporación de distintas herramientas, se puede generar un valor agregado en la cadena de suministro.

PALABRAS CLAVES

Industria 4.0, Nuevas tecnologías, Cadena de suministro inteligente, Big Data, Automatización.

1. INTRODUCCIÓN

“En la modernidad líquida no es la durabilidad sino el veloz y exagerado ciclo de circulación, reciclado y reemplazo en el que se inscriben los productos lo que caracteriza esta nueva era, en la cual se resaltan la portabilidad y flexibilidad como atributos principales, dejando atrás la realidad sólida de otros tiempos. En este contexto las empresas deben desarrollar nuevas estrategias para asumir una actitud proactiva en entornos complejos y de gran volatilidad y generar así un mayor valor agregado a través de la adopción de nuevas tecnologías de la cuarta revolución industrial” (Zanfrillo et al., 2020).

Esta nueva era se identifica con la integración y cooperación de los sistemas físicos y virtuales a partir de la utilización de herramientas como inteligencia artificial y el aprendizaje automático. (Schwab, 2016). Otras tecnologías como computación en la nube, Big Data e Internet de las Cosas (IoT), permiten la interconexión y digitalización de los sistemas y procesos de las industrias (Joyanes Aguilar, 2017). Internet permite sincronizar el mundo físico, vinculando procesos, equipos y personas gracias a las tecnologías de operación y a las nuevas plataformas de las TIC (Castillo, Gligo y Rovira, 2017).

En este contexto, las empresas se ven condicionadas tanto por factores externos como internos para la toma de decisiones en entornos complejos e inciertos. Una de estas decisiones es determinar qué tecnologías incorporar, siendo esto un factor clave que determinará la posición de la organización a futuro y su evolución en el contexto de industria 4.0. (Valqui Vidal, 2010).

La incertidumbre en la toma de decisiones se evidencia en el hecho de que las principales variables que deben considerarse al analizar un problema son siempre cambiantes. (Tabone, et al., 2019). El proceso de decisión y puesta en marcha de acciones, para ser efectivo, debe incluir a todas las áreas de la organización. Teniendo una visión sistémica se logra obtener ventajas y generar valor para el cliente. (Quintero y Sánchez, 2006).

“Es por ello, que la cadena de valor de una organización refleja su grado de madurez y la diferencia de otras organizaciones. Al considerar a las empresas como integrantes de una cadena de suministro global, se debe posicionar el foco de análisis en nuevos (diferentes, distintos) tipos de innovaciones, particularmente las organizacionales, asentadas en la generación de nuevas metodologías y capacidades para la absorción y transferencia de tecnología.” (Tabone, 2020)

El presente trabajo consiste en un estudio de caso sobre una empresa alimenticia marplatense, y se encuadra dentro de los objetivos específicos del proyecto de investigación (2021/2022) “Industrias inteligentes para el agregado de valor a la cadena de suministro

regional”, que depende del Grupo de Investigación en Gestión de la Innovación Tecnológica y Economía del conocimiento, del Departamento de Ingeniería Industrial.

Se analiza la cadena de suministro de la empresa, los actores involucrados y el manejo y flujo de información entre las áreas de la organización, para conocer, de esta manera, las tecnologías empleadas y determinar las posibles modalidades de agregado de valor mediante la adopción de las tecnologías de la era analítica. Asimismo, se necesita una investigación complementaria acerca de qué tecnologías son utilizadas en la industria en general para la servitización y agregado de valor de sus procesos.

El objetivo general del presente trabajo es analizar las formas de agregado de valor al proceso productivo de una empresa alimenticia marplatense mediante el aprovechamiento e incorporación de tecnologías de la Industria 4.0.

Dentro del mismo se consideran como objetivos específicos a:

1. Estudiar una empresa alimenticia marplatense para comprender la forma en la que generan información a partir de la recolección de datos.
2. Describir la interacción de los actores a lo largo de la cadena de suministro, que aportan/requieren distintos niveles de información de la empresa.
3. Describir el contexto de adopción y uso de las tecnologías en los procesos de generación de valor de la cadena de suministro.
4. Comprender las necesidades del cliente/usuario de información y evaluar la posibilidad de servitización de los datos para agregar valor.
5. Analizar alternativas de mejora del servicio al cliente a partir de la aplicación de tecnologías innovadoras de la Industria 4.0.

2. HIPÓTESIS

La incorporación de tecnologías de la industria 4.0 agrega valor a la cadena de suministro de las organizaciones disminuyendo el tiempo de los procesos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Industria 4.0

3.1.1 Contexto histórico de la industria 4.0

A lo largo de la historia la irrupción de nuevas tecnologías fue generando cambios radicales en la economía y la sociedad. Previo a lo que se conoce como la cuarta revolución industrial, hubo otras revoluciones o cambios importantes que fueron cambiando la manera de percibir el mundo y que se muestran en la figura 1.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

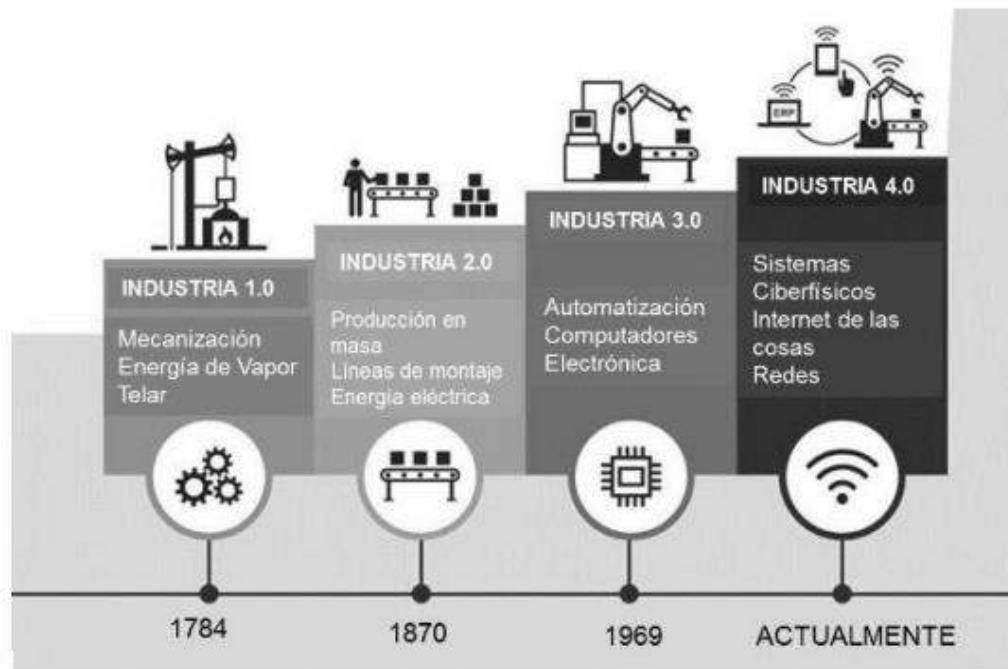


Figura 1 - Revoluciones Industriales.
Fuente: Revista UIS Ingenierías, 2020

Con la máquina a vapor comenzó la Primera Revolución Industrial. Esto se dio en Inglaterra en el siglo XVIII y generó que muchas personas que vivían en zonas rurales migraran a las ciudades por nuevos puestos de trabajo. La Segunda Revolución Industrial se produjo entre 1850 y 1870 y trajo consigo una nueva etapa en la industrialización. Se comenzaron a usar nuevas fuentes de energía, como la eléctrica, creció la producción y se introdujo la línea de montaje. Por su parte, la Tercera Revolución Industrial es denominada como la revolución científico-tecnológica por los avances en la electrónica y la computación. Esta comienza en la segunda mitad del siglo XX y se caracteriza por una mayor automatización en los procesos industriales.

Por último, está la Cuarta Revolución Industrial que recién comienza. Esta revolución viene asociada a la generación y manejo de grandes volúmenes de datos en los procesos productivos y su digitalización. La clave, en esta revolución, es el aporte de internet que permite la integración de dichos datos a lo largo de toda la cadena de suministro, convirtiendo las industrias en Fábricas 4.0. (Basco, Beliz, Coatz, Garnero, 2018)

3.1.2 Contexto económico y social de la Industria 4.0 a nivel global

La forma en la que operan las organizaciones permanece en constante cambio debido a las nuevas adaptaciones que trajo consigo la cuarta revolución industrial. Esta revolución, que se impone a gran velocidad, trae aparejada cambios en la manera en la que interactúan los países y las expectativas de todos los clientes existentes a lo largo de la cadena de suministro. (Schwab, 2016).

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Cabe destacar, que la aplicación de nuevas tecnologías a las industrias permite simplificar tareas, acortar tiempos de producción y mejorar la productividad. Un ejemplo se da en el proceso de envasado de la industria alimenticia; la aplicación de sensores en dicho proceso permite monitorearlo de forma remota. Tanto esto, como la utilización de otras herramientas inteligentes, permite tener control de la producción obteniendo datos en tiempo real. De esta manera se pueden detectar fallas o errores en el momento y tener un historial de datos para realizar mejoras. (Cámara de Valencia, s.f.)

Pero no todas son ventajas, sino que también existe la necesidad de crear un sistema de seguridad informática que resguarde la información frente a amenazas externas. Por otro lado, también se crea la necesidad de adoptar una nueva forma de trabajo ya que la automatización de tareas reduce la necesidad de participación humana en las mismas. (Schwab, 2016).

Desde el año 2013 Alemania viene llevando a cabo un proyecto de gobierno que consiste en independizar al 100% la mano de obra de la producción. Para cumplir con este objetivo es esencial la hiper conectividad entre todos los procesos, junto con la automatización de tareas utilizando herramientas de la Industria 4.0. Dicha automatización se puede llevar a cabo incluyendo a los sistemas ciber físicos haciendo uso del Internet de las cosas (IoT), computación en nube, réplicas virtuales de los procesos físicos, desarrollo de softwares, sensores, entre otros. (AA Consulting, s.f).

En cuanto a los países líderes de la cuarta revolución industrial a nivel mundial, según Accenture/Oxford Economics (2014), cabe destacar la participación de Alemania, Estados Unidos, Suecia, Holanda, Francia, Japón, etc. Según dicha fuente, el peso de la digitalización en las economías, en cuanto a su aportación al Producto Interno Bruto (PIB), abarca desde un 10% a un 35% aproximadamente, dependiendo de cada país. Como se puede observar en la figura 2, el que tiene mayor peso es Estados Unidos con un 34% del PIB, mientras que en el otro extremo se encuentra China con un 11%.



Figura 2 – Aportación porcentual de la economía digital al conjunto del PIB.
Fuente: 'Digital Opportunity Index' de Accenture y Oxford Economics, 2016.

Igualmente, aunque se hable de una cuarta revolución industrial, hay que mencionar que un gran porcentaje de la población mundial todavía debe experimentar la segunda revolución industrial, ya que alrededor de 1.300 millones de personas carecen de acceso a la electricidad hoy en día. Además, unas 4000 millones de personas no tienen acceso a internet, por lo que no se puede hablar de una tercera revolución en esos casos. (Schwab, 2016)

Como señala el Informe global 2015 sobre tecnologías de la información del Foro Económico Mundial, «*La mitad de la población mundial no tiene teléfonos móviles y 450 millones de personas aún viven fuera del alcance de una señal móvil. Alrededor del 90% de la población de los países de bajos ingresos y más del 60% a nivel mundial aún no está en línea. Por último, la mayoría de los teléfonos móviles son de una generación vieja.*»

3.1.3 Tecnologías y herramientas de la industria 4.0

La industria 4.0 implica una transformación digital en la fabricación y sus procesos con la utilización de herramientas surgidas del avance tecnológico. Esta revolución se basa en la aplicación del modelo IOT y tiene como base cuatro pilares que son:

- ❖ Soluciones inteligentes: Los productos inteligentes Cyber Physical System 1(CPS) se denominan de tal manera porque cuentan con la presencia de electrónica, software embebido (software integrado con procesos físicos) y conectividad. Esta última permite la capacidad de comunicación Machine To Machine 2(M2M) y la interacción con

¹ Sistema físico cibernético

² Máquina a Máquina

humanos, logrando formar Cyber Physical Production System³ (CPPS) y creando “Fábricas inteligentes”. Las especiales características de estos sistemas hacen que sea posible su autogestión, permitiendo la personalización, adaptación al entorno y a tareas nuevas. Gracias a estos, se logra generar nuevos servicios añadidos (servicios inteligentes) e intensificar la interacción con el cliente. Los servicios inteligentes marcan una clara innovación al establecer nuevos modelos de negocio. Las nuevas ofertas de servicio permiten optimizar los modelos existentes a través de la comunicación, la recogida de grandes datos (Big Data) y su análisis (*Data Science*⁴, *Data Analytics*⁵).

- ❖ Innovación inteligente: Se aplica a lo largo de todo el ciclo de vida del producto inteligente y conectado, permitiendo tomar decisiones gracias a la combinación de los datos recogidos del producto inteligente, de las máquinas y de los clientes. Los datos se recogen de estas tres fuentes, se analizan, y se genera información que permite predecir tendencias o comportamientos para la toma de decisiones. Gracias a las herramientas informáticas que permiten de esta manera, orientar los procesos al cliente, se acelera el flujo de innovación y se reducen los tiempos de comercialización.
- ❖ Cadenas de suministro inteligentes: gracias a la incorporación de nuevas tecnologías, se puede hablar de cadenas de suministro automatizadas e integradas que permiten flexibilidad en la logística. Esto se logra gracias a los avances de la informática que permite tener redes de colaboración ágiles y plataformas conectadas en red con interfaces entre empresas. Un ejemplo de esto es la utilización de SAP en la industria 4.0. Este software de gestión empresarial permite seguir el flujo físico de materiales y productos, identificados por radiofrecuencia (RFID), de manera digital en la plataforma.

Este seguimiento por sistema permite conocer el estado y posición de los productos en la cadena de suministro en todo momento, permitiendo comunicación entre todos los eslabones de esta. Además, sirve para tomar decisiones y mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes.

- ❖ Fábrica inteligente: este cuarto pilar se basa en la existencia de módulos o unidades de producción inteligentes (CPPS) interconectados que permiten tomar decisiones a nivel local. Cada uno de estos módulos toma los datos que requiere del proceso de fabricación al que están vinculados. Con la obtención de estos datos se descentraliza

³ Sistema de producción física cibernética

⁴Ciencia de datos: es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus diferentes formas, ya sea estructurados o no estructurados.

⁵Análisis de datos: proceso que consiste en inspeccionar, limpiar y transformar datos con el objetivo de resaltar información útil.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

el control de la producción ya que cada CPPS puede tomar decisiones relacionadas al proceso que permitan mejorar sus estándares. (del Val Román, 2016).

La industria 4.0, como producto de la cuarta revolución industrial, permite diseñar ecosistemas complejos con la utilización de tecnologías como Big Data, IoT, sensores, etc. Estas permiten obtener y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real y, además, la interacción entre máquinas, sistemas y objetos. Las industrias están incorporando nuevas herramientas y tecnologías, que, sumadas a las anteriores, permiten crear fábricas inteligentes. (Joyanes Aguilar, L., 2017)

En la figura 3 se muestran las tecnologías más destacadas de la Industria 4.0.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

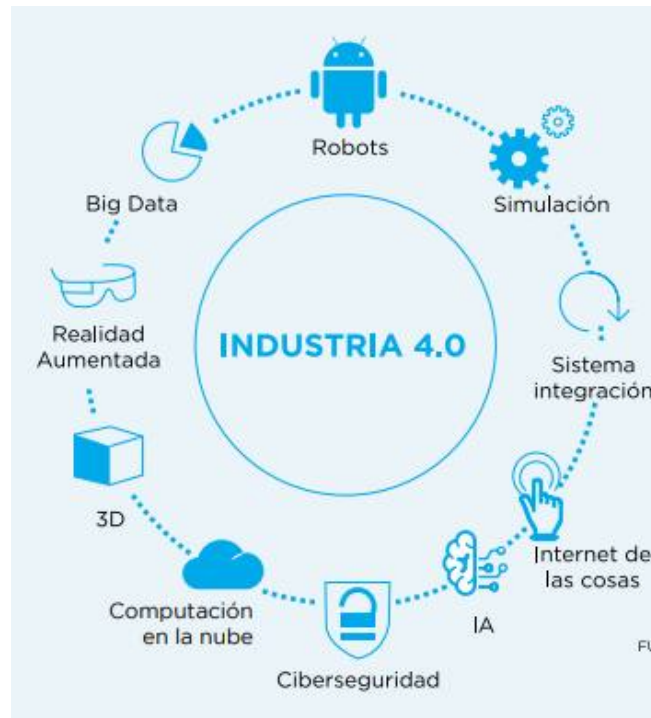


Figura 3 - Tecnologías de la Industria 4.0.
Fuente: "Industria 4.0, Fabricando el futuro"

- Robots autónomos: si bien las industrias vienen utilizando robots desde hace un tiempo, con los avances tecnológicos estos están evolucionando. Esto significa que están incrementando sus capacidades para parecerse cada vez más a los humanos, lo que se traduce en más autonomía y flexibilidad. Con esta evolución es probable que en un tiempo estos robots trabajen en conjunto con los humanos de manera cooperativa. (del Val Román, 2016).
- Inteligencia Artificial: la utilización de algoritmos permite un aprendizaje automático de las computadoras. Con el procesamiento de grandes cantidades de datos, estos algoritmos copian patrones y en la medida que estos se repiten van aprendiendo y perfeccionándose. De esta manera la máquina va adquiriendo capacidades cognitivas de los seres humanos. En la industria, permite el desarrollo de modelos neuronales aplicados a procesar imágenes reforzando la seguridad y el control de calidad; la predicción de series temporales de consumo eléctrico, y el desarrollo de estrategias de control para la gestión optimizada de estaciones de producción, entre otras." (Basco, Beliz, Coatz, Garnero, 2018)

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

- Simulación: Con la simulación se puede reflejar, de manera virtual, algo del mundo físico. Por ejemplo, las empresas pueden simular un nuevo proceso incluyendo tanto las máquinas a utilizar, como las personas y los productos. Esto se realiza a partir de la obtención de datos en tiempo real, y permite optimizar procesos al probarlos antes de hacerlos realidad, lo que reduce tiempos y aumenta la calidad. (BCG, 2015).
- Sistemas de integración horizontal y vertical: para que existan sistemas integrados debe existir una red que permita generar flujo de datos a lo largo de la cadena de suministro. Actualmente los sistemas no están completamente integrados, pero con la evolución de la tecnología en las empresas, se van a lograr cadenas totalmente automatizadas. (BCG, 2015).
- Internet industrial de las cosas: IoT, según la publicación de *Internet Society* (2018), se refiere a la conexión de objetos de la vida diaria a internet. Es decir que hay una interacción entre el mundo físico y biológico de sistemas cibernéticos en la que estos objetos generan, consumen e intercambian datos. (Rozo García, 2020)

La velocidad de crecimiento desde 2015 hasta ahora y el pronóstico de cómo crecerá la adopción de IOT hasta 2025, se puede ver en la figura 4 donde los valores representan miles de millones. Se tienen en cuenta para el análisis: *desktops*, teléfonos inteligentes, tabletas, relojes inteligentes y todos aquellos dispositivos que puedan conectarse a internet.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

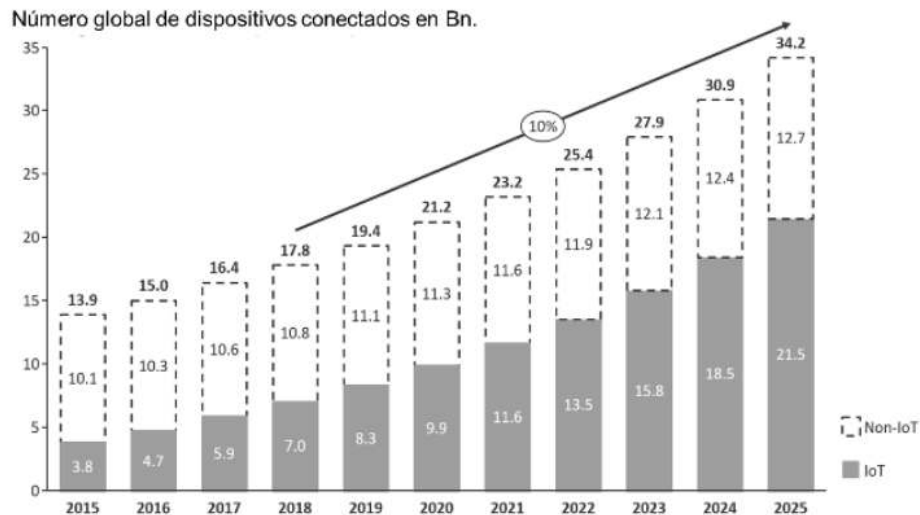


Figura 4 - Crecimiento en el uso de dispositivos IOT.

Fuente: IOT Analytics Research 2018.

- **Ciberseguridad:** con la llegada de la industria 4.0 y el crecimiento acelerado de la tecnología, se genera un aumento de la conectividad y, por lo tanto, un aumento en las amenazas de la ciberseguridad. Para evitar ataques a los sistemas informáticos de las empresas, se debe tener una gestión de acceso a máquinas que permitan comunicaciones seguras y confiables. (BCG, 2015)

Según el Informe Anual de Seguridad Nacional de 2014, existen cinco tipos de ataques a los sistemas de información, que son: ciber espionaje (ataque a gobiernos), ciberdelincuencia (ataque a cambio de recompensa), ciberterrorismo (como instrumento para ataques terroristas), hacktivismo (atacan la seguridad de los sistemas e información de grupos con ciertas ideologías) y ciberguerra (atacan los sistemas de información y telecomunicaciones que afecten a la defensa nacional.) (Joyanes Aguilar, 2017)

Para el caso de América Latina y el Caribe, un informe realizado por Symantec, la Organización de Estados Americanos (OEA), la Secretaría de Seguridad Multidimensional (SMS) y el Comité Interamericano contra el Terrorismo (CICTE) muestra que hay un incremento exponencial de las fugas de datos. (Joyanes Aguilar, 2017)

Por otro lado, el Informe Ciberseguridad 2016 “¿Estamos preparados en América Latina y el Caribe?” realizado por el BID (Banco Iberoamericano de Desarrollo), la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Centro Global de Capacitación de Seguridad Cibernética (GCSCC) de la Universidad de Oxford, analiza el estado de seguridad y madurez cibernética de estos países. Como conclusiones,

obtiene que la región es vulnerable a ataques a los sistemas informáticos, con una mayoría de países sin estrategias para protegerlos ni planes de acción para resolver los delitos cibernéticos. (Joyanes Aguilar, 2017)

El avance de la tecnología que se está dando en el mundo entero, hace que el internet de las cosas esté cada vez más presente en cada rincón. Es por esto, que la ciberseguridad es algo en lo que las empresas deben invertir para no tener problemas a futuro teniendo en cuenta el creciente volumen de datos que se están generando. (Joyanes Aguilar, 2017)

- La nube (Cloud): La industria 4.0 trae consigo el flujo de datos sin límites a través de la nube. Esto es cada vez más necesario en las empresas relacionadas a la producción, además de que no requiere inversión en infraestructuras para incrementar su capacidad. (del Val Román, 2016).

