



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA UNA PYME INDUSTRIAL

Autor:

Vicente Herrero, Raúl

Tutor:

Arauzo Arauzo, José Alberto

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN

En un momento histórico en el que la digitalización marca la diferencia competitiva, muchas pequeñas empresas aún se topan con enormes barreras para adoptar herramientas de gestión por falta de recursos, formación o tiempo. Este TFG realiza un análisis de la realidad operativa de una empresa familiar dedicada a la fabricación de material ganadero, con el fin de desarrollar una herramienta adaptada a sus necesidades reales.

El trabajo realiza un recorrido desde el análisis funcional y el estudio del marco teórico-técnico hasta el diseño e implementación de una herramienta propia que reproduce, a pequeña escala, la lógica seguida por los ERP comerciales. Usando Microsoft Excel y Power BI, se ha elaborado un sistema modular, escalable y accesible donde se digitalizan los procesos claves de la empresa, como producción, control de inventarios o gestión administrativa, logrando mejorar la trazabilidad de los pedidos y la eficiencia operativa.

PALABRAS CLAVE

Digitalización, Gestión empresarial, Planificación de la producción, Gestión de inventarios, Trazabilidad operativa.

ABSTRACT

At a historical moment when digitalization defines competitive advantage, many small businesses still face significant barriers to adopting management tools due to limited resources, training, or time. This undergraduate thesis analyzes the operational reality of a family-owned company dedicated to manufacturing livestock equipment, with the aim of developing a tool tailored to its real needs.

The work covers a complete journey, from functional analysis and the study of the theoretical-technical framework to the design and implementation of a custom-built tool that replicates, on a small scale, the logic followed by commercial ERP systems. Using Microsoft Excel and Power BI, a modular, scalable, and accessible system has been created to digitalize key business processes-such as production, inventory control, and administrative management-resulting in improved order traceability and operational efficiency.

KEY WORDS

Digitalization, Business Management, Production Planning, Inventory Management, Operational Traceability.

AGRADECIMIENTOS

A mi hermana, por ser el perfecto ejemplo a seguir.

A mi madre, por demostrarme lo que significa querer.

A mi padre, por enseñarme los valores que forjan a las buenas personas.

A mis amigos, por ser los perfectos acompañantes en esta aventura que es la vida.

A todas aquellas personas que, de un modo u otro, han sido clave para que hoy sea quien soy, tanto en lo personal como en lo profesional.

Y a mi tutor, D. José Alberto Arauzo Arauzo, por su ayuda, entrega y entera disposición.

ÍNDICE

CAPITULO I - INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. CONTENIDO DE LA MEMORIA	3
CAPITULO II- EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO: L.R. JAVE S.L.	4
2.1. HISTORIA Y ACTIVIDAD PRINCIPAL.....	5
2.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y MODELOS DE GESTIÓN.....	6
2.2.1. Organigrama.....	8
2.3. PROCESOS CLAVE DE LA EMPRESA.....	9
2.3.1. Integración y visión sistémica	12
CAPITULO III - SISTEMAS DE INFORMACIÓN	14
3.1. INTRODUCCIÓN	15
3.2. CONTEXTUALIZACIÓN	15
3.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	15
3.3.1. Origen histórico de los sistemas de información	16
3.3.2. Clasificación de los sistemas de información.....	17
3.4. SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP).....	18
3.5. GESTOR DE RELACIONES CON EL CLIENTE (CRM)	19
3.5.1. ERP vs CRM	19
3.6. IMPACTO ESTRATÉGICO DE LOS ERP EN LAS EMPRESAS	20
3.6.1. ERP en PYMEs industriales	20
3.7. COMPARATIVA ENTRE ERP COMERCIAL Y ERP DESARROLLADO A MEDIDA	21
3.8. CASOS DE ÉXITO.....	22
3.8.1. SAP	22
3.8.2. Odoo	22
3.8.3. Sage X3.....	23
3.8.4. Oracle NetSuite.....	23
3.9. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE IMPLANTAR UN ERP	23
CAPITULO IV: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS	25
4.1. INTRODUCCIÓN	26
4.2. GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	26
4.2.1. Sistemas productivos.....	26
4.2.2. Programación de talleres	28
4.3. GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	36
4.3.1. Modelo EOQ clásico.....	37

4.3.2.	<i>Modelo de lote fijo</i>	39
CAPITULO V: DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA		41
5.1.	INTRODUCCIÓN	42
5.2.	JUSTIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS	42
5.1.1.	<i>Microsoft Excel</i>	42
5.1.2.	<i>Power BI</i>	42
5.3.	ANÁLISIS FUNCIONAL DE NECESIDADES	43
5.3.1.	<i>Áreas funcionales detectadas</i>	43
5.4.	ESTRUCTURA DE DATOS MAESTROS EN SISTEMAS ERP	44
5.4.1.	<i>Ficha maestra: Clientes</i>	44
5.4.2.	<i>Ficha maestra: Proveedores</i>	45
5.4.3.	<i>Ficha maestra: Materiales</i>	45
5.4.4.	<i>Ficha maestra: Producto</i>	46
5.4.5.	<i>Ficha Maestra: Bill of Material (BOM)</i>	46
5.4.6.	<i>Ficha Maestra: Tiempos de operaciones</i>	47
5.4.7.	<i>Ficha maestra: Márgenes de beneficio</i>	48
5.5.	GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	49
5.5.1.	<i>Control</i>	49
5.5.2.	<i>Planificación</i>	50
5.5.3.	<i>Hoja de trabajo</i>	50
5.6.	GESTIÓN DE INVENTARIOS	51
5.6.1.	<i>Herramienta de compras</i>	51
5.6.2.	<i>Registro de movimientos</i>	52
5.7.	GESTIÓN ADMINISTRATIVA	52
5.7.1.	<i>Facturación</i>	53
5.7.2.	<i>Registro de cobros</i>	53
5.8.	GESTIÓN COMERCIAL	54
CAPITULO VI - SIMULACIÓN DE PEDIDO		56
6.1.	INTRODUCCIÓN	57
6.2.	PEDIDO INICIAL	57
6.3.	PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	57
6.4.	REVISIÓN DE STOCK	60
6.5.	FACTURACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL COBRO	62
CAPITULO VII - LÍNEAS DE MEJORA		64
7.1.	INTRODUCCIÓN	65
7.2.	MEJORA DE LA INTERFAZ VISUAL Y EXPERIENCIA DE USUARIO	65
7.3.	SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL Y DIGITALIZACIÓN DE TAREAS POR OPERARIO	65
7.4.	IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE SEGUIMIENTO COMERCIAL	66
7.5.	CONEXIÓN HERRAMIENTA-PÁGINA WEB	67

CAPITULO VIII – ESTUDIO ECONÓMICO.....	70
8.1. INTRODUCCIÓN	71
8.2. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS.....	71
8.3. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	72
8.4. COMPARATIVA CON SOLUCIONES COMERCIALES	73
CAPITULO IX - CONCLUSIONES.....	75
9.1. CONCLUSIONES.....	76
ANEXOS.....	78
ANEXO 1	79
ANEXO 2	83
ANEXO 3	88
ANEXO 4	89
ANEXO 5	90
BIBLIOGRAFIA	91

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Representación de la estructura adhocrática. Elaboración propia.	7
Ilustración 2.- Organigrama L.R. JAVE S.L. Elaboración propia	8
Ilustración 3.- Cadena de valor de Michael Porter. Elaboración propia	9
Ilustración 4.- Imagen interdepartamental, silos. Fuente: LinkedIn	12
Ilustración 5.- Esquema sistemas de información. Elaboración propia	16
Ilustración 6.- Orígenes de los sistemas de información. Fuente Enciclopedia Humanidades	16
Ilustración 7.- Módulos ERP. Fuente GAD Software	19
Ilustración 8.- Logo SAP. Fuente SAP	22
Ilustración 9.- Logo Odoo. Fuente Odoo	22
Ilustración 10.- Logo Sage X3. Fuente Sage	23
Ilustración 11.- Logo Oracle NetSuite. Fuente Oracle	23
Ilustración 12.- Ejemplo de producción en masa. Fuente Pinterest	27
Ilustración 13.- Distribución de planta de L.R. JAVE. Elaboración propia.....	30
Ilustración 14.- Panel de gestión comercial desarrollado en Power BI. Elaboración propia.	54
Ilustración 15.- P0026 en hoja de Control. Elaboración propia	57
Ilustración 16.- Productos pte. de producir. Elaboración propia.	58
Ilustración 17.- Heurística de palmer y Cálculo de Makespan. Elaboración propia	58
Ilustración 18.- Pedido aplazado. Elaboración propia.	58
Ilustración 19.- Orden óptimo de producción. Elaboración propia.	59
Ilustración 20.- Registro de producción realizada y salida de material. Elaboración propia.	60
Ilustración 21.- Alerta de material a reponer. Elaboración propia.....	61
Ilustración 22.- Panel de compras de pequeños materiales. Elaboración propia.....	61
Ilustración 23.- Entrada de material. Elaboración propia.....	61