Como las empresas requieren cada vez mayor cantidad de datos e intercambio de estos, necesitan mejores tiempos de respuesta. Esto se logra con la utilización de la nube, por lo que cada vez más máquinas se implementan en la misma. (BCG, 2015).

- Fabricación aditiva (impresión 3D): Si bien la mayoría de las empresas actualmente no utilizan esta herramienta, hay algunas otras que sí. Su ventaja se da en los productos personalizados ya que es más simple fabricarlos manteniendo el tipo de diseño que se requiera (BCG, 2015).
- Realidad aumentada: es una herramienta que permite visualizar el mundo real en un objeto digital combinando técnicas de simulación y modelado. Si bien no es una herramienta que se esté usando a gran escala, tiene la ventaja de brindar información en tiempo real para tomar decisiones, por lo que se espera que las empresas la implementen en un futuro. Un ejemplo de aplicación en el envío de instrucciones de manera digital para reparar fallas en equipos. (OCDE, 2016)
- Big Data & Analytics⁶: con el crecimiento cada vez mayor de productos CPS y sistemas inteligentes CPPS en las empresas, también la cantidad de datos se multiplicará. Es clave entonces su análisis para determinar puntos a mejorar en los procesos, predecir comportamientos futuros y mejorar la eficiencia. Además, de esta forma se puede determinar en donde hacer foco para agregar valor en los servicios al cliente (del Val Román, 2016). Por otra parte, evaluar los datos recolectados de distintas fuentes servirá para tomar decisiones en tiempo real bajo condiciones de certidumbre. (BCG, 2015).

3.1.4 Contexto económico y social de la Industria 4.0 a nivel regional

Actualmente, muchas regiones sufren la falta de conectividad gracias a políticas deficientes que no tienen en cuenta inversiones en tecnología para generar inclusión social. Para lograr esto, la inversión tiene que ser tanto pública como privada y las ideas deben surgir a partir del diálogo en ámbitos propicios como lo es el Foro Económico de Davos. (Cepal, 2016). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) da apoyo a la organización de las Conferencias Ministeriales sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe, en las cuales se lleva a cabo el desarrollo de políticas para un uso productivo e inclusivo de las nuevas tecnologías.

La Cuarta Revolución Industrial, no sólo trae una sustitución de empleos actuales por nuevas tecnologías, sino que también trae una transformación de nuevos puestos de trabajo. Según Weller (2017), *“El impacto de los cambios tecnológicos en el empleo en América Latina no puede analizarse en forma determinista como resultado automático de las innovaciones tecnológicas, sino que los aspectos tecnológicos*

⁶ Grandes datos y su análisis.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

deben ser contextualizados en el entorno institucional y organizacional donde se observan.” (CEPAL/OIT, 2019).

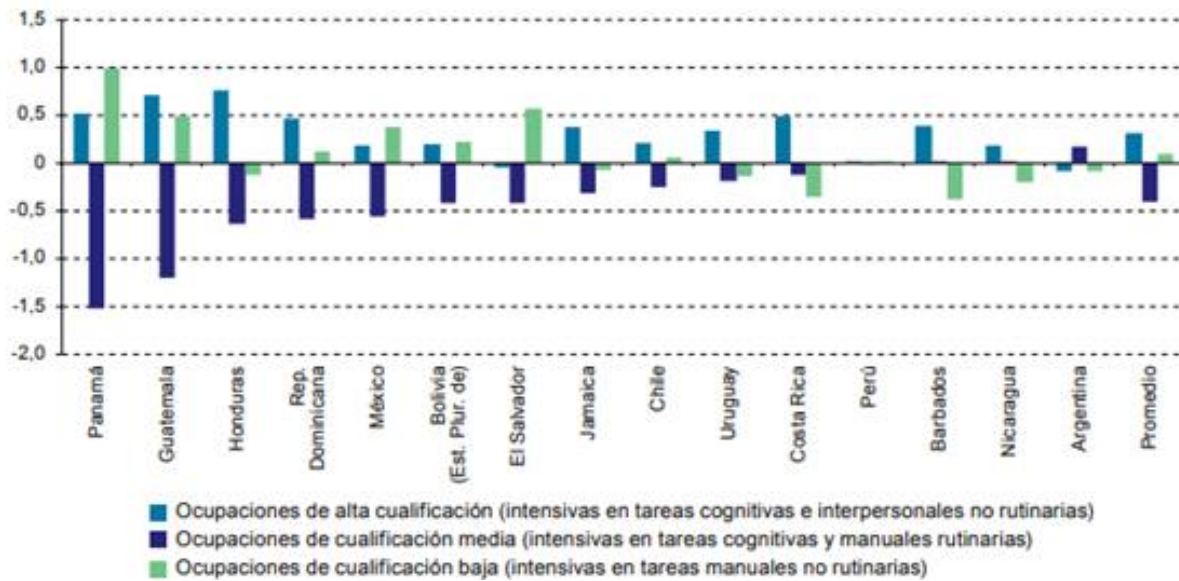


Figura 5 - Variación anual media porcentual de los distintos tipos de ocupaciones en el empleo. (1995-2012).

Fuente: J. Weller, “Las transformaciones tecnológicas y su impacto en los mercados laborales”.

Para respaldar lo dicho por Weller y como puede observarse en la figura 5, mientras que las tareas repetitivas o rutinarias se reducen año a año, las no rutinarias aumentan. Esto se ve reflejado en el avance constante en la aplicación de nuevas tecnologías a las cadenas de suministros.

La aparición del SARS-CoV-2 en el año 2019 aceleró la necesidad de incorporar nuevas tecnologías a los servicios. Por ejemplo, las plataformas digitales de reparto fueron uno de los sectores que incrementaron su demanda a partir de las restricciones de movilidad de la población. Por otro lado, la modalidad de teletrabajo también aumentó en gran medida, además de adquirir características diferentes a las que poseía el teletrabajo habitual. Si bien la pandemia está generando una gran contracción económica no solo a nivel regional, sino que también a nivel global, es cierto que también la digitalización está acelerando esta transformación tecnológica. (Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2020).

Si se hace referencia al caso particular de Argentina, según una encuesta realizada por INTAL (Instituto Para la Integración de América Latina y el Caribe) BID, CIPPEC (Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento) y UIA (Unión Industrial Argentina) en 2018, el país está apenas comenzando su proceso de adopción de la Industria 4.0. Si se mencionan números, del 100% equivalente a 307 firmas de industria manufacturera, sólo un 6% de las empresas encuestadas están cerca de la cima tecnológica

(los que se denominan Cóndores), mientras que un 45% utiliza tecnologías de tercera generación, pero tiene en mente llegar a esa cima (denominados Alpinistas). Por último, el 49% restante (denominados *trekkers*⁷) usa tecnologías de primera y segunda generación y no le hace frente al avance tecnológico. (Albrieu, Basco, Brest López, Azevedo, Peirano, Rapetti y Vienni, 2019)

Como parte del mismo estudio y como justificación a que pocas empresas adoptan nuevas tecnologías, se muestran en la figura 6 los principales obstáculos para la adopción de tecnologías según los tres grupos definidos como cóndores, alpinistas y *trekkers*.

Se puede ver cómo la falta de acceso a financiamiento es el primer obstáculo para adoptar nuevas tecnologías.

Por último, la figura 7 muestra cómo se distribuye la importancia del dominio de diferentes tecnologías para las firmas encuestadas.

⁷ Excursionistas.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

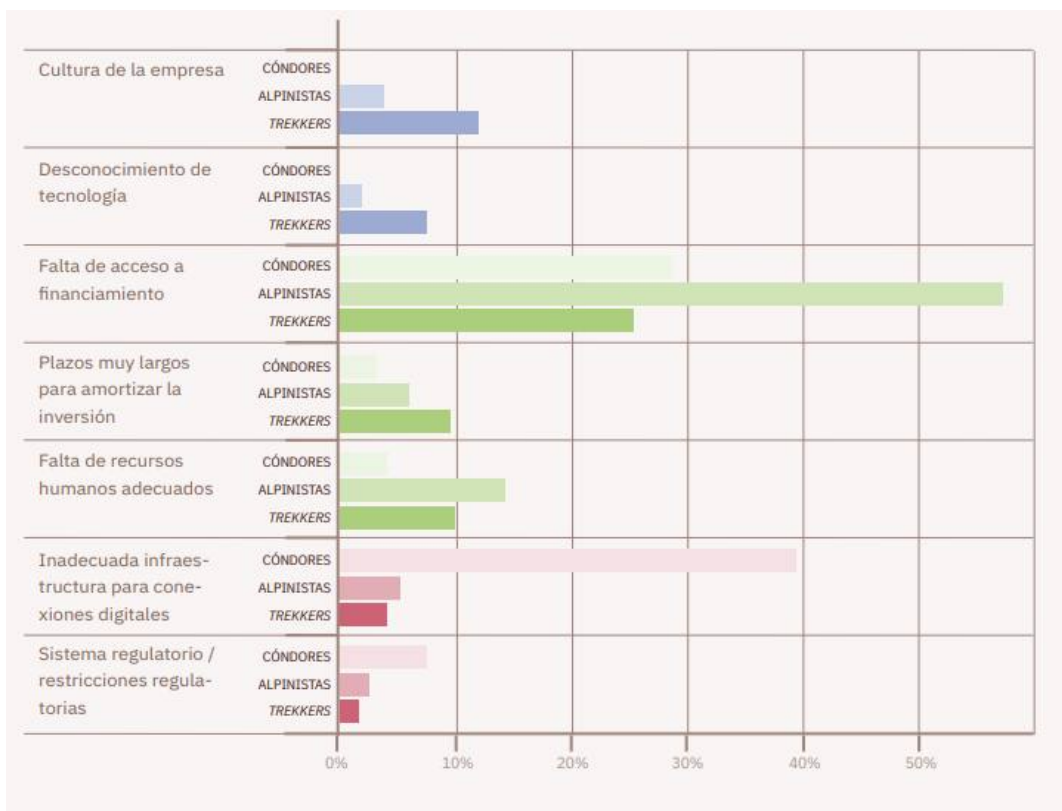


Figura 6 - Obstáculos para la adopción de tecnologías.

Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA, 2018.



Figura 7 - Distribución de la importancia del dominio de diferentes tecnologías.

Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA, 2018.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Si bien se espera que en los próximos 5 años haya un salto en la demanda de habilidades relacionadas al avance tecnológico, la mayoría de las empresas argentinas aún no dieron un salto hacia la industria 4.0. Se puede ver en la figura anterior la poca importancia dada a las habilidades relacionadas a inteligencia artificial, impresión 3D, computación en la nube, sensores inteligentes, internet de las cosas y realidad aumentada para la contratación de personal en los últimos años. (Albrieu, Basco, Brest López, Azevedo, Peirano, Rapetti y Vienni, 2019).

3.1.5 La Industria 4.0 en el sector alimentario Argentino

En el estudio mencionado más arriba de INTAL- BID, CIPPEC y UIA en 2018, 47 firmas del total fueron de alimentos procesados. La muestra de dicho sector se compuso como se muestra en la figura 8.

Sector	Cantidad de empresas	Con control accionario extranjero mayoritario (%)	Que exporta (%)*	Micro (%)	Pequeña (%)	Mediana tramo bajo (%)	Mediana tramo alto (%)	Grande (%)
Alimentos procesados	47	0	32	30	34	15	15	6

Figura 8 - Composición de la muestra del sector de alimentos procesados.

Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA (2018)

Siguiendo la clasificación de Cándores, Alpinistas y Trekkers, se ve en la figura 9 que, de la muestra del sector de alimentos procesados, el mayor porcentaje se encuentra dentro de los Trekkers.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

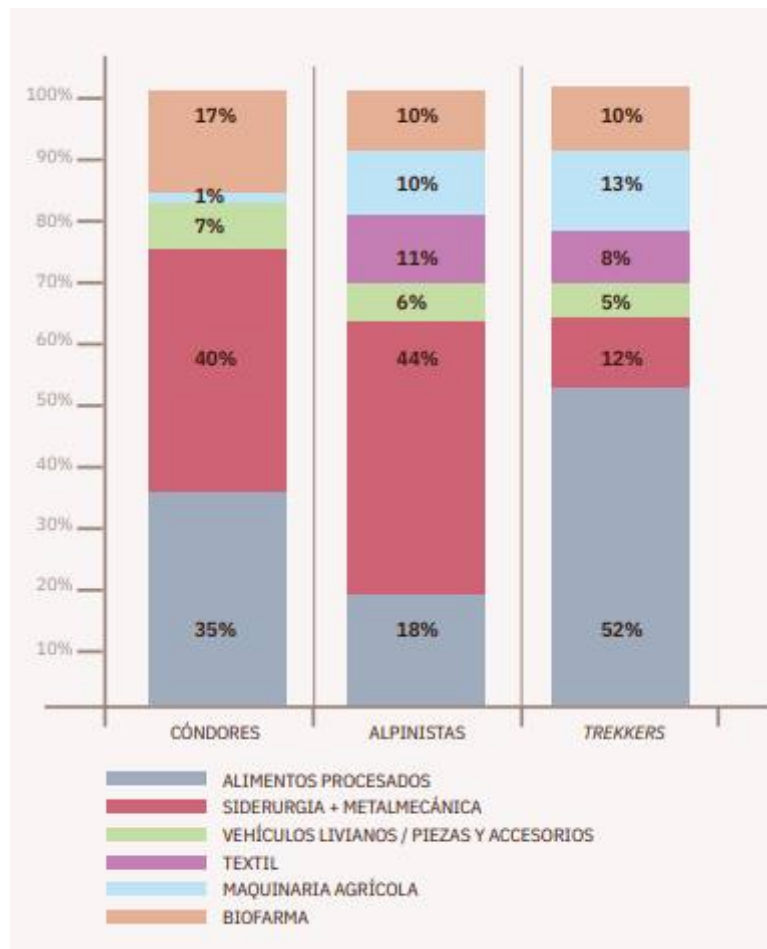
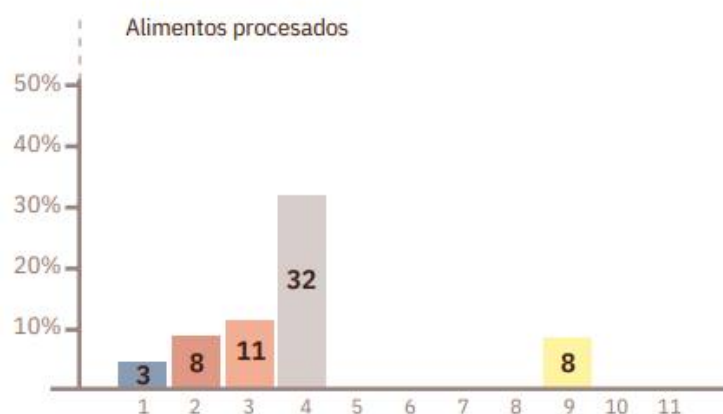


Figura 9 - Distribución por grupo y rama de actividad.
Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA (2018)

En base a esto, otra parte del estudio consistió en determinar qué porcentaje de las firmas consideraba muy importantes a las habilidades de la industria 4.0 en los dos años previos al estudio y qué porcentaje lo consideraba muy importante para los cinco años posteriores. Haciendo foco en la industria de alimentos, los resultados se muestran en las figuras 10 y 11.



Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional



Figura 10 - Porcentaje de firmas del sector de alimentos procesados que consideran que las habilidades en tecnologías 4.0 entre 2016 y 2018 fueron muy importantes.

Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA, 2018

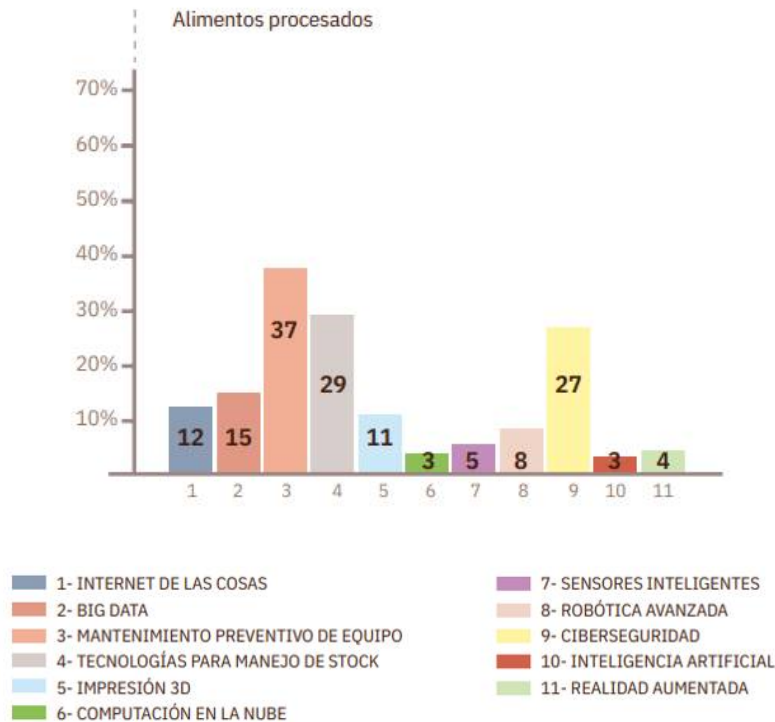


Figura 11 - Porcentaje de firmas del sector de alimentos procesados que consideran las habilidades en tecnologías 4.0 muy importantes entre 2018 y 2023.

Fuente: Encuesta INTAL- BID, CIPPEC y UIA, 2018

Haciendo una comparativa entre 2016-2018 y 2018 en adelante, se puede observar el aumento de la importancia de tecnologías 4.0 en años más recientes. También se puede ver la incorporación de otras tecnologías que anteriormente no se usaban: algunas tecnologías ya eran mayormente utilizadas por las industrias en 2016 aunque aumentaron su importancia considerablemente a partir de 2018, mientras que otras tecnologías emergentes están cobrando cada vez mayor importancia en la industria (Impresión 3D, computación en la nube, sensores inteligentes, robótica avanzada).

Por otra parte, se puede diferenciar la ciberseguridad de las otras tecnologías, ya que esta es un pilar que atraviesa a todas las demás: Cuanto mayor importancia cobran las nuevas

tecnologías de la industria 4.0, mayor importancia cobra también la ciberseguridad con el objetivo de preservar la información sensible manipulada con dichas habilidades.

3.2 Cadena de valor / cadena de suministro / flujos de información

La cadena de valor en una empresa, según Porter (1986), se compone por actividades primarias, las actividades de apoyo y el margen:

Dentro de las Actividades Primarias se pueden mencionar:

- a. Logística de entrada: Consisten en la recepción y manipulación de los materiales, almacenamiento, inventarios, entre otras.
- b. Operaciones: Aquellas que a lo largo del proceso transforman el producto final
- c. Logística de salida: Todas las actividades relacionadas a la distribución del producto final: transporte, programación de pedidos, almacén de producto terminado.
- d. Comercialización y ventas: Formada por las actividades del marketing operativo (precios, nichos de mercado, canales de distribución, publicidad, canales de ventas).
- e. Servicio: Actividades que agregan valor al producto (seguimiento de pedido, cambio o devolución, instalación y capacitación, entre otros).

Como parte de las actividades de soporte existen:

- f. Compras: Consisten en la adquisición de materiales, materias primas e insumos necesarios para el proceso productivo.
- g. Desarrollo de la tecnología: Se basan en actividades que impulsan la adquisición, conocimiento y desarrollo tecnológico en los procesos productivos.
- h. Dirección de recursos humanos: Actividades relacionadas a la selección, seguimiento y gestión del personal en la organización.
- i. Infraestructura institucional: Son aquellas que componen la estructura de una organización, tales como: dirección, sistemas de información con entradas, procesamiento y salidas, planificación, legales, calidad, finanzas, entre otros. (Quintero, Sánchez, 2006)
- j. Margen: Diferencia entre el valor total de la organización y los costos totales en los que incurre para las actividades que crean valor en todo el proceso productivo. (Quintero, Sánchez, 2006)

Por otra parte, se define la cadena de suministro como actividades que unen a los diferentes actores del proceso, con el fin de obtener resultados de entrega de productos en tiempo y forma, confiable y de calidad a un bajo costo. (Srinivasan M., Mukherjee D. y Gaur A. S., 2011).

La diferencia más característica entre la cadena de valor y cadena de suministro se enfoca en la forma de abastecer al cliente: La cadena de valor se enfoca hacia atrás en el

proceso, buscando generar valor a partir de las necesidades o requerimientos del cliente. En cambio, la cadena de suministros se enfoca hacia delante enfocándose en los proveedores y productores para eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia. (D. Walters y M. Rainbird, 2004).

Sin embargo, J. Ramsay (2005) menciona que la cadena de valor y la cadena de suministros no son mutuamente excluyentes, sino que se complementan interactuando entre sí para poder brindar bienes y servicios al cliente.