Ilustración 24.- Modificación de condiciones en factura. Elaboración propia.	62
Ilustración 25.- Registro pendiente de cobro. Elaboración propia.....	62
Ilustración 26.- Registro ventas por producto. Elaboración propia.....	62
Ilustración 27.- Representación visual del estado del pedido. Elaboración propia.....	67

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.- Comparativa ERP vs CRM. Elaboración propia	20
Tabla 2.- Ventajas e inconvenientes de un ERP. Elaboración propia.....	24
Tabla 3.- Comparativa entre los tipos de taller. Elaboración propia	29
Tabla 4.- Tiempos de proceso. Elaboración propia	34
Tabla 5.- Resultados de S1, S2 y S3. Elaboración propia	34
Tabla 6.- Cálculo del makespan en la primera máquina	35
Tabla 7.- Tiempo de finalización de P4 en M2. Elaboración propia.....	35
Tabla 8.- Tiempo de finalización de P2 en M2. Elaboración propia.....	35
Tabla 9.- Tiempo de finalización de P2 en M2. Elaboración propia.....	35
Tabla 10.- Resultado del makespan con orden aleatorio. Elaboración propia.	36
Tabla 11.- Tiempos de operaciones del producto 110001. Elaboración propia.....	48
Tabla 12.- Tiempos por bloque de trabajo. Elaboración propia	72
Tabla 13.- Costes de elaboración. Elaboración propia	72

CAPITULO I – INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, tanto nosotros como las empresas, vivimos en un mundo totalmente digitalizado y nos movemos hacia un futuro mucho más automatizado. En el contexto empresarial, la automatización de procesos empresariales se ha convertido en un elemento clave para destacar competitivamente, especialmente en el ámbito de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Partiendo de ese contexto, los Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) han crecido exponencialmente y han irrumpido en el día a día de las empresas como herramientas fundamentales con el objetivo de integrar y gestionar de manera más eficiente las áreas que forman la empresa, como puede ser la producción, la logística, las finanzas, entre otras.

Sin embargo, las grandes empresas tienen mucho más fácil la adopción e implantación de esos nuevos ERP, ya que, por ejemplo, pueden gestionar mejor la asunción de los altos costes que eso conlleva, o la formación de los integrantes de la empresa, por ejemplo. En el caso de las PYMEs, muchas todavía presentan dificultades y limitaciones, ya que no cuentan con los recursos tanto económicos como técnicos o humanos para implantar de manera adecuada soluciones de este tipo.

Frente a este escenario, el presente TFG aborda el proceso completo de diseño, desarrollo e implantación de una herramienta de gestión personalizada, diseñada de manera específica para una PYME industrial, utilizando para ello una solución accesible como el *Microsoft Excel* como base para la integración de procesos, y *Power BI* como plataforma de análisis de datos. Aunque, evidentemente, no se trata de un ERP convencional, la herramienta desarrollada reproduce su lógica de integración de procesos, centralizando información clave de distintas áreas y facilitando la operativa diaria de la empresa.

El desarrollo de este TFG responde a una necesidad detectada en **LR JAVE SL**, una PYME del sector industrial que no cuenta con ningún tipo de herramienta de gestión, y buscan realizar una mejora en la gestión y seguimiento de todos los procesos que desarrollan, intentando a su vez unificar toda la información y reducir las ineficiencias. Por ello, se planteó la creación de una herramienta de gestión propia frente a la adopción de un ERP ya creado.

Este TFG permite aplicar, de manera práctica, conceptos relacionados con la mejora de procesos, la digitalización, la producción empresarial o la programación, ofreciendo como resultado final la herramienta, aplicando todos los conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo de los años de estudio del Grado en Ingeniería en Organización Industrial. Además, con el desarrollo de este trabajo espero obtener e integrar competencias tanto técnicas, organizativas como tecnológicas, en un caso real. Representa una oportunidad clara para profundizar en el ámbito de la organización de la producción en un entorno empresarial real.

1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo es diseñar, desarrollar e implantar una herramienta de gestión personalizada que responda a las necesidades específicas de **LR JAVE SL**, con el objetivo de mejorar el control de todos los procesos internos que se desarrollan en su día a día. Esta herramienta se desarrolla con *Microsoft Excel*, como una solución por áreas estructurada en

diferentes módulos funcionales. Paralelamente, se utiliza *Power BI* para conectar con la base de datos generada y construir así paneles interactivos facilitando la interpretación de datos.

El trabajo busca plasmar de manera aplicada las competencias adquiridas a lo largo del grado, como la mejora de procesos, la optimización de recursos, la integración de sistemas de producción, todo englobado en la transformación digital de entornos productivos.