3.3 Necesidades del cliente y la evaluación de las modalidades de agregado de valor al producto/servicio - IO Soft

“Para analizar problemas complejos, Mingers (2011) recomienda la utilización de combinaciones creativas de los métodos duros y blandos y plantea el concepto de multimetodologías. La Investigación Operativa Blanda o Soft está compuesta por una generación de métodos pensados y elaborados para un mundo complejo, conflictivo e incierto. Su principal función es la de estructurar problemas antes de intentar resolverlos (Gomes y Zanazzi, 2009)” (Tabone, Mortara, Zanfrillo, 2020)

Los pasos que se siguen dentro de esta metodología según Checkland y Holwell (1998) son:

- Paso 1: Discutir sobre la situación problemática que se va a analizar, buscando formas de acotar el problema.
- Paso 2: Definir formalmente el problema, expresando la situación mediante la técnica de imágenes enriquecidas. Se analiza el contexto que lo genera y las consecuencias de este.
- Paso 3: Constituir definiciones raíces definiendo qué hacer, cómo hacerlo y por qué hacerlo. Las definiciones raíces se elaboran según los diferentes puntos de vista de las personas involucradas. La metodología consiste en detallar 6 elementos que contribuyen a profundizar los alcances de la definición raíz y que son *Customers, Actors, Transformation process, World view, Owners, Environment*⁸(CATWOE).
- Paso 4: Elaborar modelos conceptuales para cada definición de raíz que muestren las actividades necesarias para poder llevar a cabo el cambio planteado en el paso 3.
- Paso 5: Comparar los modelos presentados en los pasos 2 y 4. Esto se hace con el fin de poder ver las diferencias y similitudes entre los modelos conceptuales y la situación actual.

⁸ Clientes, Actores, Proceso de Transformación, Punto de vista, Impedidores, Entorno.

- Paso 6: Definir los cambios a realizar para solucionar el problema inicialmente planteado.
- Paso 7: Implementar los cambios propuestos en el paso anterior para mejorar la situación problemática.

3.4 Auditoría tecnológica / benchmarking / vigilancia tecnológica

La auditoría tecnológica es una herramienta de la industria 4.0 que se aplica en las organizaciones para reconocer y analizar requerimientos, puntos de mejora y fortalezas con el fin de evaluar oportunidades de optimización de recursos tecnológicos existentes. Luego, en base a esto, se determina cuáles son las tecnológicas ideales para el crecimiento de la organización y su desempeño en el entorno productivo. (Fantín, 2016).

El benchmarking es un proceso continuo mediante el que se busca mejorar la competitividad de una empresa accionando sobre una o más áreas de esta. Esto se realiza comparando los productos, servicios o procesos de trabajo de la propia empresa con los de otra mejor posicionada. No es copiarse de la competencia, sino tratar de implementar buenas prácticas observadas en los líderes (estrategias, métodos y técnicas) y adaptarlas a la realidad de la organización realizando mejoras. (Espinosa, 2019)

Además, y como menciona Espinosa, existe el benchmarking interno. Este se lleva a cabo dentro de la misma empresa. Se trata de identificar un área modelo dentro de la organización y a partir de ella poder replicar o modelar sus resultados en otras áreas dentro de la compañía. (Espinosa, 2019).

Por último, la vigilancia tecnológica es definida según la Norma Española UNE 16600 como *“Es el proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”*.

Dicha norma española apunta a la necesidad de gestionar los recursos correctamente para el desarrollo del sistema de gestión de vigilancia tecnológico e inteligencia, así como también describe sus actividades. También indica que tanto la vigilancia como la inteligencia son herramientas fundamentales para la gestión de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación que permiten desarrollar nuevos productos y servicios y procesos.

A su vez, existe una norma argentina, “Norma IRAM – 50520: 2017”, que busca apoyar toma de decisiones estratégicas en contextos continuamente de cambio, a través de la implementación de un sistema de vigilancia e inteligencia estratégica.

A partir de los aportes de Porter (1980), se considera que hay cinco factores determinantes de la competitividad de una empresa: clientes, proveedores, entrantes

potenciales en el mercado (nuevas empresas), competidores del sector y productos sustitutos. A partir de estos factores, la organización puede organizar la vigilancia en torno a ciertos ejes que se muestran en la figura 12.



Figura 12: Tipos de vigilancia tecnológica

Fuente: Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica, VeIE: buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VeIE, 2015

3.5 Servitización de datos

Al hablar de servitización se puede hacer referencia a distintos autores que la definen de formas diferentes.

Vandermerwe y Rada (1988) se refieren a la servitización como una tendencia en que las empresas buscan ganar competitividad en el mercado basando sus negocios en los servicios.

Por otra parte, Baines et al., (2011) la definen como un desarrollo necesario de las empresas manufactureras para poder proveer soluciones a los clientes.

Por último, y tomando en cuenta una definición más específica sobre servitización de datos: La servitización es parte de la industria 4.0 y se basa en ofrecer a los clientes información del funcionamiento su producto en tiempo real. Esta información se obtiene a través de sensores conectados a internet e instalados en los dispositivos. Luego con estos datos se utiliza la analítica para obtener información y así generar un servicio agregado a los clientes. (Grupo Spri, 2017).

Estos nuevos servicios permiten a los fabricantes ser más competitivos y ganar en diferenciación dentro de un sector cada vez más global.

En palabras resumidas, este concepto se define para designar la estrategia de negocio basada en acompañar la provisión de productos físicos a un determinado mercado con el suministro de servicios de valor añadido en torno a dichos productos.

Para lograr avanzar en el camino hacia una industria 4.0 se debe tener un manejo y conocimiento avanzado de las tecnologías para explotar datos. Además, es clave tener un gran conocimiento del negocio y de los procesos para saber dónde es importante diseñar servicios de valor añadido y así forjar alianzas en estas nuevas cadenas de valor cada vez más digitalizadas. Todo esto debe ser acompañado de una actitud proactiva y de la detección temprana de eventos para tomar medidas al respecto. (Tecnalia, 2017)

Según Grupo Spri, uno de los ejemplos más representativos y simples de servitización es el mantenimiento predictivo que emplean dispositivos como las fotocopiadoras con conexión a Internet. En el momento que el productor o fabricante recibe la información de que hay un error de funcionamiento o la fotocopiadora se está quedando sin tinta, el servicio técnico inicia de forma automática. (Grupo Spri, 2017)

3.6 Análisis de decisión multicriterio

El proceso analítico de jerarquías (PAJ) está diseñado para resolver problemas complejos que tienen criterios múltiples que pueden ser tanto cuantitativos como cualitativos. Para dichos criterios se puntúa subjetivamente la importancia de uno respecto al otro y se le da una preferencia a cada alternativa según cada uno de estos. El resultado de este proceso es una jerarquización de prioridades que muestra la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

Para comenzar con el PAJ se debe elaborar una representación gráfica del problema en términos de la meta global, los criterios y las alternativas de decisión. Luego se siguen una serie de pasos que se detallan a continuación (Anderson, 2004):

Paso 1: Elaborar las matrices de comparaciones pareadas evaluando cada alternativa según los distintos criterios, y los criterios entre si para determinar la preferencia de uno respecto a otro.

El PAJ utiliza una escala con valores del 1 al 9 para calificar las preferencias relativas de los elementos como se puede ver en el cuadro 1.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente a extremadamente preferible	8

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Cuadro1: Escala de Saaty

Fuente: AHP, Anderson (2004)

Si por ejemplo una alternativa 1 tiene una preferencia de 5 sobre otra alternativa 2 respecto de un criterio específico, entonces la alternativa 2 va a tener una calificación de 1/5 respecto de la primera.

Paso 2: Realizar un síntesis de juicios de la siguiente manera:

1. Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas.
2. Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna. La matriz resultante de este paso se denomina "Matriz de comparaciones pareadas normalizada"
3. Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de la matriz normalizada; estos promedios proporcionan una estimación de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

Paso 3: Realizar un análisis de consistencia de los juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. Los pasos que se siguen para este análisis se describen a continuación:

1. Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparaciones pareadas por la prioridad relativa del primer elemento que se considera. Esto se realiza para cada columna y cada elemento considerado. Luego se debe sumar los valores sobre los renglones para obtener un vector denominado "suma ponderada".
2. Dividir los elementos del vector de sumas ponderadas que se obtuvo en 1, entre el correspondiente valor de prioridad.
3. Evaluar el promedio de los valores determinados en 2. Este promedio se denomina λ_{max} .
4. Calcular el índice de consistencia (IC) definido de la siguiente manera:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde n es el número total de artículos que se comparan.

5. Determinar la relación de consistencia (RC):

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde IA es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria (figura 13).

n	IA
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

Figura 13: Valores de IA según número de artículos

Fuente: AHP, Anderson (2004)

Para que la matriz de comparaciones pareadas de cada criterio resulte aceptable, la $RC \leq 0.1$.

Paso 4: Determinar la prioridad global de cada alternativa planteada. Esta se obtiene sumando el producto de las prioridades del criterio por la prioridad de la alternativa de decisión con respecto a ese criterio.

4. METODOLOGÍA

La metodología implementada para el presente trabajo se basa en un estudio de caso de una empresa alimenticia marplatense que se aborda mediante la aplicación de técnicas como entrevistas y análisis de datos de fuentes secundarias. Para su realización, se necesitará, primeramente, entender cómo funciona el proceso productivo en la empresa y cómo interactúan los diferentes flujos de información dentro de este. Además, se deberá realizar un diagrama de flujos de información que muestre cómo interactúan las diferentes áreas para lograr comprender de forma sencilla el funcionamiento de la organización.

Para la recopilación de información dentro de la organización se seguirá primeramente la teoría de Porter sobre la cadena de valor de una organización para entender en qué áreas se debe hacer foco. Luego se utilizará como herramienta a la auditoría tecnológica. La auditoría se dividirá en dos partes; la primera estará basada en un relevamiento enfocado en entender cómo se manipulan los datos a nivel general dentro de la organización y cómo interactúan entre sí los diferentes agentes a lo largo de la cadena de suministro.

Por otro lado, una segunda parte donde se hará foco en cada área en particular y se relevarán las herramientas informáticas utilizadas por cada una para tomar datos de los distintos procesos, transformarlos en información y reportarlos a otras áreas. Se utilizarán como fuentes secundarias los sistemas de información de la empresa y entrevistas semiestructuradas, aguas arriba y abajo sobre la cadena de suministro de la empresa. Además, se utilizarán los informes técnicos que son elaborados para la toma de decisiones operativas y de gestión.

Luego se buscarán alternativas que mejoren el servicio al cliente y para esto se utilizará como herramienta de apoyo al benchmarking con el objetivo de, a partir de la forma de operar de otras industrias, encontrar ideas útiles e implementarlas dentro del contexto de la organización para agregar valor. Se estudiará la disponibilidad de recursos y tecnologías de la industria 4.0, aplicables, pero no explotadas actualmente, mediante un proceso de vigilancia tecnológica.

Con respecto a las necesidades del cliente y la evaluación de las modalidades/alternativas de agregado de valor al producto/servicio, se aplicará Investigación Operativa Soft para realizar un diagnóstico inicial planteando el problema actual dentro de la organización. Para el alcance de este trabajo de investigación solo se realizará hasta el paso 5 de la metodología ya que no se implementará la propuesta,

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

solamente se planteará la mejora. Dentro de esta parte se utilizará el Proceso Analítico de Jerarquías para determinar la prioridad de las acciones a implementar.

Por último, para verificar la mejora de las acciones propuestas, se utilizará el indicador de HH/mes. Es decir, se determinarán cuantas HH se reducen por mes con la aplicación de las mejoras.

5. DESARROLLO

5.1 La empresa y la interacción con los actores a lo largo de la cadena de suministro, que aportan/requieren distintos niveles de información

5.1.1 Descripción general de la empresa

La empresa es una multinacional estadounidense fundada en 1965. Es líder mundial en la fabricación y comercialización de alimentos y bebidas y se encuentra presente en más de 200 países con diferentes marcas y productos.

En Argentina, la compañía se encuentra en el mercado local desde hace 60 años y está dividida en dos unidades de negocio: bebidas y alimentos. La producción y distribución de bebidas está a cargo de una empresa tercerizada, mientras que la producción de alimentos se focaliza en tres instalaciones productivas en distintos puntos del país.

La planta de Mar del Plata se encuentra ubicada en el Parque Industrial General Savio y se dedica a la producción de diferentes snacks y también tiene una línea dedicada a la producción de galletas. Dentro de la organización se encuentran trabajando un total de entre 700 y 750 personas.

5.1.2 Cadena de valor, cadena de suministro y demandas/aportes de información

Analizando la cadena de suministro de la empresa en estudio y siguiendo la teoría de Porter sobre cadena de valor como base, se pueden describir a los actores que la conforman y cómo fluye la información a lo largo de la misma.

La cadena de suministro de la empresa comienza aguas abajo con los proveedores de materias primas e insumos. En esto interviene el área de compras que, si bien opera desde Buenos Aires, actúa como nexo entre estos proveedores y los sectores de Bodega de Materias Primas y Planeamiento de la planta de Mar del Plata.

La empresa tiene muchos proveedores de primera línea diferentes, tanto de insumos como de materias primas. El contacto y flujo de información se da únicamente con estos y no con aquellos de segunda o tercera línea, salvo excepciones.

La comunicación e intercambio de información entre empresa y proveedores es vía mail. El área de compras recibe de Planeamiento, también vía mail, una proyección a 6 meses sobre la cantidad de materia prima e insumos que se van a requerir y se la envía a cada proveedor. Igualmente, esta proyección se va ajustando mes a mes según variaciones que intentan no ser excesivas, aunque en ocasiones

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

sucede de tener que pedir sobre la fecha mucha más cantidad de materia prima de la prevista, complicando al proveedor y retrasando el tiempo de llegada de los pedidos.

Entonces, la información básica requerida por los proveedores es la proyección de materia prima e insumos sin grandes variaciones mes a mes. A su vez, desde la empresa se requiere información sobre el tiempo en que van a tardar en llegar los pedidos.

Como ya fue mencionado, todo esto se comunica vía mail. Por ejemplo, el proveedor le manda al encargado de compras una tabla especificando la materia prima/insumo, la cantidad que va a enviar y la fecha de llegada.

También desde compras se genera un flujo de información hacia el área de almacén de materia prima de la planta de la ciudad sobre qué proveedores van a llegar día a día a descargar materia prima e insumos y en qué cantidades.

En esta parte del proceso entra en juego la logística de entrada tal como menciona Porter en su teoría.

-Logística de entrada: Tanto las materias primas como los insumos se descargan en distintos puntos de la planta, ya que hay más de un almacén de MP para abastecer a todas las líneas.

Los camiones que llegan a la planta son todos tercerizados, por lo que para ingresar deben informarse en el puesto de guardia correspondiente, desde donde se corrobora que el camión sea el correcto por medio de un Sistema Integrado de Control de Proveedores (SICOP) adquirido por la empresa. Además, cada chofer entrega el remito enviado por el proveedor, como comprobante de entrega.

Dependiendo de la materia prima o insumo ingresados a la planta, hay un procedimiento a seguir. Esto es porque cada uno de ellos tiene distintas características y cuidados a tener en cuenta para su descarga y distinto tipo de control realizado por el área de Calidad. En términos generales, estos procedimientos incluyen todos los pasos desde la llegada del camión a planta hasta que la materia prima e insumos están listos para almacenarse dentro de la bodega. Dentro de estos pasos se incluyen pesajes, conteos, control de granulometría en caso de harinas, y descarga.

Todos los datos recolectados durante las inspecciones son cargados en un formulario y se almacenan en una hoja de cálculo.

En la empresa en estudio hay cuatro almacenes de materia prima desde donde se abastecen las distintas líneas de producción.

Todos los ingresos de materia prima/insumos se registran a través de un software de gestión utilizado en la empresa (ERP). Este software funciona con diferentes módulos en los que se dispone la opción de visualizar información existente disponible

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

o ingresar nueva información. Cada área o sector de la empresa tiene su propio módulo con un código para ingresar. Esto permite que solo las personas autorizadas tengan acceso.

Este software posee una pantalla de inicio con un buscador, a través del cual se accede a transacciones.

Mediante el software se le da una ubicación a cada nuevo ingreso. Esto es gracias a que en el mismo están cargadas todas las materias primas e insumos almacenados y su ubicación correspondiente. De esta manera se puede determinar qué ubicaciones están disponibles y así asignar una para cada nuevo ingreso. Las ubicaciones son en racks colocados en distintos silos dentro de la bodega. Con silo en este caso se hace referencia a cada sector o pasillo de almacenamiento. Cada uno de ellos almacena diferentes MP teniendo en cuenta su distancia al punto de consumo, priorizando la cercanía de aquella que se utiliza en mayor volumen.

Una vez ingresados la MP e insumos, las personas encargadas lo llevan al punto asignado con autoelevadores.

-Operaciones: Desde el almacén de materia prima se llevan los insumos y MP necesarios a cada línea de producción. A su vez, desde las líneas se envía al almacén la información sobre cuánta materia prima o insumos sobró de cierto lote de producción para realizar las correspondientes devoluciones o dan aviso cuando falta alguna materia prima o insumo. Esta información se carga en el ERP al igual que las transferencias de materia prima a las líneas.

En lo que respecta a las operaciones, en la planta estas están automatizadas en su mayoría, con personal que controla que no haya desvíos y que dé aviso ante cualquier problema. En el sector de empaque los operarios se encargan de poner en cajas los productos, y estas cajas en pallets.

Este punto de la cadena de suministro es clave, ya que acá se realizan todas las transformaciones que terminan con el producto listo para llevar al cliente. El área de calidad es muy importante debido a que controla que los equipos estén en condiciones de higiene, que las características del producto cumplan con los estándares establecidos de tamaño, color, sabor, humedad, etc. Esto se realiza con controles y testeos en distintos puntos de la producción cada cierto tiempo, buscando así, detectar fallas antes de que el producto ya esté envasado, o en su defecto, descartar lotes ya envasados.

Todas estas mediciones se guardan como datos para calcular indicadores y, a través de comparaciones entre resultados obtenidos y objetivos, corregir desviaciones para cumplir con los mismos.

Últimamente se están incorporando algunas herramientas informáticas para realizar dichos controles y así optimizar tiempos y recursos. Estas herramientas son: el uso de formularios digitales y aplicaciones, reemplazando lo que hasta hace poco se realizaba en hojas de papel y se archivaba en carpetas. Este cambio generó mayor orden y facilidad al momento de buscar un control realizado en un día específico, por ejemplo. Además, se comenzó a implementar un software de reporte para transformar datos y obtener resultados más simples de leer y entender.

Como parte de las actividades de operaciones está el área de mantenimiento, encargada de que los equipos funcionen correctamente y de prevenir cualquier fallo que provoque una parada en la producción. Con las áreas de manufactura y planeamiento se coordinan periódicamente paradas de línea para poder realizar mantenimiento de equipos y detectar cualquier falla de manera temprana. Por otra parte, también hay un pañol del área desde donde se abastece a las líneas con insumos para los mantenimientos.

-Logística de salida: Las actividades de logística de salida comienzan en el momento en que los productos ya están empaquetados y listos para ser almacenados en la bodega de producto terminado.

Al igual que fue mencionado para el caso de la bodega de materia prima, el ingreso de los productos a esta bodega se realiza mediante el ERP, escaneando el código mediante un *handheld*⁹ y dándole una ubicación específica a cada producto.

Las tareas dentro de la bodega son cuatro: almacenamiento, preparación de pedidos, transporte de pedidos y carga de camiones.

Con tareas de almacenamiento se hace referencia a llevar los pallets que vienen desde producción hasta su ubicación dentro de la bodega. Estas ubicaciones son en racks, y el almacenamiento sigue la metodología *First Expired First Out*¹⁰(FEFO).

Respecto a la preparación de pedidos, es importante aclarar que la cantidad de pallets despachados en cada uno depende de la capacidad del camión, siendo la misma de 28 pallets en la mayoría de los casos. Las únicas excepciones se dan en el caso de clientes preferenciales, quienes pueden hacer pedidos de menor cantidad de pallets. Además, otro de los beneficios dados a este grupo en particular se relaciona con el vencimiento de los productos; deja de respetarse la metodología FEFO y se utiliza *Last In First Out*¹¹(LIFO) para despachar a dichos clientes los productos con la fecha de elaboración más reciente.

⁹ Computadora de mano

¹⁰ Primero en expirar, primero en salir

¹¹ Último en entrar, primero en salir

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

En esta actividad de preparación están involucrados los supervisores y administrativos del área quienes se encargan de armar los pedidos que llegan de cada cliente buscando, dentro del ERP, la información de las ubicaciones de los pallets a bajar. Estos pedidos son entregados en formato papel a la gente de bodega quienes, con apiladoras, bajan los pallets de los racks y los llevan hasta el sector de carga de camiones. Esta última tarea de llevar los pallets a cada dársena de carga corresponde al transporte de pedidos. Cuando se baja un pallet, este se escanea para corroborar que coincida con lo que se pide. Muchas veces ocurre que un pallet no está almacenado en la ubicación correcta o que está intervenido y no se puede despachar.

Por último, está la tarea de carga del camión, donde con zorras manuales se acomoda pallet por pallet dentro del mismo.

Con respecto a los camiones, son todos tercerizados y de distintas empresas. Generalmente cada uno tiene una ruta que hace regularmente, pero esto depende de la planificación del día. Se cargan aproximadamente 55 camiones por día. De esta planificación se encarga el sector de tráfico.

Tal como menciona Porter, hay otras actividades primarias que existen dentro de una organización, como comercialización y ventas o servicio post-venta. En el caso de estudio, ambas actividades se manejan desde las oficinas que tiene la organización en la ciudad de Buenos Aires, sin tener ninguna sede en la ciudad de Mar del Plata.

Las tareas de ventas se dividen en tres canales de distribución: Mayoristas y Super mayoristas, Canal Tradicional y Distribuidores. Los primeros 2 canales son los convencionales y se trata de grandes cuentas con alta confiabilidad por la trayectoria con la que cuentan en el mercado. Los encargados de gestionar las cuentas son gerentes denominados "*camps*". En el caso de Mayoristas y Supermayoristas, como el nombre lo indica, el cliente es el super mayorista y el mayorista. En lo que al "Canal tradicional" refiere, los supermercados son los que cumplen el rol de cliente.