Uno de los objetivos específicos es realizar un análisis detallado de una situación real y actual de una empresa, donde se identificarán puntos críticos en materia de gestión, detección de ineficacias y falta de conexión interdepartamental. A partir de ese estudio inicial, se diseñará una solución de carácter modular y escalable, que permita estructurar la información de manera lógica, segura y operativa, reproduciendo el funcionamiento de un ERP adaptado a las PYMEs.

Otro objetivo ha sido adaptar la herramienta de manera que no solo sea considerada como una herramienta de registro, sino que ayude al análisis de información y pueda ser útil a la hora de tomar decisiones. Para ello, se ha empleado *Power BI* como plataforma donde nos permitirá visualizar los resultados que se vayan obteniendo.

Se ha buscado, como uno de los objetivos, que la herramienta pueda implementarse en la empresa de manera fácil. Se trata de una empresa familiar donde se lleva realizando el mismo funcionamiento muchos años, por lo que llevar a cabo un cambio tan grande puede suponer un importante desafío, pero con esta herramienta, diseñada de manera personalizada, podrá ser utilizada de manera autónoma por todo el personal, sin necesidad de realizar inversiones de tipo adicional ni depender, además, de servicios externos.

En definitiva, el TFG dará como resultado una contribución real y funcional a los procesos internos que se desarrollan en dicha empresa, al mismo tiempo se trata de una propuesta que muestra el espíritu práctico y multidisciplinar del Grado en Ingeniería en Organización industrial, integrando conocimientos técnicos y de gestión.

1.3. CONTENIDO DE LA MEMORIA

Durante la memoria realizaremos un recorrido por todas las etapas que debe seguir la elaboración de un proyecto de este estilo. Comenzaremos por conocer a la empresa objeto de estudio y analizar sus áreas funcionales y necesidades. Más tarde veremos el encuadramiento conceptual de los sistemas de información desde su origen hasta la actualidad, para posteriormente repasar conceptos teórico-técnicos tanto de gestión de la producción como de gestión de inventarios, asentando las bases teóricas necesarias. Pasaremos entonces a realizar el planteamiento y maquetado de la estructura que debe tener la herramienta para adecuarse a los requerimientos de la empresa y a continuación se realizará una simulación de un pedido para entender su funcionamiento. Tras ello, se desarrolla una revisión objetiva de las diferentes líneas de mejora que quedan abiertas para realizar en un futuro. Por último, encontraremos un estudio económico del coste asociado a la elaboración del proyecto finalizando con las conclusiones obtenidas.

*CAPITULO II- EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO: L.R.
JAVE S.L.*

2.1. HISTORIA Y ACTIVIDAD PRINCIPAL

La empresa **L. R. JAVE S.L.** con más de 30 años de trayectoria fue fundada por Jose Antonio Vicente, en un contexto en el que el entorno rural demandaba soluciones rápidas para la reparación y mantenimiento de los aperos de ámbito agrícola y ganadero usados en el día a día.

En sus inicios la actividad de la empresa se basaba en trabajos por encargo como arreglos de aperos de labranza y en la construcción o reparación de pequeñas estructuras metálicas. Aunque ya entonces se fabricaban componentes relacionados con la ganadería, todavía no existía un catálogo definido de productos propios.

Los orígenes de **L.R. JAVE S.L.** se remontan a un taller de carácter familiar, orientado desde sus inicios a satisfacer las necesidades del sector ganadero, con un enfoque centrado en atender los encargos del entorno más cercano. Inicialmente, su actividad se limitaba a la provincia de Salamanca, pero con el tiempo la empresa experimentó un crecimiento progresivo. La trayectoria comenzó con una experiencia técnica limitada, en la que muchas de las labores se realizaban mediante ensayo y error. No obstante, con el paso del tiempo, la organización fue adquiriendo un mayor grado de profesionalización. Se consolidó un equipo humano especializado, con funciones cada vez más definidas, aunque con una elevada polivalencia en el desempeño de tareas dentro del taller.

Gracias a este proceso de evolución y consolidación, el ámbito de actuación de **L.R. JAVE S.L.** se ha expandido significativamente, operando en la actualidad a nivel nacional y en una amplia zona del territorio portugués.

En la actualidad, la empresa se dedica a la fabricación, venta y distribución de material ganadero. Su cartera de clientes abarca desde pequeños ganaderos con una veintena de animales, hasta grandes cooperativas que cuentan con más de mil cabezas de ganado. También hay que destacar que cuenta con 3 distribuidores de su producto localizados en diferentes puntos estratégicos de España y Portugal. La empresa se posiciona en el mercado por su capacidad para fabricar productos orientados a la comodidad y seguridad del animal, pero sin olvidar en ningún momento la practicidad en el uso diario por parte de los ganaderos.

El catálogo actual incluye soluciones como comederos de paja, tolvas de pienso, bebederos, vallas modulares y, especialmente, mangas de manejo, que se han convertido en el producto estrella por su diseño robusto y adaptabilidad. Estos productos, aunque en su mayoría estandarizados, permiten ciertas variaciones en función de las necesidades del cliente final, lo que requiere una capacidad de adaptación por parte del taller bastante elevada.

Sumado a la producción propia en taller, la empresa también lleva a cabo proyectos de obra asociados al entorno ganadero, como la construcción de cebaderos, chiqueros y corrales de manejo, naves para el almacenamiento de paja e infraestructuras complementarias. Esta combinación de producto propio y obra permite ofrecer un servicio integral a sus clientes.

2.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y MODELOS DE GESTIÓN

La estructura organizativa de una empresa es la base sobre la que se construyen sus procesos, relaciones jerárquicas y sistemas de control. Entender cómo está organizada una empresa y qué modelo estructural está siguiendo es esencial, no solo para diagnosticar su funcionamiento actual, sino también para diseñar sistemas de información integrados como los ERP y que estos sean capaces de encajar fielmente con su realidad operativa (*Robbins & Coulter, 2016*).

En términos generales, una estructura organizativa define:

1. Cómo se dividen las tareas y responsabilidades.
2. Cómo se agrupan las actividades relacionadas.
3. Qué niveles jerárquicos existen.
4. Qué mecanismos de coordinación utilizan.
5. Cómo fluye la información en la organización.

Existen múltiples tipologías organizativas reconocidas de entre las que se destacan las siguientes:

- Estructura funcional: basada en la especialización por funciones (producción, compras, gestión...). Es eficiente para tareas rutinarias, pero perjudica al flujo de información y dificulta tener una visión global.
- Estructura divisional: se estructura en torno a regiones, productos o clientes. Es muy útil en organizaciones grandes y diversificadas, pero puede generar duplicidades y falta de coordinación global.
- Estructura matricial: en ella se combinan dos criterios organizativos (por productos o proyecto y por funciones), generando una doble cadena de mando. Es flexible, pero puede causar ambigüedad y conflictos en la toma de decisiones.
- Estructura por procesos: centrada en los flujos de trabajo que generan valor para el cliente. Favorece la integración y está orientada a resultado, aunque requiere de una cultura organizativa madura y sistemas de información potentes.
- Estructura adhocrática o informal: propia de startups y PYMEs familiares. Está caracterizada por la flexibilidad, la alta dependencia de las personas clave y la escasa formalización. Aunque son fácilmente adaptables, dificultan la estandarización y el escalado del negocio.

Según *Mintzberg (1983)*, cada una de estas estructuras puede asociarse a un tipo de configuración organizativa. En el caso de **L.R. JAVE**, la estructura actual corresponde claramente a un modelo informal o adhocrático, donde la toma de decisiones está centralizada en una figura directiva fuerte, las tareas se reparten de forma dinámica y no existen departamentos formalmente definidos.

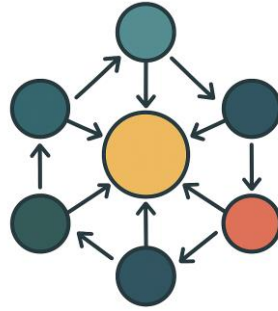


Ilustración 1.- Representación de la estructura adhocrática. Elaboración propia.

Esta estructura, aunque quizá no sea muy recomendada, ha sido eficaz en la fase de crecimiento inicial de la empresa, ya que permite una respuesta rápida al entorno, sin embargo, presenta importantes debilidades a medio y largo plazo:

- Escasa trazabilidad de las decisiones y procesos.
- Dificultad para analizar y mejorar el rendimiento.
- Dependencia excesiva de personas concretas.
- Falta de coordinación entre áreas interdependientes.
- Ausencia de métricas claras de control y evaluación.

Teniendo en cuenta esto, podemos considerar que el modelo óptimo para la etapa actual y futura de la empresa analizada es una estructura organizativa orientada por procesos, buscando centrarse en el cliente final y en la eficiencia de los flujos de trabajo. Las funciones se pueden redefinir como actividades dentro de los procesos transversales, lo cual requiere una clara definición de las entradas, salidas responsables y herramientas de soporte (Hammer & Stanton, 1995). Es aquí donde el ERP actúa como catalizador favoreciendo esta transición, ya que integra distintas áreas funcionales permitiendo estructurar los procesos, automatizar tareas y facilitar la trazabilidad, generando indicadores clave para la toma de decisiones basada en datos.