El canal de Distribuidores se diferencia de los otros ya que es el que mayor porcentaje de ventas representa para la empresa. Se trata de distribuidores que van a los quioscos y a algunos supermercados cumpliendo un papel doble: Reposición y control. Desde el área de ventas la comunicación se da con estos distribuidores quienes son los clientes directos de la empresa. A través de un sistema distinto al que se utiliza en la empresa se genera un flujo de información en ambos sentidos. La empresa les pone un objetivo de ventas a dichos distribuidores y estos últimos le envían a la empresa el total de ventas de cada cliente. Se logra de esta forma, tercerizar la fuerza de ventas para lo que serían los reposidores.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Desde la planta de Mar del Plata, los despachos tienen tres destinos. Uno de ellos es la exportación que incluye Uruguay en su mayoría, Chile y Paraguay. Otro de los destinos es un depósito de la empresa en Buenos Aires, denominado TASA. Por último, están los distribuidores que están por toda Argentina.

En el caso de los denominados “Clientes” y para la exportación, los pedidos que salen de la planta van directo a los depósitos de los distribuidores. En cambio, TASA es un depósito intermedio de la empresa desde donde se despachan pedidos a los centros de los distribuidores que están en su mayoría en Buenos Aires.

Por otra parte, siguiendo con la teoría expuesta, están las actividades de soporte del negocio:

- Compras: ya fue mencionada en relación a los proveedores.
- Desarrollo de la tecnología: no existe esta actividad en la organización.
- Dirección de Recursos Humanos: En Recursos Humanos hay muchas personas involucradas porque la planta es grande, y para tener un mejor control, cada persona que trabaja en el sector tiene asignada una o más líneas. Con esto se aseguran de que los operarios de planta tengan un referente a quién recurrir ante cualquier problema. Además, desde el área se organizan todas las capacitaciones que se hacen a lo largo del año y llevan a cabo un programa denominado “Motor” para poder de a poco impulsar un cambio cultural. Esto último es muy importante para la Industria 4.0 y los cambios que propone para avanzar hacia una mayor automatización y digitalización.
- Infraestructura Organizacional: En la ciudad está el área de planeamiento muy conectada a ventas, ya que recibe la información de esta última área sobre las proyecciones de venta y demanda y a partir de eso planifican la producción de la planta. En esta planificación se incluyen cantidades de cada insumo y materia prima que se va a requerir en una semana específica para cada línea. La información se envía a distintos sectores. Además, desde el área también se indican los tiempos asignados a paradas que pueden asignarse a distintas actividades, por ejemplo, mantenimiento de equipos.
- Por otro lado, dentro de estas actividades se encuentra el área de Calidad a la que ya se hizo mención anteriormente y también finanzas. En esta última las tareas son estimar resultados financieros futuros para la

empresa, lo que sería el *forecasting*¹² y además hacer cierre de *Cost Of Good Sold*¹³(COGS). Esto último se refiere al cálculo de los costos atribuidos a la materia prima o mano de obra utilizados para la producción de los bienes.

En base a la descripción previa se construye el diagrama de flujo (figura 14) que muestra qué información es requerida y aportada por cada uno de los actores de la cadena de suministro y cómo fluye la misma a lo largo de esta. Además, las flechas en rojo indican qué otra información no se tiene actualmente pero que sería importante tenerla para agregar valor a la cadena.

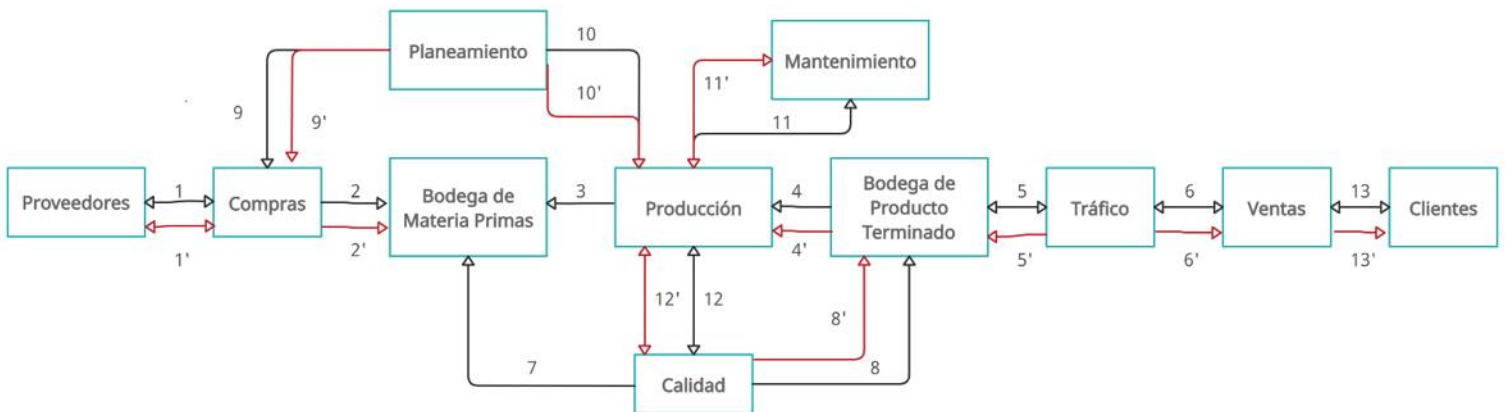


Figura 14: Demandas y aporte de información en la cadena de suministro
Fuente: Elaboración propia

Proveedores - Compras

1. Información existente: Los proveedores envían información a compras sobre la fecha en que las MP e insumos van a llegar a planta y en qué cantidades. Esto se realiza vía mail. A su vez, compras les brinda información a los proveedores sobre proyección de requerimientos de MP e insumos a 6 meses. Esto también se realiza vía mail.
- 1'. Información requerida: Desde compras se requiere un mejor flujo de información con los proveedores para poder obtener indicadores, por ejemplo, cumplimiento de pedidos y para poder tener un histórico que permita calcular mejor los requerimientos y darle información más precisa de cantidades a los proveedores.

¹²Pronóstico

¹³ Costo de los bienes vendidos

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Compras – Bodega de Materia Prima

2. Información existente: Compras le comunica a la Bodega de Materias Primas sobre los arribos de los proveedores a planta para que en el almacén se preparen para descargar. Esto se informa vía mail.
- 2'. Información requerida: Bodega de Materia Primas requiere el reporte del seguimiento de pedidos de materia primas e insumos

Bodega de Materia Prima - Producción

3. Información existente: Desde la Bodega no fluye información hacia las líneas de producción. Simplemente lo que se hace es llevar a cada una los requerimientos de MP e insumos para producir. El flujo se da desde producción a bodega informando las cantidades sobrantes en las líneas de estos insumos y MP del lote anterior para que se realice las devoluciones. Además, se da aviso cuando hay faltante de alguna MP o insumo para producir.
- 3'. Información requerida: No se requiere otro tipo de información.

Producción – Bodega de Producto Terminado

4. Información existente: Desde Bodega de Producto Terminado se informa a producción cuando la bodega llega a su capacidad máxima de almacenamiento para que se tomen medidas en cuanto a reducción o freno en la producción. Esto se informa también vía mail o directamente el coordinador de bodega lo habla personalmente con el coordinador de producción.
- 4'. Información requerida: La información que no fluye actualmente y que sería beneficioso en ambos sentidos es sobre la capacidad ociosa de la bodega en tiempo real. Esto podría servir para que se calcule automáticamente cuánta más producción puede realizarse sin colapsar la bodega y planificar en base a eso.

Bodega de Producto Terminado - Tráfico

5. Información existente: Tráfico es el intermediario entre ventas y Bodega de Producto Terminado de la planta. Desde Tráfico se informa a la bodega sobre la planificación día a día de transportes que van a llegar a cargar pedidos. Esta información se almacena en un Excel e incluye tipo y nombre de transporte, destino, día y horario de llegada, entre otros. Por su parte desde la bodega se devuelve como información el status de los camiones que llegan a planta, el cual

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

se carga en el mismo Excel. Además, la guardia carga horario real de llegada de cada transporte y fecha y hora de salida del predio, entre otros, pero estos datos los carga en un archivo distinto al que utiliza tráfico.

- 5'. Información requerida: Se requiere un mejor flujo de la información que permita centralizar todo y obtener indicadores para tomar decisiones en conjunto.

Tráfico - Ventas

6. Información existente: Actualmente desde tráfico se informa a ventas sobre el horario de llegada de los transportes hacia cada uno de los destinos para que esa misma información sea comunicada a los distribuidores. Esta información es cargada en el mismo archivo que le comparte tráfico a Bodega de Producto Terminado. A su vez desde ventas se le informa a tráfico cuando un transporte no llegó a destino. Esto último se avisa por mail o mediante llamadas telefónicas.
- 6'. Información requerida: Desde ventas se requiere información sobre cumplimiento de transportes que llegan a cargar a Bodega de Producto Terminado para tener información más exacta sobre el horario de llegada de los pedidos a los distribuidores.

Bodega de Materia Prima - Calidad

7. Información existente: La información que Calidad le brinda a la Bodega de Materia Prima es sobre aquellas MP o insumos bloqueados que todavía no pueden ser utilizados en las líneas. Esto se carga en el ERP de la empresa y cuando alguna MP o insumo se busca por sistema, desde el almacén pueden ver que se encuentra bloqueado. Además, Calidad informa por llamada o mensaje al supervisor cuando un equipo está aprobado para su descarga.
- 7'. Información requerida: No se requiere información extra.

Bodega de Producto Terminado - Calidad

8. Información existente: La información que Calidad le brinda a la Bodega de Producto Terminado es sobre aquellos pallets de producto bloqueados o intervenidos que todavía no pueden ser despachados. Esto se carga en el ERP de la empresa y cuando algún pallet es escaneado desde el almacén pueden ver que se encuentra bloqueado.
- 8'. Información requerida: Desde Bodega de Producto Terminado se requiere tener información sobre históricos de intervenciones para poder sacar indicadores.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Además, sería importante conocer de antemano los pallets intervenidos para directamente no almacenarlos en los racks.

Planeamiento - Compras

9. Información existente: Desde el área de Planeamiento, se envía vía mail la planificación de producción con los requerimientos de materia prima e insumos al área de compras.
- 9'. Información requerida: Se requiere que esa misma información se envíe a través de otra vía que permita tener un histórico y sacar indicadores claves.

Planeamiento - Producción

10. Información existente: Planeamiento le brinda información al sector de producción sobre la planificación día a día. Esto se envía también vía mail en formato PDF.
- 10'. Información requerida: Se requiere que esa misma información se envíe a través de otra vía que permita tener un histórico y sacar indicadores claves.

Mantenimiento - Producción

11. Información existente: Entre mantenimiento y producción se genera un flujo de información en ambos sentidos. Por un lado, desde producción se informa sobre algún problema o fallo en el funcionamiento de equipos. Esto se comunica directamente mediante llamado telefónico o mensajes. Además, desde las líneas también fluye información hacia el sector de soluciones técnicas dentro de mantenimiento. Esta información es sobre datos de las envasadoras automáticas que se toman turno a turno en las PC's¹⁴ de planta a través de scrips programados internamente.
- 11'. Información requerida: De parte de mantenimiento se requiere información en tiempo real del funcionamiento de los equipos para poder calcular en qué momento van a fallar y armar en base a eso un plan de mantenimiento más eficiente.

Producción - Calidad

¹⁴ Computadoras

12. Información existente: La conexión entre Calidad y producción en términos de información está dada por los *Weaklinks*¹⁵. Estos son pedidos por Calidad y los realizan cada 1 hora los operarios en la parte de producción y cada 2 horas en la parte de empaque dentro de la línea. Estos datos se envían desde producción a Calidad y Calidad devuelve indicadores como información. Hasta hace poco el registro de estos datos se hacía en planillas que luego eran recogidas por la gente de Calidad quienes cargaban estos datos manualmente en el ERP. En un turno de trabajo se hacen unos 196 registros, por lo que, si se cargaran todos estos de forma manual en el ERP, se tardaría unas 8 horas en cargar el total. Es por esto que solo se estaban cargando unos 70 registros. Actualmente se está trabajando en la creación de una aplicación realizada con PowerApps, para que los operarios carguen los datos del control directamente ahí. De esta manera, el departamento de Calidad no tiene que ir línea por línea buscando las planillas, además de que la información se descarga a una planilla de cálculo directo de la App y mediante un botón se carga al ERP. Esto, que ya se está utilizando en algunas de las líneas, permite no solo cargar los 196 registros al ERP, sino que para hacerlo solo se requieren 2 horas.
- 12'. Información requerida: Algo que actualmente Calidad no recibe, pero que sería útil, es información en tiempo real sobre cada proceso para saber en dónde puede haber un desvío e ir controlando segundo a segundo las características de la MP/producto en todas sus fases (por ejemplo, la humedad). De esta manera se podría saber en qué momento exacto hay un desvío del estándar y tomar medidas al respecto.

Ventas - Clientes

13. Información existente: Desde el área de ventas se les da información a los clientes (en este caso los distribuidores) sobre la proyección de ventas a 6 meses y sobre el objetivo de ventas a cumplir. Además, se les informa sobre el tiempo aproximado de llegada de los pedidos a sus centros de distribución. A su vez el distribuidor les da información sobre las ventas realizadas y sobre la situación del mercado respecto a los clientes finales. Todo este intercambio de información se da a través de un sistema específico distinto al ERP utilizado internamente por la empresa. Con esta retroalimentación de los clientes distribuidores se va ajustando la proyección de ventas y los objetivos.

¹⁵ Controles de calidad del producto

13'. Información requerida: Algo que actualmente no se brinda desde la empresa, pero que puede generar un mejor servicio hacia los distribuidores es la información en tiempo real del estado y recorrido de los pedidos desde la empresa hacia los depósitos de estos clientes. Además, a la empresa le sería útil tener información sobre cómo se encuentran los puntos finales de venta respecto a cantidad de mercadería, distribución, extensión de dichos puntos de venta, etc.

5.2 Auditoría tecnológica

Como punto de partida en esta investigación para conocer las tecnologías presentes y la manera en que se manipulan los datos en la empresa en estudio, se realizó una auditoría tecnológica.

Uno de sus objetivos fue entender cómo se agrega valor en la cadena de suministro a través de la aplicación de herramientas tecnológicas. Gracias a entrevistas con colaboradores de distintos sectores de la organización, se llevó a cabo un análisis con incumbencias orientadas a cómo se generan los datos, cómo se transforman y cómo se reportan a nivel general. Para generar datos se utiliza un ERP, para transformarlos se utilizan Scripts y Excel en su mayoría, y para hacer el reporte se utiliza un software específico para reportar datos o planillas de cálculo. Los datos transformados se almacenan en SharePoint o en Excel para luego ser reportados.

En cuanto a la generación de datos, un ejemplo se da con las transacciones. Los pallets con producto terminado salen de las líneas con una etiqueta. En este momento, el producto aún no está ingresado en el sistema. A continuación, este llega al almacén de producto intermedio, donde el pallet es escaneado con el *handheld*. La máquina cuando escanea la etiqueta del pallet, lo que está haciendo en realidad es generar una transacción e ingresar ese pallet al sistema. Este dato o input que se genera se utiliza luego para saber la cantidad de stock total que se tiene en el almacén, para calcular la cantidad de inventario, que es una medida que se deriva del stock total, para conocer con mayor detalle que producto producir de más y que producto producir de menos, etc. Es decir, estos datos generados se utilizan para tomar decisiones. Para ello, hay que preparar los datos para que sean útiles, transformándolos en información. Una vez que estos datos son transformados, se reportan.

Para la búsqueda de datos, como se puede observar en la figura 15, se accede a la red de la organización, luego se ingresa al ERP y se selecciona la transacción correspondiente. Luego se aplican filtros de datos completando la planilla de las transacciones que se desean buscar (Por ejemplo, si se trata de un reporte de status de orden de ventas, los campos a completar de la planilla serán: canal de distribución,

número de pedido, fecha de factura, código de producto, código de cliente, etc.), se espera a que el programa busque los datos, se descarga la información y se unifica en caso de que no esté toda junta.



Figura 15 - Obtención de datos.

Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por actores claves de la organización.

A nivel estructural de la organización, el equipo de reporte de datos se divide en equipo local, regional y global. Cada equipo persigue distintos niveles de objetivos y manejan distintos niveles de información. El equipo local persigue estrategias con el objetivo de que el negocio funcione y genere ganancias. El equipo regional busca mejorar el negocio a través de buenas prácticas. El equipo global busca cambios disruptivos enfocados en cómo cambiar los estándares. El equipo local le reporta al equipo regional y el equipo regional le reporta al equipo global.

En cuanto al soporte físico de reporte de datos, la empresa cuenta con una base de datos en un servidor de 14 Tera Bytes (TB) de información que alimenta toda Latinoamérica. También hay otra base de datos para las plantas que operan en Estados Unidos y otra para Europa.

5.2.1 Herramientas de acceso y gestión de datos

5.2.1.1 Manipulación de datos

Para generar información, existe un proceso previo de tratamiento de datos. En este proceso, lo primero que se hace es generar los mismos. En segundo lugar, estos

datos se transforman para generar información, se almacenan y, por último, se reportan. Este procesamiento de datos se suele llevar a cabo a través de la herramienta “*Extract, Transform, Load*”¹⁶(ETL).

Existe una caracterización para las bases de datos, la cual las diferencia por bases de datos *On-Line Transaction Processing*¹⁷(OLTP) y bases de datos *On-Line Analytical Processing*¹⁸ (OLAP). Las primeras, están optimizadas para generar datos rápidamente, a través de transacciones, acelerando el flujo de generación de estos. Para poder realizar la transacción rápidamente, las bases de datos poseen un esquema de tabla de base de datos optimizada, es decir, normalizada. Este tipo de bases de datos es el indicado para generar los mismos.

En el caso de las bases OLAP, están optimizadas para el procesamiento analítico de datos, junto con su reporte y modelación. A diferencia de las OLTP, las bases OLAP son lentas para realizar transacciones. Por lo que este tipo de base de datos son útiles específicamente para reportar los datos extraídos previamente de las bases OLTP y procesados.

Los datos generados en las bases OLTP, deben transformarse filtrando, limpiando y analizando los mismos para poder reportarlos. Esto es necesario ya que, si los datos se reportan sin procesarlos, enviándolos directamente desde una base OLTP a una base OLAP, la tabla de reportes tarda más tiempo en procesar tal magnitud de datos y el proceso de reporte se vuelve más lento, ocupando tiempo para reportar información innecesaria.

En lo que respecta a la empresa, en la actualidad sólo cuenta con bases de datos de tipo OLTP. Los datos procesados se almacenan en el ERP o en una plataforma de colaboración empresarial. Tampoco cuenta con un proceso estandarizado de procesamiento de datos. Es importante mencionar esto ya que, los factores que se mencionan de la situación actual podrían ser oportunidades de mejora para aumentar la eficiencia de la planta ahorrando tiempo para operaciones manuales respecto al procesamiento de datos, y, en consecuencia, reduciendo costos.

Como se puede apreciar en la figura 16, se muestran visualmente los diferentes softwares que la organización utiliza en las distintas etapas del procesamiento de datos.

¹⁶ Extraer, transformar, cargar

¹⁷ Procesamiento de transacciones en línea

¹⁸ Procesamiento analítico en línea

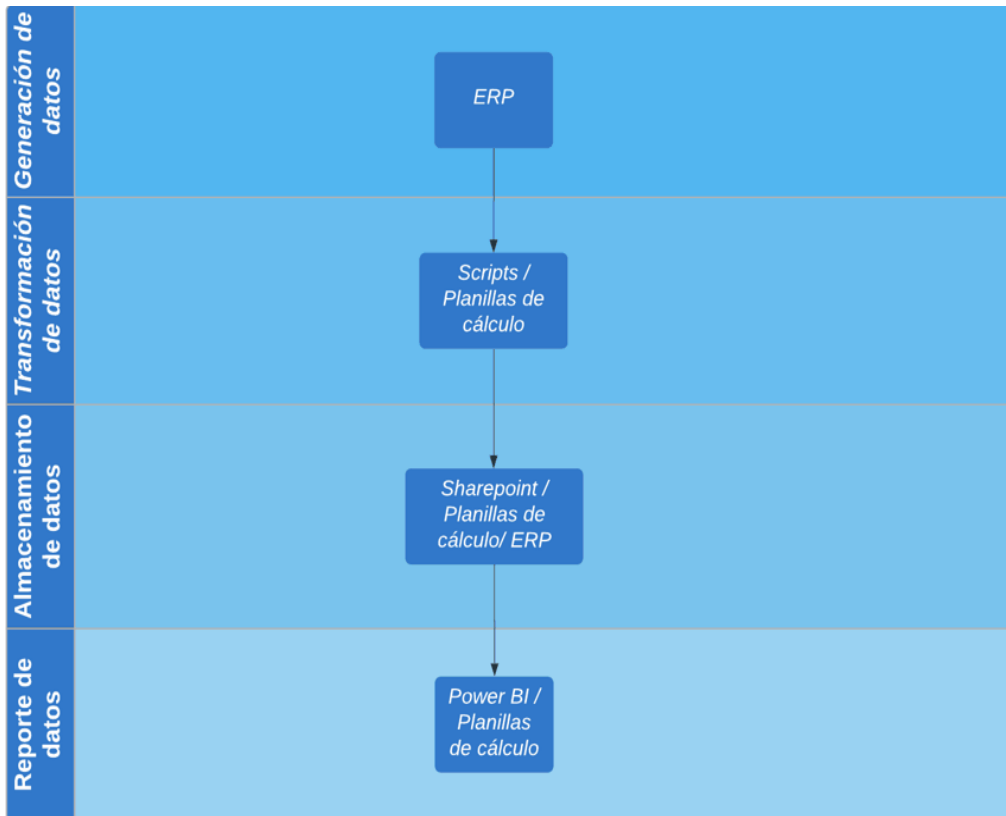


Figura 16 - Procesamiento de datos.

Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por actores claves de la organización

5.2.1.2 Generación de datos

En el caso de la organización bajo estudio, los datos se generan con cada transacción. En el momento que el producto llega al almacén intermedio en forma de pallet, este queda ingresado en el sistema.

La empresa, en parte, posee sectores que generan datos a partir de papel. En otros sectores más automatizados, los datos se generan a partir del ERP, el cual es una base de datos 100% relacional. Esto significa que está construida por un conjunto de tablas, formadas a su vez por columnas (campos) que contienen atributos, y filas (registros). Cada registro tiene un ID único que lo identifica y las tablas se relacionan entre sí. Con esto se evita la duplicidad de registros. Se trata de una base de datos del tipo OLTP, orientada a realizar procesamiento de transacciones en tiempo real.