El objetivo estratégico de este proyecto, por tanto, no solo reside en implanta una herramienta informática, sino acompañar a la organización en su evolución hacia una estructura orientada a procesos y basada en planificación, control, mejora continua y una correcta toma de decisiones.

2.2.1. Organigrama

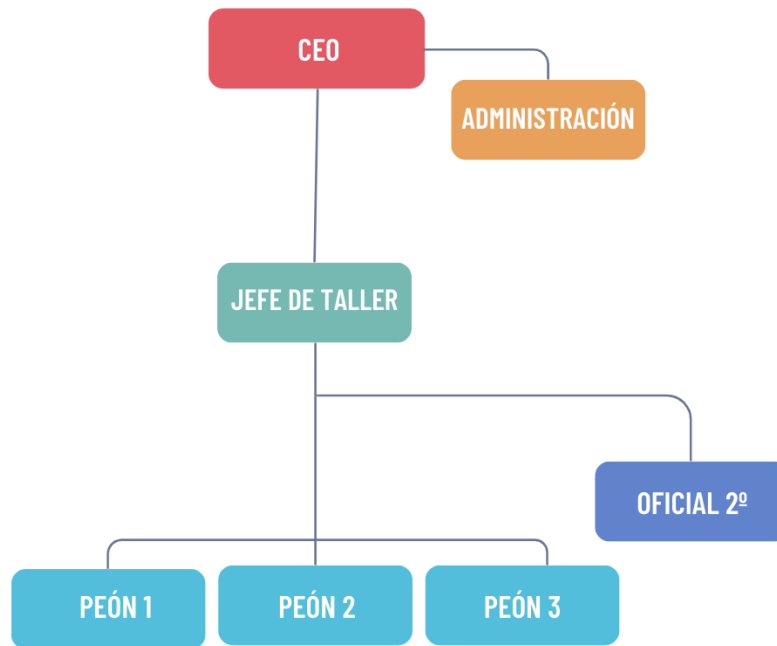


Ilustración 2.- Organigrama L.R. JAVE S.L. Elaboración propia

La estructura organizativa de la empresa **L. R. JAVE. S.L.** está caracterizada por su naturaleza familiar, su proximidad operática ente los miembros del equipo y una jerarquía funcional muy horizontal. Actualmente, el núcleo productivo está constituido por 3 operarios, un oficial de segunda, un jefe de taller y el fundador de la empresa, Jose Antonio.

El jefe del taller no solo participa activamente en las tareas productiva, sino que también se le atribuyen otras responsabilidades adicionales como la organización interna, la distribución de tareas y el control de stock; en definitiva, la supervisión del correcto funcionamiento general del taller en el día a día.

En el caso del oficial de segunda, se trata una de las personas que cuenta con más especialización y antigüedad en una de las labores más técnicas del taller, como es el soldado.

Jose Antonio por su parte, como director general, es el centro operativo de la empresa: realiza tareas comerciales, coordina las compras de materiales, se encarga de la distribución de los pedidos, participa en la producción cuando es necesario y toma las decisiones estratégicas más relevantes. En definitiva, cumple con el perfil típico de un emprendedor de una PYME industrial con alta implicación en todos los niveles.

Además, en tareas administrativas y de apoyo general, colaboran otros miembros de la familia, como su esposa, hija y el propio autor de este trabajo, quienes participan en la facturación, revisión de cobros, organización de pedidos y tareas comerciales entro otras. Esta implicación refleja la naturaleza propia de una empresa familiar donde el compromiso común consigue cubrir diferentes funciones según la necesidad.

En cuanto a la jerarquía, aunque la organización es reducida, podemos distinguir un esquema funcional con cuatro niveles: cómo se puede observar en el organigrama representado, comenzando desde la base, se encontrarían los operarios, el oficial de segunda, el jefe de taller y la dirección. Sin embargo, la dinámica interna está marcada por una gran cercanía y cultura organizativa de confianza. Las decisiones importantes son tomadas por Jose Antonio, aunque con frecuencia consulta con el jefe de taller y con los miembros de la familia antes de establecer un criterio final.

En términos de comunicación interna, el funcionamiento diario se basa en una interacción verbal y directa entre los distintos miembros, forjando una cultura de trabajo que permite una comunicación muy abierta e interconectada. Cualquier miembro puede plantear observaciones, sugerencias o peticiones, independientemente de su rol formal. Esta cultura favorece la resolución de problemas inmediatos, pero presenta retos en términos de formalización de procesos y toma de decisiones coordinadas, ya que en ocasiones se adoptan de forma aislada sin valorar su posible impacto global.

2.3. PROCESOS CLAVE DE LA EMPRESA

Desde una perspectiva técnica, podemos enmarcar en análisis de los procesos claves de una organización industrial basándonos en la cadena de valor, propuesta por Porter (1985). La cadena de valor se compone de actividades primarias y de soporte que, coordinadas adecuadamente, permiten crear valor para el cliente final.

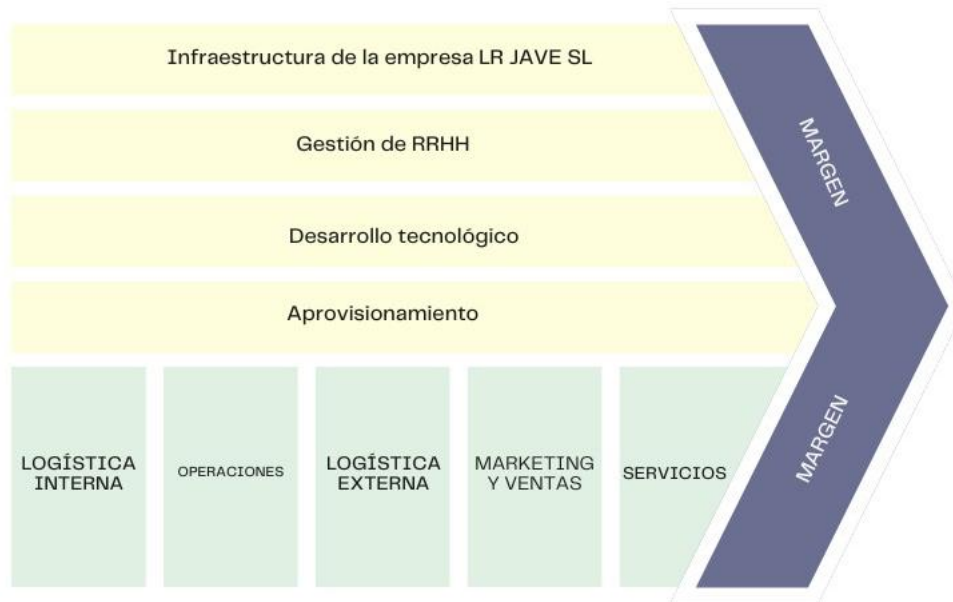


Ilustración 3.- Cadena de valor de Michael Porter. Elaboración propia

En el caso de una PYME como **L.R. JAVE**, estas actividades comprenden desde la logística de entrada y las operaciones de fabricación hasta la gestión de ventas y el servicio postventa. Una gestión integrada de estas actividades permite mejorar la eficiencia global, minimizar eficiencias y aumentar la competitividad de la empresa.

Los sistemas ERP se diseñaron precisamente con este objetivo, integrar las diferentes actividades clave centrándose sobre todo en los flujos de información. Busca que a cada departamento de una entidad llegue la información que necesita para la toma de decisiones en su día a día, evitando duplicidades y dando trazabilidad a los procesos. En estructuras organizativas como el caso que estamos trabajando, donde la proximidad entre funciones y la informalidad puede tomarse como una ventaja, también puede ser una fuente de desorden o descoordinación. Es aquí donde la digitalización de procesos adquiere un papel esencial para asegurar la coherencia operativa.

Desde el punto de vista de la ingeniería de organización, la identificación y análisis de procesos puede realizarse mediante diferentes herramientas como los diagramas SIPOC, o los flujogramas funcionales, que permiten representar de manera visual los flujos de información, materiales y decisiones dentro de una empresa.

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Aceros (tubos, chapas, pletinas, etc.)	Pedido del cliente	Revisión de stock y planificación de tareas	Producto terminado (mangas, vallas, comederos etc.)	Ganaderos individuales
Tornillería, consumibles (discos, pintura, etc.)	Material disponible en almacén	Corte, soldadura, pintado	Albarán y hoja de entrega	Cooperativas agrícolas y ganaderas
Distribuidores de material	Especificaciones del producto	Preparación y asignación de tareas por operario	Factura	Distribuidores del producto
Servicios externos (transporte, pintura ocasional)	Hoja de pedido impresa con prioridades	Control de calidad final, carga en camión y entrega	Informe de producción e histórico	Clientes institucionales (Ayuntamientos, asociaciones, etc)

Tabla 1.- Diagrama SIPOC de L.R. JAVE S.L. Elaboración propia

La correcta identificación, diseño y gestión de los procesos clave es uno de los pilares fundamentales cuando hablamos de ingeniería de organización. Según *Davenport (1993)*, podemos definir un proceso de negocio como el conjunto estructurado de actividades que producen un resultado específico para un cliente o mercado. En el contexto de una PYME industrial, esto implica definir con precisión los flujos operativos, formalizar los procedimientos informales y garantizar la consistencia de datos y tareas dentro de todo el ciclo productivo.