Al realizarse transacciones en tiempo real los sistemas deben responder rápido, y para ello, deben contar con bases de datos normalizadas como lo es la del ERP utilizado por la empresa. Por tratarse de una base de datos de tipo OLTP, los datos se generan rápidamente. La empresa no posee un proceso estandarizado para transformar los datos luego de extraerlos de la base de datos y previo a su reporte.

Aunque, cabe mencionar que algunos sectores de la empresa, de forma independiente, tienen macros de planillas de cálculo programadas para procesar datos. El problema radica en que, al no contar con un proceso automático de transformación de los datos, la organización debe acceder a los datos de la base de datos de forma manual. Si bien el sistema genera datos rápidamente, ocurre todo lo contrario cuando se quiere acceder a los mismos a través de dicho software. Esto genera que se ocupe tiempo humano accediendo a la base de datos, completando formularios para acceder a datos específicos, y esperando los procesos de carga de estos.

5.2.1.3 Transformación de datos

Luego de que los datos son extraídos de la base OLTP, estos necesitan ser transformados para obtener información útil. Este proceso consiste en limpiar los mismos dejando solo los necesarios para un análisis y armado de reporte o *Dashboard*¹⁹.

En el caso de la empresa, la transformación de datos se realiza a través de scripts o planillas de cálculo, dependiendo de las preferencias/aptitudes y creatividad de las personas ya que esto depende totalmente de cada uno, no es un requisito ni un estándar. El proceso de transformación de datos no existe como tal. La empresa no cuenta con un proceso que optimice la transformación de datos generados, dificultando así el armado de reportes (ya que se deben procesar los datos de forma manual). Como se mencionó anteriormente, los datos transformados se almacenan en la base de datos del ERP o en una plataforma de colaboración empresarial ya que no cuentan con bases de datos OLAP.

Otro problema que hay en la empresa a nivel información, es que no existen auditorías de datos. No existe ningún proceso, equipo o persona designada para inspeccionar los datos. Esto genera que haya datos incongruentes que generan problemas, así como también la existencia de datos que siempre estuvieron y nunca se le dieron utilidad, sobre todo los datos almacenados en forma de papel.

5.2.1.4 Almacenamiento de datos transformados

Luego de su transformación, los datos deben quedar guardados para su posterior uso. Para este almacenamiento en la empresa se utiliza SharePoint y planillas de cálculo. Cabe destacar que esta última en realidad no es un sitio de almacenamiento, sino que funciona como hoja de cálculo, pero así y todo muchos colaboradores dentro de la empresa en estudio lo utilizan para guardar datos.

¹⁹Tablero de mando

En SharePoint se pueden crear grupos de trabajo cerrados lo que permite que no cualquiera tenga acceso a ciertos datos preservando la integridad de estos. Además, en dichos grupos se pueden subir documentos, asignar tareas y crear listas con un formato similar a planillas de cálculo donde se guardan datos en filas y columnas.

5.2.1.5 Reporte de datos

Para el reporte de datos en la organización, se busca unificar las diferentes fuentes de datos en una sola herramienta que, en este caso, es un software especial para el reporte de datos o PowerBI. Este software está compuesto por tablas relacionadas entre sí. Cabe aclarar, que el uso de esta herramienta no es obligatorio, sino que depende de cada colaborador dentro de la organización aprovechar dicho recurso o no. También se usa Excel para reportar datos, aunque en esta herramienta, el reporte se hace más complejo y lleva más tiempo hacer la misma tarea. A pesar de esto, los miembros de la organización se ven más familiarizados con las hojas de cálculo.

La diferencia que existe entre los softwares mencionados es que el software de reporte posee herramientas para hacer reportes utilizando un solo clic, como, por ejemplo, crear filtros de los datos que se quiere mostrar, gráficos, configuración de vistas y demás. En cambio, si bien la hoja de cálculo también posee la opción de realizar un gráfico, el tiempo que lleva realizarlo es mucho mayor comparado con el software de reporte. Además, en Excel, cada vez que se agregan datos es mucho más complejo obtener una actualización automática de los gráficos.

Otra de las desventajas que presenta la hoja de cálculo frente al software de reporte es que, en el primero se tiene toda la información dentro de la hoja de cálculo y si se llegan a perder los datos o el archivo se corrompe, se pierde la visualización de los datos y la integridad de estos están en juego si no existe copia de seguridad. En cambio, el software de reporte funciona a partir de la copia de datos que se obtienen desde la red con actualización en tiempo real. El hecho es que se puede operar con los datos sin modificar la base de datos.

Siguiendo un poco con la diferenciación de estas dos herramientas, se puede decir que la única herramienta que se comunica con el ERP es la hoja de cálculo. Para cargar datos al sistema se usan planillas de cálculo y para descargarlos también. El ERP también genera reportes, pero, cada vez que se quiere imprimir un dato, se imprime una hoja de cálculo, llegando a fin de mes con 30 reportes si se imprimen reportes diarios. En consecuencia, el reporte de datos se vuelve ineficiente por la cantidad de papel impreso y, además, por la visualización poco práctica al poseer los datos de forma separada. Esto no ocurre con el software de reporte, ya que, la herramienta de filtros

que el software posee permite que se generen distintos reportes desde un mismo archivo. Por ejemplo, si se quieren comparar 2 datos de distintos periodos, en el caso del procesamiento a través de la hoja de cálculo hay que recurrir a 2 archivos diferentes, en cambio si el procesamiento se hace a través del software de análisis y reporte, se hace uso de un filtro (lista desplegable o calendario) y se muestran en pantalla todos los datos que se necesiten.

En resumen, para el reporte de datos el uso del software de reporte es mucho más práctico para tomar decisiones porque la visualización de los resultados es más simple.

Como se mencionó, el uso PowerBI no es obligatorio en la empresa, es por esto que no existen capacitaciones sobre su uso. La empresa brinda un servicio a los empleados en el cual, a través de otra empresa, se encuentran a disposición cursos de aprendizaje, aunque esto es opcional.

Finalmente, se puede afirmar que la organización no posee un proceso estandarizado de extracción de datos. Entonces, si no existe un proceso correcto para realizar una extracción, se hace imposible hacer una visualización correcta.

5.2.1.6 Apps complementarias

Cuando se requiere tomar información que no pertenece al núcleo de negocio o que no se tiene la tecnología para hacerlo, las aplicaciones complementarias son un gran aliado. En el caso de la empresa en estudio, utilizan softwares para crearlas. Como se muestra en la figura 17 con ella se pueden crear aplicaciones a partir de un lienzo en blanco con un formato que puede ser para utilizarse con teléfonos móviles o con tabletas, según los recursos que tenga a su disposición el destinatario de uso de la aplicación.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional



Figura 17 - Pantalla inicio de PowerApps.
Fuente: PowerApps de office 365

Actualmente la empresa está en proceso de adquirir tabletas para los distintos sectores con el fin de que todos dentro de la misma puedan utilizar las aplicaciones y no tengan que disponer de un teléfono móvil propio para ello.

El lenguaje utilizado para la creación de las aplicaciones es el de Visual Basic, pero de manera mucho más simple, por lo que cualquier persona con algunos tutoriales y práctica podría crear su propia aplicación. En la figura 18 se puede ver el espacio de trabajo del software donde se pueden insertar botones, formularios, listas desplegables, fotos, escáner de código de barras, etc.

Para funcionar, el software debe conectarse con un origen de datos, y para eso hay diferentes conectores como SQL Server o servicios de alojamiento de archivos, aunque en la empresa se utiliza SharePoint donde se guardan los datos en listas que luego se utilizan para crear estas aplicaciones.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

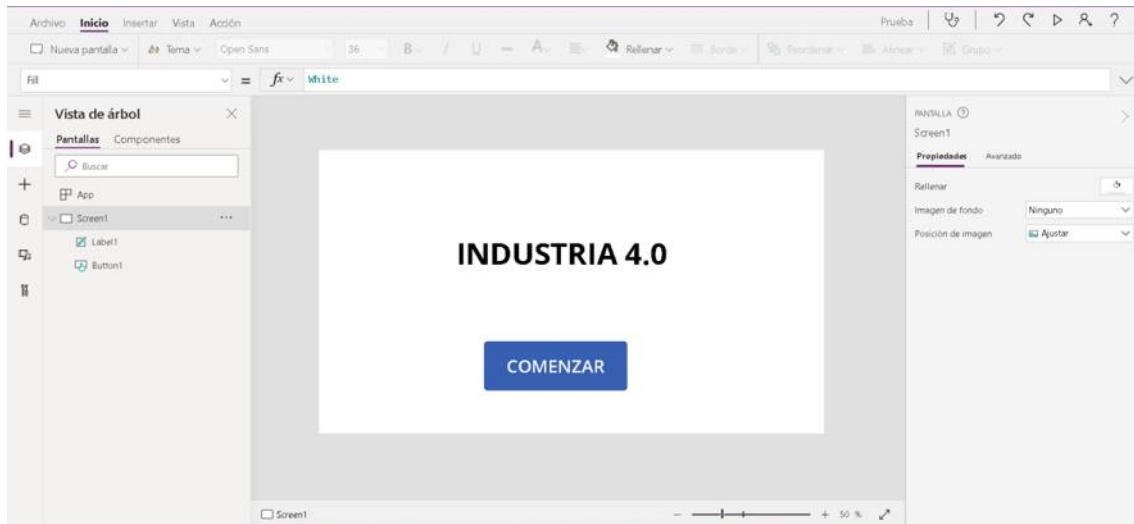


Figura 18 - Ejemplo de pantalla en aplicación realizada con PowerApps.
Fuente: elaboración propia con PowerApps

Una de las ventajas que tiene la utilización de las aplicaciones complementarias es su bajo costo, ya que se aprovecha un recurso ya existente en la empresa. Además, es una herramienta simple de utilizar, por lo que no requiere de mano de obra experta y externa a la empresa, sino que los mismos empleados pueden crear aplicaciones, aprovechando nuevamente recursos propios.

En la organización se usan estas aplicaciones para hacer controles de stock, para recabar datos en inspecciones, para llevar un control y registro de los elementos dentro del pañol de herramientas y de elementos de limpieza, etc. Esto permite lograr un orden que de otra manera no existiría. Por ejemplo, para el caso del pañol de elementos de limpieza, anteriormente cada vez que alguien retiraba alguno de dichos elementos lo anotaba en un papel pegado en la puerta del pañol y ese registro nunca se utilizaba para controlar y por lo tanto no se llevaba un stock al día. Con la incorporación de una aplicación se pudo lograr tener un control sobre el mismo, automatizando el retiro o ingreso de elementos de limpieza al pañol y por lo tanto teniendo al día el stock y todo el registro guardado en la plataforma de colaboración empresarial para poder consultar movimientos.

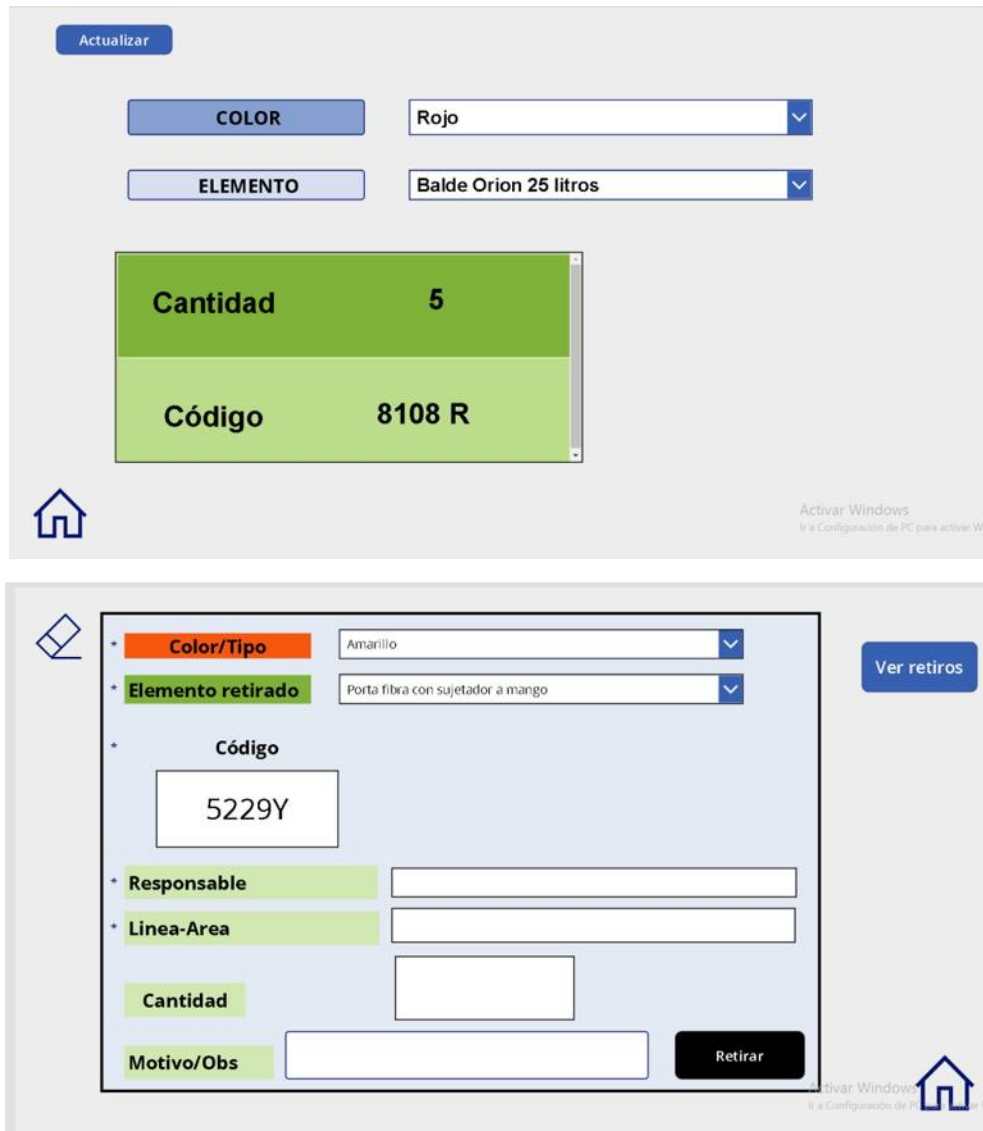


Figura 19 - Ejemplo de pantalla en aplicación realizada con PowerApps.
Fuente: Aplicación de la empresa en estudio

Un punto importante también es que desde el software que crea aplicaciones se puede hacer conexión con el software de reporte de datos que utilizan algunos colaboradores de la empresa. Esto permite, de manera sencilla, recabar datos y desde la misma aplicación poder procesarlos y reportarlos a través de esta última herramienta mencionada.

5.2.2 Relevamiento de las herramientas utilizadas en cada área

Para llevar a cabo esta segunda parte de la auditoría se utilizó la información de las entrevistas realizadas.

Las áreas utilizadas para el análisis fueron Compras, Manufactura (Producción), Mantenimiento, Bodega de Materia Prima, Bodega de Producto terminado, Calidad, Planeamiento, Tráfico y Ventas. Hay que tener en cuenta que la

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos
en la cadena regional

empresa estudiada es de gran tamaño como se detalló anteriormente en su descripción. Entonces, para el análisis se tomó la información brindada en las entrevistas por los coordinadores de cada área como muestra de toda la población. Esto se hizo así para tener una visión general y más amplia de las áreas y no abarcar solo tareas realizadas por empleados con conocimiento o información limitada a un puesto específico. En este sentido los puntos relevados de cada una fueron los siguientes:

Área	Registro	Almacenamiento	Reporte
Calidad	Forms, Power Apps, Excel	Excel, SharePoint	Power BI (Solo para algunas tareas), Excel, Mail
Compras	Excel	Excel	Se envía información vía Mail
Planning	Excel, Access	Excel, Access	Se reporta el plan de producción en formato PDF por mail
Bodega de Materia prima	Forms, papel para un mínimo de tareas	Excel, SharePoint	No utilizan ninguna herramienta de reporte. Cuando tienen que enviar alguna información lo hacen por mail con gráficos o información en Excel.
Bodega de producto terminado	PowerApps, Excel con macros, Forms	Excel, SharePoint	-
Ventas	Excel	Excel	Sistema independiente con el cliente, mail
Mantenimiento	Excel con Macros, Python	Excel	Python
Producción	PowerApps, Excel	SharePoint	-

Cuadro 2: Herramientas de manejo de datos utilizadas por las áreas.

Fuente: Elaboración propia en base a información recolectada por los líderes de las respectivas áreas.

En el cuadro 2 se pueden ver las herramientas que se utilizan en las diferentes áreas para manejo de datos. Hay un claro predominio del Excel tanto para registrar datos como para almacenarlos. Incluso también se utiliza como herramienta de reporte, donde los gráficos e indicadores luego se envían por mail.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Además, es importante aclarar que todas las áreas suben la mayoría de los archivos a la nube desde donde pueden compartirlos con otras áreas.

No se visualiza un aprovechamiento de herramientas como PowerBI o SharePoint, este último más seguro que Excel. Además, otro recurso como PowerApps prácticamente no se usa, ya que actualmente no hay muchas personas capacitadas dentro de la organización para crear las aplicaciones. Lo mismo sucede con las Macros, muy útiles, pero al utilizar lenguaje de programación como PowerApps no tiene un manejo tan simple y no hay capacitaciones sobre su uso.

5.2.3 Otras Tecnologías de la Industria 4.0 presentes en la empresa bajo estudio

Además de comprender cómo se manipulan los datos y cómo son los flujos de información dentro de la organización, se deben tener en cuenta otras tecnologías mencionadas que forman parte de la Industria 4.0. Dentro de la empresa se pueden mencionar las siguientes:

5.2.3.1 Impresión 3D

Esta tecnología es utilizada dentro de la empresa en el sector de mantenimiento. Muchas veces se requieren repuestos para reparar equipos, pero esos repuestos una vez pedidos, tardan meses en llegar a la planta, lo cual no es una situación ideal.

Es por esto por lo que desde el sector impulsaron la compra de una impresora 3D industrial (figura 20 y figura 21) y actualmente están comenzando a utilizarla para fabricar repuestos y herramientas que, de otra forma, deberían esperar meses hasta obtenerlas. En una de las primeras pruebas que realizaron con la nueva tecnología lograron hacer una pieza para un equipo, que en un primer momento iba a ser algo provisorio hasta que el proveedor la enviara, pero resultó tener una vida útil mucho mayor a lo que se esperaba. Hoy, un año después de haberla colocado, sigue funcionando perfectamente. Ese es el poder de la tecnología, que además permite aprovechar los recursos existentes de la organización y no depender de los tiempos de los proveedores.



Figura 20 - Impresora 3D utilizada en la empresa.
Fuente: Foto tomada en la empresa bajo estudio

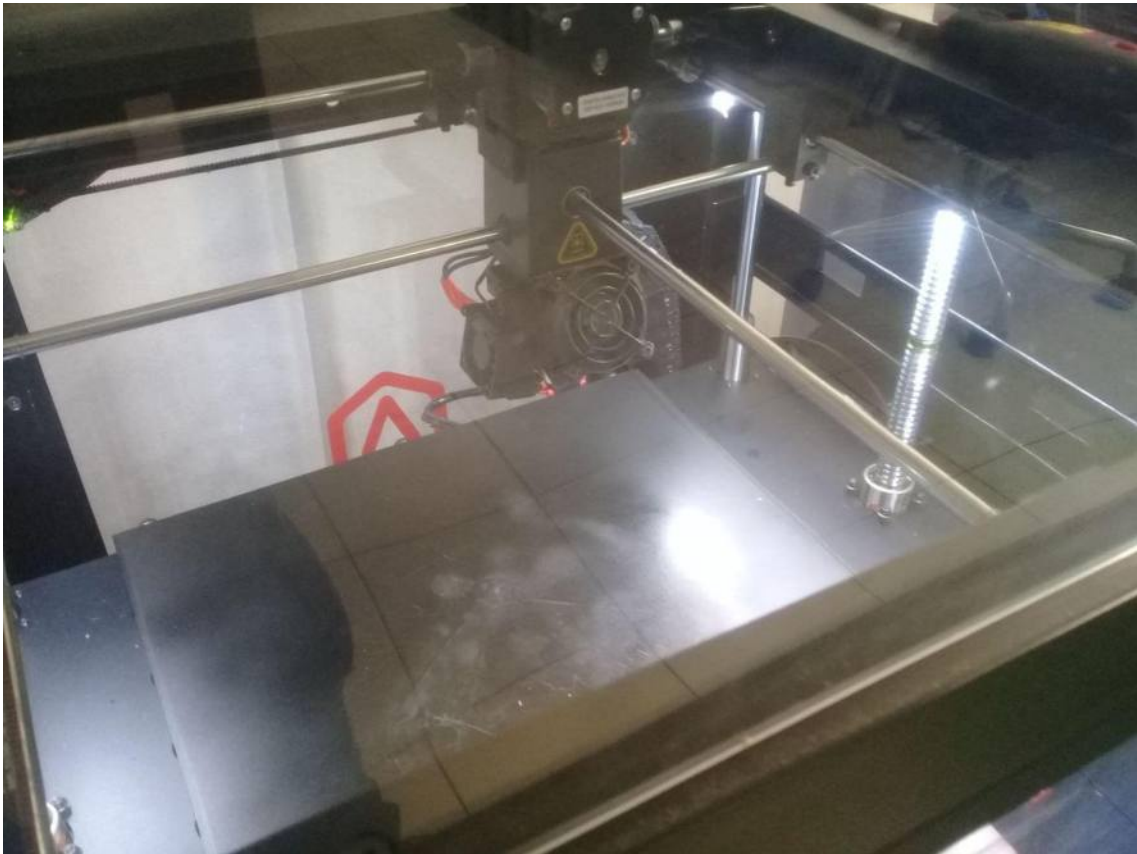


Figura 21 - Impresora 3D utilizada en la empresa.
Fuente: Foto tomada en la empresa bajo estudio

5.2.3.2 Ciberseguridad

Como condiciones básicas, la empresa requiere que todos los equipos tengan antivirus al día, al igual que el sistema operativo actualizado. Además, para evitar el robo de información a través de la web, cuando se conecta un equipo, se desconecta internet y viceversa.

5.2.3.3 Internet de las cosas

Un ejemplo claro de la utilización de esta tecnología se da en el sector de soluciones técnicas del área de mantenimiento. Como ya fue mencionado se está finalizando una aplicación en Python para tomar datos turno a turno de forma automática en Balanza, Envasadoras y Comprobadores de Sellado y subirlo así a una base de datos en la nube. De esta manera se podrían controlar estos equipos sin necesidad de estar presente físicamente en la planta.

5.2.3.4 Automatización de Procesos

En este caso se puede mencionar a las Macros como principal herramienta dentro de la automatización de procesos.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

En la Bodega de Producto terminado se utiliza por ejemplo una Macro para el sistema de facturación. En este, mediante un botón se actualizan los datos provenientes de una lista de SharePoint necesarios para facturar los camiones que llegan a planta. Luego, con otro botón y mediante programación con la macro se lleva a cabo este proceso de manera muy simple y rápida.

Por otra parte, en las áreas de Calidad, Bodega de Materias Primas y Finanzas, también se utilizan macros para cargar o descargar información del ERP.

Otro ejemplo de esta tecnología se encuentra dentro del sector de soluciones técnicas de mantenimiento donde se recibe la información que se toma turno a turno de las envasadoras automáticas a través de una aplicación diseñada internamente. Luego se realiza un informe en forma automática que se envía a los referentes de empaque automático regional.

5.3 Benchmarking de buenas prácticas 4.0

Como fue analizado a lo largo del trabajo, la industria 4.0 trae consigo muchas herramientas, pero aplicarlas o no en las distintas organizaciones depende de muchos factores. Muchas empresas tienen total desconocimiento de los avances tecnológicos de hoy en día, otras quieren hacer un cambio, pero no saben por dónde empezar y muchas otras saben qué y cómo hacerlo, pero no tienen el presupuesto acorde.

Teniendo en cuenta las limitaciones presentes, y buscando alternativas de mejora del servicio al cliente, se utiliza el benchmarking para encontrar ideas aplicables a esta empresa a partir de estudiar la manera de operar de otras organizaciones mejor posicionadas frente al cambio tecnológico.

En este caso, el benchmarking se aplica con otras plantas de la misma empresa, pero fuera de Argentina. Se pueden mencionar las plantas de México y Chile, las cuales están más avanzadas a nivel de Industria 4.0 que la planta local.

5.3.1 Planta Cerrillos - Chile

Para el caso de Chile, se le realizó una entrevista a una persona de la planta de la ciudad de Cerrillos para conocer tanto sobre las iniciativas de digitalización, como también sobre la manipulación de datos/información de dicha planta.

Si bien no se la puede considerar una planta automatizada un 100%, está más avanzada que la planta de Mar del Plata. Por ejemplo, las distintas líneas de producción tienen una red en común, es decir que la planta está interconectada, algo que localmente no sucede.

Además, en los sectores de empaque, el cual es automático en todas las líneas, tienen generación de información en tiempo real sobre los procesos y sus indicadores. Esto puede ser visto en todo momento por los operarios lo que permite que ellos mismos

tengan un mayor control sobre el proceso y detectar el momento y el lugar en el que ocurre una falla.

Por otra parte, si bien no hay un equipo de trabajo destinado a la mejora en el proceso de generación, transformación y reporte de datos, utilizan Tableau y próximamente van a migrar a PowerBi. Este último, se utiliza en la ciudad local, pero en áreas aisladas, mientras que en Chile esta es una herramienta dominada por toda la planta (Se utiliza diariamente y en todas las áreas).

5.3.2 Planta Vallejo - México

Para este caso se entrevistó al gerente de Ingeniería de Proyectos de la planta ubicada en la Ciudad de México. Si bien en dicha planta están mucho más avanzados en cuanto a Industria 4.0 respecto a otras plantas de la región, todavía tienen mucho camino por recorrer. La misma se encuentra en una transición entre automatización (Industria 3.0) y sistemas inteligentes (Industria 4.0) y la gerencia actualmente está trabajando en varios proyectos para poder continuar con dicha transición.

Como primer punto se tiene planteada una matriz de proyecto, como se muestra en la figura 22.

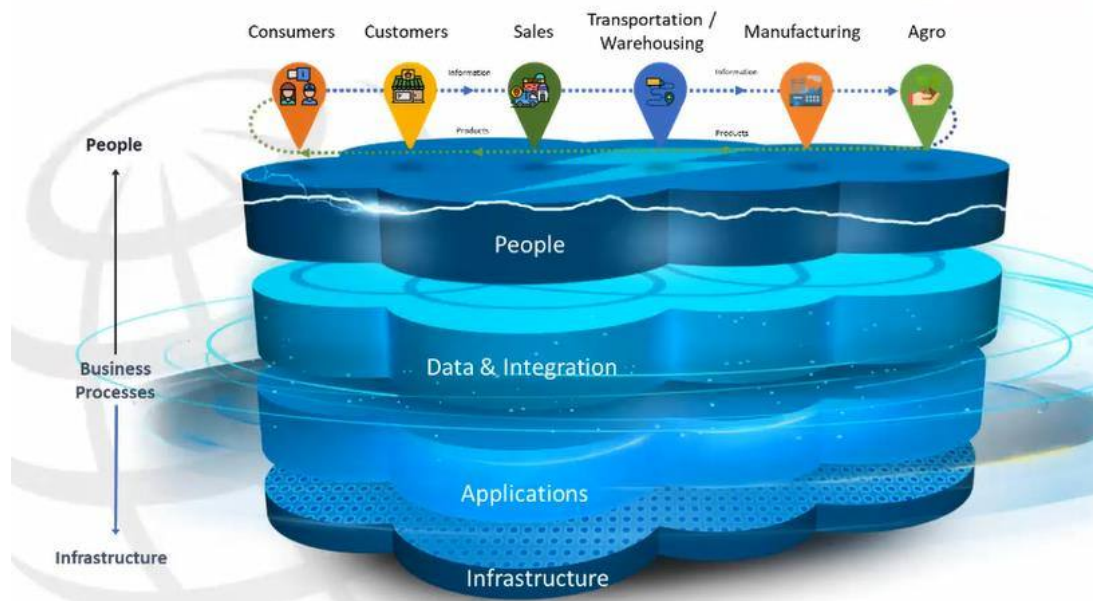


Figura 22 - Matriz de proyectos.

Fuente: Imagen extraída de presentación realizada por planta de México

En la base de la matriz se encuentra la infraestructura. Dentro de la misma se hace foco a que el sistema de seguridad informático sea muy robusto ya que con el avance de la digitalización se comienzan a conectar las máquinas con el exterior. Además, otra de las cosas que hicieron en esta planta como parte de la infraestructura es asegurarse que toda la planta tuviera wifi haciendo control de los routers.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Luego la capa de *Applications*²⁰ tiene en cuenta los sistemas que van a tomar datos y de dónde los van a tomar.

La capa de *Data & Integration*²¹ es la que consideran más importante porque ahí tienen en cuenta donde se guardan los datos y cómo los integran. Esto incluye determinar los puntos de unión con la red, dónde van a estar los servidores SQL, dónde van a almacenarse los datos, etc.

En la capa superior se tiene la gente que es muy importante ya que tiene que estar capacitada e integrada en esto.

Lo que buscan es integrar toda la cadena de suministro y para eso tienen en cuenta desde el agricultor hasta los consumidores. Por ejemplo, cuentan con un sistema donde los consumidores brindan información en tiempo real. En ventas se tiene toda la digitalización de *Handhelds*, y en transporte la telemetría de transporte para poder controlar las flotas a distancia, etc.

En esta planta están trabajando sobre cuatro bloques principales:

- **Sistemas Autónomos:** Con aprendizaje automático está buscando migrar a máquinas que sean autónomas para que las decisiones recaigan cada vez menos sobre las primeras líneas.
- **Computación en Nube:** Lo que buscan es tener a la nube como acceso central y poder compartir información entre áreas, plantas. Actualmente con esta integración tienen OT's de las máquinas en digital y pueden ver en tiempo real por ejemplo las capacidades de las líneas que están funcionando en la planta.
- **Big Data:** Están migrando a que haya más gente con perfil de Análisis de Datos, Ciencia de Datos e Integración de Datos para que todos los datos que salgan de las máquinas y vayan a la nube sean útiles para la toma de decisiones.
- **IOT:** La tendencia es que todo lo que se pueda conectar y que genere datos, por ejemplo, un sensor, un controlador lógico programable, etc., debe estar conectado a internet para obtener datos.

Actualmente tienen algunas aplicaciones de Industria 4.0 en funcionamiento. Por ejemplo, tienen un *Dashboard* online con las características del proceso más importante de dicha planta que ayuda a tener un control en tiempo real, además de tener un historial. También, tienen un programa para realizar performance de las máquinas el

²⁰ Aplicaciones.

²¹ Datos e integración.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

cual ya está funcionando en la mitad de la planta y en el corriente año pretenden extenderlo a toda la planta.

Por otra parte, tienen conectividad remota de IPad en todas las líneas, en lo cual se invirtió en una pre-etapa como parte de la infraestructura.

Hay que destacar que en esta planta se cuenta con un capital amplio para poder avanzar en el proceso de transición a industria 4.0, por lo que los objetivos a corto plazo están enfocados en:

- Rendimiento de la producción: Tener todos los procesos totalmente conectados para medir eficiencias, desperdicios, tiempos muertos y defectos de calidad. En este caso sería ampliarlo a toda la planta ya que como se mencionó más arriba, ya está funcionando en la mitad de esta.
- Mantenimiento predictivo: Utilización de sensores de vibraciones, temperatura, tiempo de corrida, etc., en todos los equipos rotativos de la planta. Esto generaría tendencias que indicarían cuando una máquina está cerca de un fallo o parada para poder realizar el mantenimiento preventivo. Esto se haría con algoritmos de aprendizaje automático donde a través de muchos datos la máquina va entendiendo en qué rangos hay riesgo de fallo.
- Mapeo digital de reconocimiento: Medición de consumos a nivel planta de agua, electricidad, etc., y además desglose de dichos consumos por línea y por equipo. Esto para tener un mapeo de cómo se distribuye el consumo energético y tener data en tiempo real de quien está consumiendo de más, quien está haciendo un uso adecuado, cuándo hay consumos sin producir, etc.
- Calidad digital: Este punto se divide en dos partes. Primeramente, tener sensores que puedan brindar datos de calidad sin hacer uso de registros en papel. Por otro lado, aplicar la predicción en el proceso productivo que aseguren que el producto siempre va a salir bien y que ante una desviación se pueda alertar.
- Equipos inteligentes: Para las líneas globales se están implementando equipos con sensores inteligentes que miden algunas variables de los procesos para poder conocer su rendimiento en todo momento.
- Sala de control: Este último objetivo busca armar una torre de control con gente especializada en análisis de datos desde donde se pueda monitorear la planta de manera central. De esta forma se podrían tomar decisiones en el momento en base al análisis de los datos en tiempo real.

Respecto a cómo manejan el cambio cultural, se está llevando a cabo un programa de Gestión del cambio. Con esto se busca crear una nueva visión y misión para la planta y nuevos objetivos basados en este proceso de transición. Para eso el programa se realiza en cascada, capacitando desde gerentes hasta *frontlines*²² y todo esto lo hace un grupo centralizado que busca abarcar perfiles, capacitaciones, nuevos roles, etc.

5.4 Diagnóstico Inicial

El objetivo de realizar un diagnóstico inicial es determinar en dónde se encuentra ubicada la organización en estudio respecto al avance tecnológico y en base a las debilidades identificadas, proponer mejoras.

Teniendo en cuenta esto último y utilizando como herramienta a la IOSoft, se realiza el diagnóstico inicial.

Paso 1: A partir de la recolección de información dentro de la empresa, se analiza el proceso de obtención de información a partir de la generación de datos. Además, se determina cómo interactúan los agentes a lo largo de la cadena de suministros. Con todo esto se identifican una serie de debilidades presentes en la organización que se detallan en el cuadro 3.

²²Primera línea dentro de la empresa

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Debilidades	Área de generación									Área de impacto													
	Planeamiento	Bodega de Materia Prima	Calidad	Mantenimiento	Bodega de Producto Terminado	Compras	Ventas	Proveedores	Clientes	Tráfico	Producción	Planeamiento	Bodega de Materia Prima	Calidad	Mantenimiento	Bodega de Producto Terminado	Compras	Ventas	Proveedores	Clientes	Tráfico	Producción	
1- No existe seguimiento de los pedidos de materia prima e insumos						0						X	X						X				
2- Compras no posee un indicador de la merma de las materias primas			0									X	X				X		X				X
3- No hay un control en tiempo real del porcentaje de ocupación de la Bodega de Producto terminado					0																		X
4- No existe análisis de datos que permita obtener información sobre cumplimiento de transportes										0						X		X		X			
5- No se reportan los pallets intervenidos antes de que estos sean almacenados en la bodega.			0												X		X		X				
6- No existe almacenamiento de los datos históricos del plan de producción	0												X				X						X
7- No hay información en tiempo real sobre estado de los equipos que permita saber cuándo va a haber una falla				0								X	X										X
8- No hay seguimiento en tiempo real de los parámetros del proceso que permitan detectar una no conformidad de los productos			0															X		X			X
9- Los clientes (distribuidores) no pueden conocer el estado de su pedido					0	0				0										X			
10- La empresa no posee información sobre los puntos de venta a los que llegan los distribuidores										0										X	X		
TOTALES												2	3	2	0	2	2	3	2	5	1		5

Cuadro 3: Debilidades identificadas

Fuente: Elaboración propia

1. No existe seguimiento de los pedidos de materia prima e insumos: Esta debilidad se genera en compras, ya que es el área que debería encargarse de llevar un seguimiento de los pedidos. Impacta en Bodega

de Materia Prima porque si no se sabe cuándo van a llegar exactamente los pedidos de manera anticipada, en la bodega no se puede organizar de forma eficiente la descarga de los camiones y almacenamientos. También impacta en Calidad, ya que esta área tiene que disponer de recursos para realizar los controles cada vez que llega un pedido de materias primas.

2. Compras no posee un indicador de la merma de materias primas: Llevar un registro de merma de materias primas debe ser tarea del área de Calidad. No contar con esta información impacta en Compras y Bodega de Materia Prima ya que en los pedidos no se tiene en cuenta dicha merma. Además, impacta en los proveedores cuando se tiene que volver a realizar un pedido por falta de materia prima ya que puede suceder que no tengan stock suficiente. Por último, impacta en Planeamiento y Producción ya que afecta directamente a la organización del trabajo.
3. No hay un control en tiempo real del porcentaje de ocupación de la bodega de producto terminado: En reiteradas ocasiones sucede que, por distintas causas, la cantidad de despachos de pedidos no se equilibra con la producción y la ocupación en la Bodega de Producto Terminado llega a su tope máximo. En estos casos se avisa a los encargados de las líneas para que frenen la producción. Si se pudiera tener en todo momento un control del porcentaje de ocupación de la bodega, desde las líneas podrían anticiparse a un posible freno en la producción y planificar en base a eso.
4. No existe análisis de datos que permita obtener información sobre cumplimiento de transportes: Esta debilidad es generada por tráfico, área encargada del manejo de transportes. Impacta primeramente en la Bodega de Producto Terminado ya que, al no haber control sobre cumplimiento de transportes, no se puede saber si los camiones van a llegar a la hora pactada o no y en base a eso preparar los pedidos. Además, impacta en ventas por la misma razón; si los camiones no cargan a la hora pactada, tampoco van a llegar a los distribuidores (clientes) al horario en que se les había informado.
5. No se reportan los pallets intervenidos antes de que estos sean almacenados en la bodega: El área encargada de intervenir los pallets es Calidad. Si esta área no los interviene antes de que ingresen a la

bodega de producto terminado, estos pallets son almacenados. Esto genera trabajo extra en la bodega, ya que ocurre en muchas ocasiones que, al preparar un pedido, se retiran pallets y al escanear su código, ocurre que están intervenidos y hay que volverlos a ingresar y buscar un nuevo pallet. Además, en varias oportunidades sucede que un pallet es despachado antes de ser intervenido y llega al cliente en malas condiciones, generando reclamos de parte de este.

6. No se almacenan los datos históricos del plan de producción: En este punto, la debilidad se genera en el área de planeamiento. Los planes de producción se envían por mail a las áreas correspondientes, y si se tiene en cuenta que por día a los encargados de dichas áreas les llegan más de 100 mails, buscar el plan de un día específico se hace imposible o muy poco práctico. Por eso esta manera de reportar el plan no es la correcta. Además, debido a esto no hay un análisis de los datos de producción que permitan obtener información importante. Esto afecta al área de compras ya que al no tener esa información no es posible planificar el reabastecimiento de materia prima de manera más eficiente.
7. No hay información en tiempo real sobre el estado de los equipos que permita saber cuándo va a haber una falla: El área generadora de la debilidad es Mantenimiento e impacta primeramente producción ya que si no se predice cuando un equipo va a fallar y falla, se tiene que detener la producción. También impacta en Calidad y en planeamiento porque se debe replanificar la producción.
8. No hay seguimiento en tiempo real de los parámetros del proceso que permita detectar una no conformidad de los productos: Para saber si los parámetros del proceso se encuentran dentro de los estándares, se hacen controles manuales cada cierta cantidad de tiempo. Esto hace que, si se encuentra un desvío, se tenga que descartar todo el lote producido luego de la última prueba correcta. Si desde el área de Calidad se pudiera llevar un control continuo del proceso, se podría detectar el desvío en el momento exacto en que se produce y esto afectaría menos a producción ya que no se tendría que frenar el proceso ni descartarse el lote completo. Esto podría afectar a ventas si al descartar lotes no se llegara al abastecimiento planificado, teniendo

impacto directo en los clientes por no recibir los productos en fecha y hora.

9. Los clientes (distribuidores) no pueden conocer el estado de su pedido: Esta debilidad se genera en Bodega de Producto Terminado, siguiendo por Tráfico y luego por ventas ya que deberían ser los encargados de informar el estado del pedido en cada parte del proceso. Esto impacta en los clientes que no tienen conocimiento del momento en que van a recibir su pedido.
10. La empresa no posee información sobre los puntos de venta a los que llegan los distribuidores: La empresa no tiene contacto con los puntos finales de venta a los cuales llegan los distribuidores, por lo que no se tiene información sobre disposición de los productos de la empresa en dichos puntos, etc.

Paso 2: En base a las debilidades identificadas en el paso 1, se realiza el siguiente gráfico enriquecido (figura 23). En este se muestran las áreas en recuadros de colores coincidentes con las flechas que salen de cada uno y con el número de debilidad generada en cada una. Las flechas salen del área generadora de la debilidad y terminan en la o las áreas impactadas. La debilidad N°9 se genera en 3 áreas diferentes (Bodega de Producto Terminado, Ventas y Tráfico) e impactan en conjunto a los clientes.

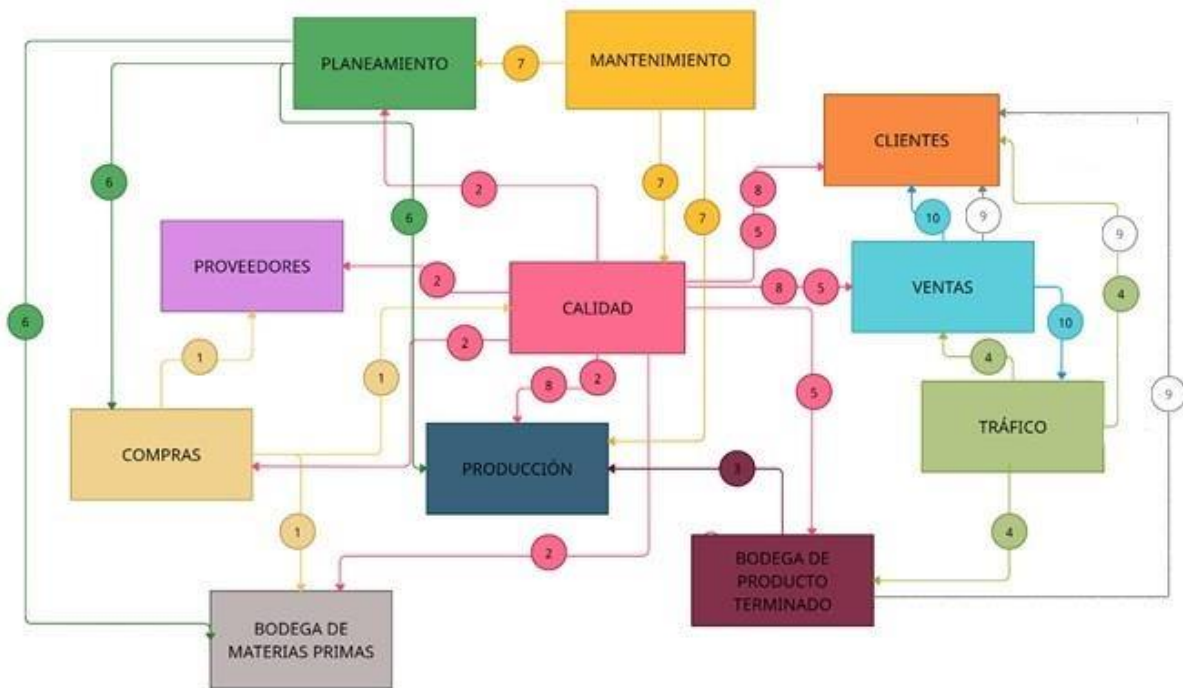


Figura 23: Gráfico enriquecido
Fuente: Elaboración propia

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

En la figura 23 se muestra de manera enriquecida el origen de las debilidades y el área o áreas en donde impacta. Como primer filtro se descarta la debilidad 3 ya que solo impacta en una de las áreas a diferencia del resto que impacta en 2 o más.

Respecto de la debilidad 9, si bien tiene como impacto final a los clientes, tiene origen en 3 áreas distintas que se van impactando entre sí. Es por lo que en este caso sí se la tiene en cuenta para el análisis.

5.5 Análisis de alternativas de mejora del servicio al cliente a partir de la aplicación de tecnologías innovadoras de la Industria 4.0.

Paso 3: Teniendo en cuenta ideas tomadas de otras plantas a partir del benchmarking y a partir de ideas propias, se proponen formas de reducir o eliminar las debilidades existentes.

Para la construcción de las definiciones raíces, las acciones propuestas se presentan en el cuadro 4 y para cada una de ellas se determinaron las preguntas ¿Qué? ¿Cómo? y ¿Por qué? en el cuadro 5 y el CATWOE en el cuadro 6.

Acciones	
1	Incorporar sensores de vibraciones, temperatura, tiempo de corrida, etc., en todos los equipos de la planta o en los equipos de las líneas más críticas
2	Incorporar sensores en los procesos críticos que puedan brindar datos de calidad. Aplicar la analítica de datos para predecir comportamientos y asegurar conformidad de productos y alertar en caso de desvíos.
3	Utilizar una carpeta en SharePoint para almacenar planes de producción y PowerBi para reportar
4	Conectar información de tráfico y Bodega de producto terminado utilizando SharePoint y PowerBI
5	Utilizar herramienta de registro de datos en el control de materia prima que conecte con PowerBI para obtener indicadores de merma
6	Incorporar software que conecte Bodega de Producto Terminado, tráfico, ventas y distribuidores
7	Utilizar un canal de comunicación eficiente con proveedores e incorporar app interna que conecte compras con Bodega de materia prima y calidad

Cuadro 4: Acciones propuestas

Fuente: Elaboración propia

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Acciones	Que	Como	Por qué
1 Incorporar sensores de vibraciones, temperatura, tiempo de corrida, etc., en todos los equipos de la planta o en los equipos de las líneas más críticas	Obtener información del estado de los equipos en tiempo real	Midiendo mediante sensores las variables más críticas.	Porque se debe saber cuándo puede ocurrir una falla para evitar interrupciones al proceso productivo.
2 Incorporar sensores en los procesos críticos que puedan brindar datos de calidad. Aplicar la analítica de datos para predecir comportamientos, asegurar conformidad de productos y alertar desvíos.	Tener puntos de control del proceso que brinden información a cada minuto	Midiendo mediante sensores las variables críticas del proceso.	Porque es necesario el control en tiempo real de los lotes no conformes para identificarlos en su origen y así reducir las intervenciones totales.
3 Utilizar una carpeta en SharePoint para almacenar planes de producción y PowerBi para reportar	Generar información a partir de datos históricos de planes de producción	Creando un <i>Dashboard</i> con datos de los planes almacenados en una carpeta en SharePoint	Porque son necesarios los datos históricos de producción para poder planificar de forma más certera.
4 Conectar información de tráfico y Bodega de producto terminado utilizando PowerApps, SharePoint y PowerBI	Generar indicadores claves para las áreas involucradas	Centralizando los datos generados por las áreas y utilizando herramientas para indicadores	Porque hay datos duplicados y almacenados en distintos sitios y no se puede obtener información clave en la toma de decisiones.
5 Utilizar herramienta de registro de datos en el control de materia prima que conecte con PowerBI para obtener indicadores de merma	Determinar la merma de materia prima	Registrando datos del control de calidad de la materia prima a través de un formulario de Google.	Porque se debe saber si la cantidad de materia recibida coincide con la requerida por producción.
6 Incorporar un software que conecte Bodega de Producto Terminado, tráfico, ventas y distribuidores	Tener un canal de comunicación e intercambio de información entre los últimos eslabones de la cadena de suministro	Incorporando un software de gestión logística	Porque los clientes no conocen cuando va a llegar su pedido y porque es necesario conocer el nivel de servicio
7 Utilizar un canal de comunicación eficiente con proveedores e incorporación de App interna que conecte compras con Bodega de materia prima y calidad	Tener un canal de comunicación en los primeros eslabones de la cadena de suministro	Diseñando una Aplicación con PowerApps para proveedores para seguimiento de pedidos y un <i>Dashboard</i> para indicadores a partir datos de la App.	Porque al no poder hacer seguimiento de pedido de materia prima se ve afectada la organización del trabajo.

Cuadro 5: Definiciones raíces

Fuente: Elaboración propia

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

	Acciones	Clientes (C)	Actores (A)	Proceso de transformación (T)	Punto de vista (W)	Impedidores (O)	Entorno (E)
1	Incorporar sensores de vibraciones, temperatura, tiempo de corrida, etc., en todos los equipos de la planta o en los equipos de las líneas más críticas	Producción	Gerencia / Mantenimiento	Incorporar sensores en los equipos	Tener control minuto a minuto del funcionamiento de equipos para adelantarse a una falla y evitar paro de producción	Gerencia	Disponibilidad de presupuesto para la adquisición de sensores
2	Incorporar sensores en los procesos críticos que puedan brindar datos de calidad. Aplicar la analítica de datos para predecir comportamientos, asegurar conformidad de productos y alertar desvíos.	Producción	Gerencia/ Calidad	Incorporar sensores para medir por ejemplo la humedad como parámetro crítico del proceso	Tener control minuto a minuto del proceso para evitar descartar producto en cantidad	Gerencia	Disponibilidad de presupuesto para la adquisición de sensores
3	Utilizar una carpeta en SharePoint para almacenar planes de producción y PowerBi para reportar	Bodega de materia prima / Compras / Producción	Planeamiento	Incorporar la herramienta PowerBI y SharePoint para almacenar los planes	Utilización eficiente de recursos a partir de una mejor planificación de producción	Planeamiento	Resistencia al cambio de planeamiento
4	Conectar información de tráfico y Bodega de producto terminado utilizando PowerApps, SharePoint y PowerBI	Bodega de producto terminado / Ventas / Clientes	Tráfico	Utilizar PoweApps, SharePoint y PowerBI para centralizar la información de las áreas.	Flujo eficiente de información entre áreas para la toma de decisiones	Tráfico	Resistencia al cambio por parte de los transportistas
5	Utilizar una herramienta de registro de datos en el control de materia prima que conecte con PowerBI para obtener indicadores de merma	Compras	Calidad	Incorporar un formulario para registrar el porcentaje de merma por pedido	Para no reprogramar la producción por falta de materia prima.	Calidad	Resistencia al cambio por parte de calidad
6	Incorporar software que conecte Bodega de Producto Terminado, tráfico, ventas y distribuidores	Clientes / Ventas	Bodega de Producto Terminado/ Tráfico /Ventas	Incorporar un software donde el cliente pueda seguir su pedido y la empresa tenga contacto con los puntos finales de venta para conocer las necesidades de reabastecimiento.	Para que no falte/sobre producto en los puntos de venta	Gerencia de ventas	Disponibilidad de presupuesto para la adquisición de software
7	Utilizar un canal de comunicación eficiente con proveedores e incorporación de app interna que conecte compras con Bodega de materia prima y calidad	Proveedores / Bodega de materia prima / Calidad	Compras	Diseñar una app interna y capacitar en su uso a las partes involucradas	Para poder hacer asignación eficiente de recursos a las tareas	Proveedores	Falta de permiso para generar un usuario para proveedores fuera de la empresa

Cuadro 6: Definiciones raíces

Fuente: Elaboración propia

5.6 Análisis AHP

Luego de las Definiciones Raíces realizó un Análisis Jerárquico en Niveles o AHP para jerarquizar las acciones propuestas según prioridad. Para llevarlo a cabo se tomaron cinco criterios (figura 24) para comparar las distintas alternativas, los cuales fueron:

- Impacto: mide cuántas debilidades soluciona cada una de las acciones.
- Costo – Beneficio: mide los resultados obtenidos en base a los recursos empleados en cada acción.
- Importancia: determina la prioridad de cada debilidad a solucionar.
- Compromiso: mide el nivel de apoyo de los distintos actores involucrados para llevar a cabo las acciones.
- Capacidad: determina los recursos existentes en la organización para llevar a cabo las distintas alternativas.

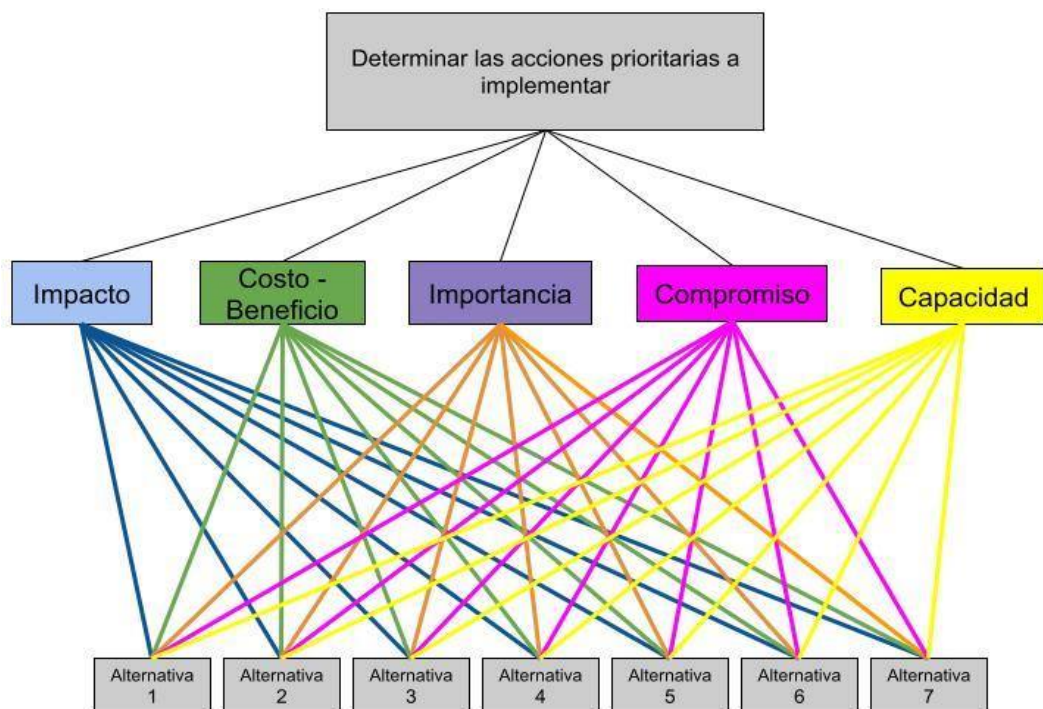


Figura 24: Niveles AHP
Fuente: Elaboración propia

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

La asignación de puntajes en las comparaciones pareadas se muestra en el Anexo I, al igual que el resto de los pasos del AHP, y se realizó teniendo en cuenta lo siguiente:

- Para definir los valores del criterio Impacto se tuvieron en cuenta las debilidades que solucionaba cada acción y en cuántas áreas impactaba cada una.
- Para el criterio Costo-Beneficio se les asignó mayor puntaje sobre el resto a aquellas acciones que con nula o baja inversión generaban un beneficio.
- El criterio importancia se evaluó en base a lo que la gerencia consideró como debilidad más importante de solucionar actualmente.
- En el criterio compromiso se tuvieron en cuenta las áreas involucradas en las acciones y el nivel de apoyo de cada una para llevarlas a cabo.
- Por último, el criterio capacidad se basó en los recursos de la empresa para llevar a cabo cada una de las acciones.

Luego del análisis realizado en el Anexo I, se llegó al resultado del cuadro 7.

PRIORIDAD GLOBAL	
Alternativa	Prioridad
1	0.0945
2	0.1487
3	0.1676
4	0.1554
5	0.2001
6	0.0849
7	0.1489

Cuadro 7: Prioridad de acciones

Fuente: Elaboración propia

Si bien todas las acciones son factibles de llevarse a cabo, con este análisis se determina cuáles de estas son prioritarias en un plan de acción conductor al cambio.

Como puede verse, las acciones con mayor prioridad según el modelo AHP, son las alternativas 2,3,4,5 y 7. Los índices de consistencia obtenidos son aceptables para todos los juicios realizados Se seleccionaron 5 para implementar, del total de 7 acciones, porque de esta manera se ataca el 80% de las debilidades.

5.7 Plan de acción

Paso 4: Se elaboró un modelo conceptual integral en el que se muestra cómo llevar a cabo las actividades conductoras al cambio. Para realizarlo se tuvieron en cuenta los resultados del análisis jerárquico.

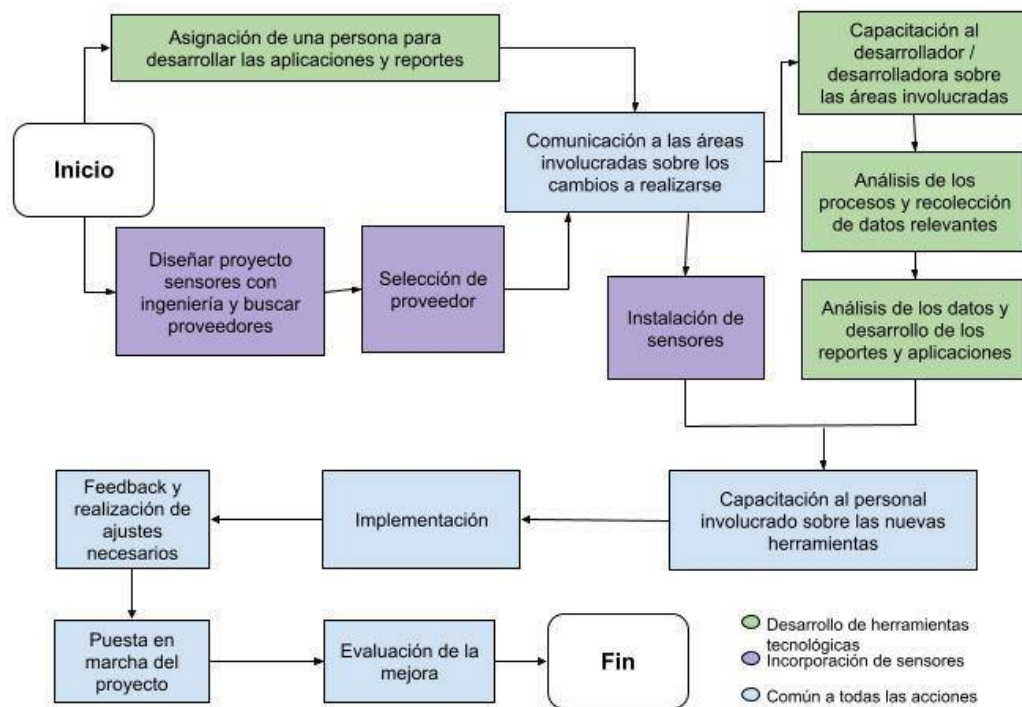


Figura 25: Modelo conceptual

Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en la figura 25, las actividades conductoras al cambio se implementan en paralelo. Por un lado, los pasos relacionados a la incorporación de sensores se muestran en cuadros violetas, y aquellos llevados a cabo para el desarrollo de herramientas tecnológicas, en verde. Los cuadros en celeste corresponden a aquellos pasos que todas las acciones tienen en común.

En el proyecto de incorporación de sensores está involucrado el sector de ingeniería que se encarga de diseñar dicho proyecto y de buscar el mejor proveedor. Una vez seleccionado, se debe comunicar el cambio a las personas involucradas y proceder con la instalación del sensor.

En el caso de la incorporación de herramientas, primero se debe seleccionar un desarrollador que puede ser tanto interno como una persona contratada temporalmente. Dicha persona debe ser capacitada sobre los sectores en los que va a

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

trabajar y debe recolectar los datos necesarios. El paso siguiente es desarrollar las herramientas necesarias y los reportes de datos de cada sector.

Por último, se llevan a cabo los pasos en común; capacitaciones, implementación, ajustes, puesta en marcha final y evaluación de mejoras.

6. RESULTADOS

Paso 5: Comparación de modelos. A continuación, se compara la situación actual con la propuesta para la organización. Hay que tener en cuenta que para mucha de las acciones no existen datos registrados que permitan calcular un valor numérico que muestre mejora monetaria.

Acción N°2:

Llevando a cabo la acción 2 se obtienen las siguientes mejoras (cuadro 8):

-Por un lado, al tener control minuto a minuto del proceso se eliminan o reducen las intervenciones por producto fuera de especificación lo que deriva en menor cantidad de reclamos. Los reclamos imputados a producción actualmente representan el 70% del total. Los clientes tienen un QR para un formulario donde cargan los reclamos correspondientes, y, entre otros datos, seleccionan el tipo de reclamo. Al enviarlo, se genera un flujo automático a partir del cual, cada uno de estos se guarda como dato en un SharePoint. Dicho SharePoint está conectado a un PowerBI donde se analizan los reclamos y se los clasifica según punto de generación. Por ejemplo, si el reclamo es por cajas con faltante de paquetes de producto, el reclamo proviene de las líneas productivas. En base a este análisis, el 70% de los reclamos corresponden a la categoría de producción. Por lo tanto, se reduce este porcentaje de las HH de las 2 personas que se encargan de la gestión de todos los reclamos. Si por mes dichas personas suman un total de 320 HH, se reducen 224 HH/mes.

-Si llega a ocurrir alguna intervención, se puede saber en el momento evitando que el pallet sea ingresado a Bodega de Producto terminado. El tiempo que lleva manipular producto intervenido en la bodega representa actualmente, según un estudio de tiempos realizado por la empresa, un 10,2% del tiempo total de la tarea de preparación. En preparación hay 18 personas en total, lo que representa por mes un total de 3456 HH. Por lo tanto, con esta mejora, se reducen 353 HH/mes.

-Por último, se reducen al 100% las HH de las 2 personas por turno que actualmente hacen análisis de muestras manualmente. Esto representa una reducción de 320HH/mes.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Descripción	HH/mes actuales	Mejora en HH/mes	HH/mes con mejora	%Mejora
Manipulación producto intervenido	3456	353	3103	10,2
HH gestión reclamos	320	224	96	70
HH de control manual de producto	320	320	0	100
TOTAL	4096	897	3199	21,9

Cuadro 8: Mejoras acción N°2

Fuente: Elaboración propia

Acción N°3:

Con la implementación de la acción 3 se logra un mejor flujo de la información, centralizando todos los planes de producción en un mismo sitio. Esto permite la búsqueda de un plan específico de forma más ágil y, además, armando un Dashboard, se pueden obtener indicadores que se actualicen automáticamente. Con esto último se puede planificar el reabastecimiento de materia prima e insumos de manera más exacta permitiendo un uso más eficiente de recursos.

Actualmente, en el sector de planificación hay tres personas trabajando. Una de ellas se encarga de ajustar los planes y reprogramar la producción del día en caso de error en los cálculos. Por lo tanto, teniendo una planificación más exacta, se ahorraría ese tiempo utilizado en reprogramar. Esto equivale a 180 HH/mes (cuadro 9).

HH/mes Actuales	Mejora en HH/mes	HH/mes con mejora	% mejora
540	180	360	33,33

Cuadro 9: Mejoras acción N°3

Fuente: Elaboración propia

Acción N°4:

Llevando a cabo la acción 4 las mejoras podrían ser significativas. En primer lugar, al tener centralizada la información, se puede generar un reporte que muestre cumplimiento de transporte. Por lo tanto, se pueden llevar a cabo acciones para mejorar

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

dicho cumplimiento. Como actualmente no se controla, no hay información disponible para tomar decisiones.

Esto sirve para organizar mejor el trabajo en bodega haciendo uso más eficiente de los recursos. Si un camión se compromete a llegar a un horario y en realidad llega al turno siguiente, quedan recursos ociosos destinados a la preparación y carga de dicho camión. Con este nuevo flujo de información esto mejoraría reduciendo tiempos muertos y por lo tanto costos.

Por otro lado, creando una aplicación con la información actualizada de tráfico, desde ventas pueden ir viendo el status de los camiones. Para saber esto actualmente se envía mail o se llama telefónicamente. Con esta nueva aplicación se mejoraría mucho el flujo de información acortando tiempos de búsqueda.

En términos de tiempo, con una mejor organización del trabajo se podría reducir tiempos en la preparación y carga de los pedidos. Actualmente hay 6 personas trabajando en la preparación y otras 6 en carga por turno, es decir, un total de 18 personas en cada tarea en los 3 turnos.

Hay un estudio de tiempos realizado por la empresa que determinó cuántos pedidos se podrían despachar con una mejor organización del trabajo y cumplimiento de transportes. Este estudio se llevó a cabo midiendo, de cada tarea, el tiempo que lleva realizarla. Los valores del cuadro 9 son por persona y muestran, en HH/mes, la mejora obtenida respecto de estos pedidos.

Tarea	HH/mes actuales	Mejora en HH/mes	HH/mes con mejora	%Mejora
Preparación	4032	1036,62	2995,38	25,71
Carga	4032	1955,52	2076,48	48,5
TOTAL	8064	2992,14	5071,86	37,1

Cuadro 10: Reducción de tiempos en preparación y carga

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se podría reducir un 25,71% de tiempo en preparación y 48,5% en carga.

Acción N°5:

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Para el caso de la acción 5, si se lleva a cabo un control de la merma de materia prima, se puede ajustar la cantidad pedida a proveedores evitando pedir de menos. Con esto también se mejora la organización del trabajo porque se evitan descargas por duplicado de una misma materia prima en días distintos y por lo tanto uso extra de recursos. Además, se elimina el riesgo de faltante de materia prima y freno de producción.

Al no haber un registro de los porcentajes de merma, no se puede saber qué porcentaje de las descargas se hacen por duplicado. Por lo tanto, se investigó sobre los rendimientos generales de harinas en Argentina, encontrando un rendimiento del 75% para harina de trigo y 86% para harina de maíz. Se tienen en cuenta estas 2 materias primas ya que son las de mayor volumen y las que más tiempo de descarga tienen (cuadro 11).

-Harina de trigo: 20 descargas promedio mensuales

-Harina de maíz: 14 descargas promedio mensuales

Hay que tener en cuenta que el tiempo de descarga de harinas está estipulado en 1,5 horas y participan 2 personas en esta tarea. Por lo tanto, cada descarga representa un total de 3 HH.

Harina	Descargas/mes	Rendimiento (%)	HH/mes actuales	Mejora en HH/mes	HH/mes con mejora	%Mejora
Trigo	20	75	80	20	60	25
Maíz	14	86	48,83	6,83	42	14
TOTAL			128,83	26,83	102	20,82

Cuadro 11: Mejoras de acciones

Fuente: Elaboración propia

Acción N°7:

Por último, implementando la acción 7 se mejora el flujo de información entre áreas evitando comunicaciones por mail o telefónicas. Esto reduce tiempos y también mejora la organización del trabajo al tener la información en todo momento de los pedidos. Además, teniendo un indicador que muestre el cumplimiento de cada proveedor, se puede llegar a un arreglo con aquellos que no estén cumpliendo y reducir costos, o en su defecto ajustar los horarios de las llegadas de camiones.

Con información de las planificaciones semanales y el registro de llegadas de camiones a planta, se realizó un cálculo de cuántos de esos camiones llegaron en el día y turno planificado. Para este análisis se tomó la información del corriente año.

Como ejemplo se muestra la información de las llegadas en una semana de enero en el cuadro 12.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Fecha	Insumo	Turno	¿Llegó?
17-Jan	Harina de maíz	Mañana	Si
17-Jan	Maíz	Noche	No
17-Jan	Aceite de girasol	Tarde	Si
18-Jan	Aceite de girasol	Tarde	Si
18-Jan	Aceite de girasol	Tarde	No
18-Jan	Aceite de soja	Tarde	No
18-Jan	Harina de maíz	Tarde	Si
18-Jan	Harina tipo A	Tarde	No
18-Jan	Harina 000	Mañana	No
19-Jan	Harina 000	Mañana	No
19-Jan	Harina maíz	Tarde	No
19-Jan	Maíz	Noche	No
19-Jan	Aceite de girasol	Tarde	No
19-Jan	Sal	Mañana	No
20-Jan	Aceite girasol	Tarde	Si
20-Jan	Harina de maíz	Mañana	No
20-Jan	Harina tipo A	Tarde	No
20-Jan	Harina de trigo	Mañana	No
21-Jan	Azúcar	Mañana	No
21-Jan	Aceite de soja	Mañana	No
21-Jan	Aceite de girasol	Mañana	No
21-Jan	Harina 000	Tarde	No
21-Jan	Harina tipo A	Tarde	Si
21-Jan	Maíz	Noche	No

Cuadro 12: Mejoras de acciones

Fuente: Elaboración propia en base a información de la empresa

Como puede verse, de un total de 24 llegadas planificadas en un turno específico, solo se cumplieron 6, es decir, un 25%.

Para la tarea de descarga hay 2 personas asignadas por turno, es decir, 6 en total por día y estas 6 personas representan un total de 1152 HH/mes.

Si solo se cumple un 25% de las descargas planificadas, hay un 75% de dichas HH que no se están aprovechando y que representan una mejora. Esto se muestra en el cuadro 13.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Tarea	HH/mes actuales	Mejora en HH/mes	%Mejora
Descarga	1152	864	75

Cuadro 13: Mejoras de acciones

Fuente: Elaboración propia

Sintetizando lo explicado anteriormente, se realiza el siguiente cuadro (cuadro 14) donde se muestran de forma más resumida las mejoras que traería la implementación de las acciones planteadas tomando el indicador de HH/mes.

Acción	HH/mes actuales	Mejora en HH/mes	%Mejora
Incorporar sensores en los procesos críticos que puedan brindar datos de calidad. Aplicar la analítica de datos para predecir comportamientos y asegurar conformidad de productos y alertar en caso de desvíos.	4096	897	21,9
Utilizar una carpeta en SharePoint para almacenar planes de producción y PowerBi para reportarlos	540	180	33,33
Conectar información de tráfico y Bodega de producto terminado utilizando una aplicación de PowerApps, SharePoint y PowerBI	8064	2992,14	37,1
Utilización de herramienta de registro de datos en el control de materia prima que conecte con PowerBI para obtener indicadores de merma	128,83	26.83	20,
Utilización de un canal de comunicación eficiente con proveedores e incorporación de app interna que conecte compras con Bodega de materia prima y calidad	1152	864	75
TOTAL	13980,83	4959,97	35,47

Cuadro 14: Mejoras de acciones

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en el cuadro anterior, de un total de 13980,83 HH/mes se pueden reducir 4959,97 HH/mes con la implementación de las mejoras planteadas. Esto representa un 35,47% del total. Y esta reducción de HH en el mes, que implica reducción de costos, no es lo único que se logra con estos cambios.

Agregando sensores se agrega valor al cliente final brindándoles productos sin desvíos, y eso agrega valor a la organización al tener menos reclamos. ¿Y cómo se

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

logra esto? Gracias al mejor flujo de información a partir de tener datos en tiempo real de los procesos, lo que permite tomar decisiones acertadas y en el momento correcto.

El resto de las acciones planteadas implican incorporación de herramientas tecnológicas para mejorar la comunicación entre áreas. Tener la información actualizada y centralizada en todo momento no solo hace a una búsqueda y visualización más simple. Esto también logra una mejor organización del trabajo y, por lo tanto, un uso adecuado de recursos. Además, tener un mejor flujo de la información implica que, por ejemplo, el cliente pueda recibir sus productos en el horario pactado, o que las líneas reciban la materia prima e insumos que necesitan sin tener que cortar producción por falta de estos.

Es por esto, que se cumple la hipótesis planteada al comienzo del trabajo. La incorporación de tecnologías de la industria 4.0 agrega valor a la cadena de suministro de las organizaciones disminuyendo el tiempo de los procesos.

7. CONCLUSIONES

Primeramente, se puede confirmar la hipótesis planteada en el comienzo del trabajo. Se pudo determinar que la incorporación de tecnologías de la industria 4.0 agrega valor a la cadena de suministro de las organizaciones disminuyendo el tiempo de los procesos en HH/mes

Algo importante a destacar es que, en la mayoría de las acciones, las herramientas propuestas son recursos presentes en la organización, por lo que no se requieren grandes inversiones. Es por esto que, ante el avance tecnológico, primero hay que ver los recursos presentes en la empresa y explotar dichos recursos. De lo que sí se requiere, es de una estructura flexible con respecto al contexto de cambio actual en el que se vive para hacer frente al cambio cultural que abarque a cada integrante de la organización. Esto involucra a todos los rangos jerárquicos, como así también a las herramientas para que los líderes puedan impulsar dicho cambio. Si todas las áreas están motivadas y comprometidas con el cambio, se puede pensar en una estandarización en cuanto a manipulación de datos y herramientas tecnológicas en toda la cadena de suministro creando valor agregado.

Esto último es la base para poder realizar otros cambios que permitan acercarse a la cima tecnológica que propone la cuarta revolución industrial. Por lo tanto, se puede decir que la empresa estudiada todavía se encuentra transitando la tercera revolución industrial.

Por otra parte, se logró obtener una propuesta de mejora para solucionar las debilidades más importantes descubiertas. Esto fue posible gracias a la realización de la auditoría tecnológica, ya que permitió obtener una visión real de la situación actual de la planta y, por otro lado, gracias al análisis AHP que permitió determinar acciones prioritarias. Con esta propuesta se alcanzaron reducciones en HH/mes de un 35,47%, y la mejora implicó tanto cambios cualitativos como cuantitativos, muy importantes ambos para la organización.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AA Consulting (s.f) ¿Quién liderará la cuarta revolución industrial? Murcia Economía. <https://murciaeconomia.com/art/61798/quien-liderara-la-cuarta-revolucion-industrial>
- Albrieu, Basco, Brest López, Azevedo, Peirano, Rapetti, Vienni (2019). “Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial Argentina”.
- Anderson, D.R.; Sweeny, D.J. Y Williams, T.A. (2004): Métodos cuantitativos para los negocios. Editorial Thomson, 9na. edición.
- Barros Losada (2017). La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. Disponible en <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91146/fichero/La+Industria+4.0+Aplicaciones+e+Implicaciones.pdf>
- Basco, Beliz, Coatz, Garnero (2018). “Industria 4.0: Fabricando el futuro”. Ciudad de Buenos Aires, Julio de 2018.
- Cámara de Valencia (s.f). “Industria 4.0 en la alimentación”. <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/la-industria-4-0-en-la-alimentacion/>
- Castillo, M., Gligo, N., y Rovira, S. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. En Cimoli, M., Castillo, M., Porcile, G. y Stumpo, G. (Eds.), Políticas industriales y tecnológicas en América Latina (pp. 549-572). Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL (22 de Enero de 2016). “CEPAL: Una cuarta revolución industrial supone para la región un cambio estructural progresivo con la igualdad y la sostenibilidad en el centro”. <https://www.cepal.org/es/comunicados/cepal-cuarta-revolucion-industrial-supone-la-region-un-cambio-estructural-progresivo-la>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización Internacional del Trabajo (OIT), “El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: antiguas y nuevas formas de empleo y los desafíos para la regulación laboral”, Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe, N° 20 (LC/TS.2019/31), Santiago, 2019.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

- del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Bilbao, España: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.
- Eric (23 de Febrero de 2016). "Top 7 Data Visualization Best Practices". Unilytics. <https://unilytics.com/top-7-data-visualization-best-practices/>
- Espinoza (2017). "BENCHMARKING: qué es, tipos, etapas y ejemplos". <https://robertoespinoza.es/2017/05/13/benchmarking-que-es-tipos-ejemplos/>.
- González Rodríguez (30 de octubre de 2017). "Los países líderes de la cuarta revolución industrial". BBVA. <https://www.bbva.com/es/paises-lideres-cuarta-revolucion-industrial/>
- Joyanes Aguilar, L. (2017). *Ciberseguridad: la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0)*. Cuadernos de estrategia, 185, 19-64.
- Organización Internacional del trabajo (2020). *PANORAMA LABORAL 2020: América Latina y el Caribe*. Lima, Perú: OIT/Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2020. ISSN: 2305-0276. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_764630.pdf
- Organización Internacional del trabajo (2020). *PANORAMA LABORAL 2019: América Latina y el Caribe*. Lima, Perú: OIT/Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2019. ISSN: 2305-0276. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_732198.pdf
- Quintero, Johana y Sánchez, José (2006). *La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico*. Telos, 8(3),377-389. [fecha de Consulta 24 de Noviembre de 2020]. ISSN: 1317-0570. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=993/99318788001>.
- Rashid (18 de Marzo de 2016). "4 Winning Strategies to Prepare Data (ETL) for Data Visualization". Unilytics. <https://unilytics.com/4-winning-strategies-to-prepare-data-etl-for-data-visualization/>
- Romig, Seminario, (28 de Septiembre de 2020). "La crisis del coronavirus acelera la revolución tecnológica en América Latina y el Caribe". Banco Mundial.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/09/28/coronavirus-revolucion-tecnologica-americalatina>

- Rozo García (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. Revista UIS Ingenierías.
- Rüßmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Engel, Harnisch, Justus. (9 de Abril de 2015). "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries". BCG.
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Ginebra, Suiza: World Economic Forum.
- Tabone, Luciana Belén; Mortara, Verónica Aída y Zanfrillo, Alicia Inés (2019). Propuesta de un sistema de información para una institución de salud mental utilizando Investigación Operativa Soft. Comunicación presentada en XII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2019, Manizales [COL], 25-27 septiembre 2019.
- Tecnalía (2017). "La servitización como estrategia de negocio para la adopción del modelo de Industria 4.0".
<http://blogs.tecnalia.com/inspiring-blog/2017/11/09/la-servitizacion-estrategia-negocio-la-adopcion-del-modelo-industria-4-0/>
- Valqui Vidal, R. (2010). La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario. Operational Research: A multidisciplinary Field, pp. 47-52.
- Vázquez, Treviño, Palomo, González (2016). "Diferencia entre la Cadena de Valor y la Cadena de Suministros para generar una ventaja competitiva". Universidad Autónoma de Nuevo León
- Zanfrillo, Alicia Inés; Morcela, A.; Mortara, Verónica; Tabone, Luciana; Carrizo, G.; Gadaleta, L.; Delmonte, P.; Massano, R. y Bounoure, J. (2020). Industria inteligente para el agregado de valor a la cadena de suministro regional. Póster presentado en Jornadas INVESTIGAR UNMDP-2020, Mar del Plata [ARG], 19-30 octubre 2020.

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos
en la cadena regional

9. ANEXO

A continuación, se muestra el desarrollo del AHP con sus cuadros correspondientes. Las alternativas se muestran en el cuadro 15.

Acciones	
1	Incorporar sensores de vibraciones, temperatura, tiempo de corrida, etc., en todos los equipos de la planta o en los equipos de las líneas más críticas
2	Incorporar sensores en los procesos críticos que puedan brindar datos de calidad. Aplicar la analítica de datos para predecir comportamientos y asegurar conformidad de productos y alertar en caso de desvíos.
3	Utilizar una carpeta en SharePoint para almacenar planes de producción y PowerBi para reportar
4	Conectar información de tráfico y Bodega de producto terminado utilizando SharePoint y PowerBI
5	Utilizar herramienta de registro de datos en el control de materia prima que conecte con PowerBI para obtener indicadores de merma
6	Incorporar software que conecte Bodega de Producto Terminado, tráfico, ventas y distribuidores
7	Utilizar un canal de comunicación eficiente con proveedores e incorporar app interna que conecte compras con Bodega de materia prima y calidad

Cuadro 15: Alternativas
Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se realizaron las comparaciones pareadas entre alternativas según los distintos criterios y entre criterios y se construyeron las matrices de comparaciones pareadas según se pueden ver en los cuadros que van del 16 al 21.

Criterio: Alternativas (acciones)	Impacto						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.5	1	1	0.333	1	1
2	2	1	2	2	2.0	2	2
3	1	0.5	1	1	0.333	1	1
4	1	0.5	1	1	0.333	1	1
5	3	0.5	3	3	1	3	3
6	1	0.5	1	1	0.333	1	1
7	1	0.5	1	1	0.333	1	1

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

Cuadro 16: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Impacto

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Costo-Beneficio						
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.500	0.333	0.333	0.333	1	0.333
2	2	1	0.500	0.500	0.500	2	0.500
3	3	2	1	1	1	3	1
4	3	2	1	1	1	3	1
5	3	2	1	1	1	3	1
6	1	0.500	0.333	0.333	0.333	1	0.333
7	3	2	1	1	1	3	1

Cuadro 17: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Costo-Beneficio

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Importancia						
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.5	2	2	2	3	3
2	2	1	4	2	2	5	3
3	0.500	0.25	1	0.333	1	2	2
4	0.50	0.50	3	1	0.5	0.333	2
5	0.50	0.50	1	2	1	0.5	2
6	0.33	0.200	0.5	3	2	1	3
7	0.333	0.333	0.5	0.5	0.5	0.333	1

Cuadro 18: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Importancia

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Compromiso						
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	1	3	2	2
2	0.5	1	2	0.5	1	0.5	2
3	0.333	0.5	1	0.333	2	0.5	1
4	1	2	3	1	3	2	3
5	0.333	1	0.5	0.333	1	0.333	1
6	0.5	2	2	0.5	3	1	3

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

7	0.5	0.5	1	0.333	1	0.333	1
---	-----	-----	---	-------	---	-------	---

Cuadro 19: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Compromiso

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Capacidad						
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	0.333	0.5	0.5	1	0.5
2	1	1	0.333	0.5	0.5	1	0.5
3	3	3	1	2	2	3	2
4	2	2	0.5	1	0.5	2	0.5
5	2	2	0.5	2	1	2	2
6	1	1	0.333	0.5	0.5	1	0.5
7	2	2	0.5	2	0.5	2	1

Cuadro 20: Matriz de comparaciones pareadas, criterio Capacidad

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Impacto	Costo-Beneficio	Importancia	Compromiso	Capacidad
Impacto	1	0.33	4	6	3
Costo-Beneficio	3	1	6	8	4
Importancia	0.25	0.17	1	2	0.5
Compromiso	0.166666667	0.125	0.5	1	0.33
Capacidad	0.33	0.25	2	3	1

Cuadro 21: Matriz de comparaciones pareadas entre criterios

Fuente: Elaboración propia

Como segundo paso se calcularon las matrices de prioridad. Los resultados se pueden observar en los cuadros que van del 22 al 27.

Criterio:	Impacto							Matriz prioridad
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7	
1	0.100	0.125	0.100	0.100	0.071	0.100	0.100	0.10
2	0.200	0.250	0.200	0.200	0.429	0.200	0.200	0.24
3	0.100	0.125	0.100	0.100	0.071	0.100	0.100	0.10
4	0.100	0.125	0.100	0.100	0.071	0.100	0.100	0.10
5	0.300	0.125	0.300	0.300	0.214	0.300	0.300	0.26

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

6	0.100	0.125	0.100	0.100	0.071	0.100	0.100	0.10
7	0.100	0.125	0.100	0.100	0.071	0.100	0.100	0.10

Cuadro 22: Matriz prioridad, criterio impacto

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Costo-Beneficio							
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7	Matriz prioridad
1	0.063	0.050	0.065	0.065	0.065	0.063	0.065	0.06
2	0.125	0.100	0.097	0.097	0.097	0.125	0.097	0.11
3	0.188	0.200	0.194	0.194	0.194	0.188	0.194	0.19
4	0.188	0.200	0.194	0.194	0.194	0.188	0.194	0.19
5	0.188	0.200	0.194	0.194	0.194	0.188	0.194	0.19
6	0.063	0.050	0.065	0.065	0.065	0.063	0.065	0.06
7	0.188	0.200	0.194	0.194	0.194	0.188	0.194	0.19

Cuadro 23: Matriz prioridad, criterio Costo-Beneficio

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Importancia							
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7	Matriz prioridad
1	0.245	0.245	0.222	0.174	0.222	0.269	0.250	0.23
2	0.245	0.245	0.333	0.174	0.222	0.358	0.125	0.24
3	0.122	0.082	0.111	0.087	0.111	0.179	0.125	0.12
4	0.122	0.122	0.111	0.087	0.056	0.030	0.125	0.09
5	0.122	0.122	0.111	0.174	0.111	0.045	0.125	0.12
6	0.082	0.061	0.056	0.261	0.222	0.090	0.188	0.14
7	0.061	0.122	0.056	0.043	0.056	0.030	0.063	0.06

Cuadro 24: Matriz prioridad, criterio importancia

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Compromiso							
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7	Matriz prioridad
1	0.240	0.222	0.240	0.250	0.214	0.300	0.154	0.23
2	0.120	0.111	0.160	0.125	0.071	0.075	0.154	0.12
3	0.080	0.056	0.080	0.083	0.143	0.075	0.077	0.08

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

4	0.240	0.222	0.240	0.250	0.214	0.300	0.231	0.24
5	0.080	0.111	0.040	0.083	0.071	0.050	0.077	0.07
6	0.120	0.222	0.160	0.125	0.214	0.150	0.231	0.17
7	0.120	0.056	0.080	0.083	0.071	0.050	0.077	0.08

Cuadro 25: Matriz prioridad, criterio Compromiso

Fuente: Elaboración propia

Criterio:	Capacidad							Matriz prioridad
Alternativas (acciones)	1	2	3	4	5	6	7	
1	0.083	0.083	0.095	0.059	0.091	0.083	0.071	0.08
2	0.083	0.083	0.095	0.059	0.091	0.083	0.071	0.08
3	0.250	0.250	0.286	0.235	0.364	0.250	0.286	0.27
4	0.167	0.167	0.143	0.118	0.091	0.167	0.071	0.13
5	0.167	0.167	0.143	0.235	0.182	0.167	0.286	0.19
6	0.083	0.083	0.095	0.059	0.091	0.083	0.071	0.08
7	0.167	0.167	0.143	0.235	0.091	0.167	0.143	0.16

Cuadro 26: Matriz prioridad, criterio Capacidad

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Impacto	Costo-Beneficio	Importancia	Compromiso	Capacidad	Matriz criterios
Impacto	0.211	0.176	0.296	0.300	0.340	0.265
Costo-Beneficio	0.632	0.534	0.444	0.400	0.453	0.493
Importancia	0.053	0.089	0.074	0.100	0.057	0.074
Compromiso	0.035	0.067	0.037	0.050	0.037	0.045
Capacidad	0.070	0.134	0.148	0.150	0.113	0.123

Cuadro 27: Matriz prioridad criterios

Fuente: Elaboración propia

Como paso 3 se calcularon los índices de consistencia de las matrices-Los cálculos de dichos valores se muestran en los cuadros 28 y 29, dando como resultado todas matrices consistentes.

Matriz	Entre alternativas, para cada criterio					Entre criterios
	Impacto	Costo-Beneficio	Importancia	Compromiso	Capacidad	Criterios

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos en la cadena regional

(Matriz no normalizada * Matriz prioridades) / Elemento de la matriz prioridad correspondiente	7.0852	7.0050	7.6779	7.2755	7.1143	5.1601
	7.3403	7.0109	7.8740	7.1791	7.1143	5.2504
	7.0854	7.0185	7.8799	7.2123	7.1751	5.0311
	7.0854	7.0185	7.2264	7.2623	7.0545	5.0541
	7.1358	7.0185	7.3261	7.1696	7.2631	5.0298
	7.0854	7.0050	7.5204	7.2417	7.1143	-
	7.0854	7.0185	7.3125	7.1388	7.1849	-
Nmax	7.1290	7.0136	7.5453	7.2113	7.1458	5.1051

Cuadro 28: Cálculo de nmax

Fuente: Elaboración propia

Matriz	Entre alternativas, para cada criterio					Entre criterios
	Impacto	Costo-Beneficio	Importancia	Compromiso	Capacidad	Criterios
N	7	7	7	7	7	5
Nmax	7.1290	7.0136	7.5453	7.2113	7.1458	5.1051
IC	0.0215	0.0023	0.1168	0.0352	0.0243	0.0263
IA	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.12
RC	0.0163	0.0017	0.0689	0.0267	0.0184	0.0235
Consistente	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Cuadro 29: Cálculo de consistencia

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, los vectores de prioridad de los cinco criterios resultan ser los presentados en el cuadro 30.

Matriz de Prioridades					
Alternativas	Criterios				
	Impacto	Costo-Beneficio	Importancia	Compromiso	Capacidad
1	0.1	0.06	0.23	0.23	0.08
2	0.24	0.11	0.24	0.12	0.08
3	0.1	0.19	0.12	0.08	0.27
4	0.1	0.19	0.09	0.24	0.13
5	0.26	0.19	0.12	0.07	0.19

Industrias Inteligentes para el agregado de valor a los procesos productivos
en la cadena regional

6	0.1	0.06	0.14	0.17	0.08
7	0.1	0.19	0.06	0.08	0.16

Cuadro 30: Vector de prioridad de los criterios

Fuente: Elaboración propia