Toda empresa que siga un enfoque basado en procesos debe adoptar una visión horizontal donde se priorice la fluidez y eficiencia del flujo frente a las funciones aisladas, desde que se capta la necesidad del cliente hasta que se entrega el producto y factura el servicio (*Hammer & Stanton, 1995*). Esta transición de una estructura funcional a una orientada a procesos es especialmente crítica en empresas pequeñas, ya que tienden a basarse en personas clave más que en sistemas formales.

Son los ERP los catalizadores de esta transformación, permitiendo producir esos flujos a circuitos automatizados, documentados y conectados. Tal y como señalan *Laudon y Laudon (2020)*, el ERP reemplaza múltiples sistemas desconectados por un entorno común con una base de datos centralizada, lo que consigue reducir errores, eliminar redundancias y mejorar la trazabilidad.

Los procesos clave de la empresa **L.R. JAVE** giran alrededor de una operativa altamente práctica y basada en la experiencia directa del equipo. Al operar bajo un modelo productivo tipo taller, en el que se fabrica bajo pedido, el proceso productivo sigue el siguiente curso:

El director y responsable principal recibe uno o varios pedidos. Dado que conoce la carga de trabajo del taller y los plazos comprometidos de entrega, puede permitirse cierto margen para agrupar pedidos y optimizar la producción. Con este enfoque lo que se busca es reducir tiempos de preparación produciendo lotes más grandes. Una vez se ha tomado la decisión de que producir y en qué orden deben salir los productos terminados, Jose Antonio elabora a mano una hoja de trabajo en la que podemos encontrar un croquis del producto, indicaciones específicas (modificaciones, urgencia, color de pintura, etc.) y la prioridad de cada tarea. Esta hoja se entrega al jefe de taller, quien organiza la producción y distribuye las tareas entre los distintos operarios.

Posteriormente, una vez finalizados los productos, se planifica la carga del camión y la ruta de entrega. Se busca completar carga para una misma zona mejorando así la eficiencia y reduciendo los costes de portes.

En cuanto a la gestión de compras es Jose Antonio quien asume esta responsabilidad. La detección de necesidades en la actualidad se realiza de forma completamente visual, observando el volumen almacenado en cada ubicación del taller. Cuando se detecta una reducción relevante, se apunta el material a reponer. Estas reposiciones suelen acumularse para alcanzar volúmenes que justifiquen la entrega directa por parte del proveedor, optimizando costes logísticos, salvo excepciones de especial urgencia en la que se acude con el camión de la empresa a recoger el material. No existe un sistema formalizado de control de inventario ni stock mínimo definido, lo cual ha generado roturas de stock o situaciones de sobre compra, lo cual afecta negativamente al flujo de caja, especialmente si se tarda en transformar y cobrar dicho material.

En el área administrativa, se desarrollan tareas básicas y de apoyo, propias de una PYME, donde algunas funciones especializadas están externalizadas a asesorías externas. Entre las responsabilidades principales se encuentran:

- Seguimiento y control de los pedidos realizados, supervisando tanto las entregas como los pedidos pendientes.
- Emisión de facturas utilizando un programa de facturación sencillo, así como el archivo y la organización de las mismas. Tras ello, se procede al envío de estas a la asesoría.

- Registro y actualización de facturas de proveedores, así como otros tipos de gastos operativos.
- Gestión de pagos y control de vencimientos, con seguimiento de los cobros pendientes y clientes morosos.
- Atención telefónica y gestión del correo electrónico de la empresa.
- Organización y archivo de documentación física y digital.
- Mantenimiento actualizado de bases de datos de clientes y proveedores.

Estas funciones permiten mantener el orden administrativo de la empresa y facilitan la comunicación interna y externa, garantizando un flujo de trabajo eficaz en coordinación.

2.3.1. Integración y visión sistémica

En la gestión empresarial moderna se ha demostrado que una visión departamental o aislada genera ineficiencias y falta de coordinación. Las organizaciones que operan en silos tienden a perder la calidad de servicio al cliente y agilidad operativa.

Entendemos por *'silos funcionales'* a la situación organizativa en la que cada departamento actúa como una unidad cerrada que busca conseguir sus propios objetivos y tiene una escasa o nula interacción con los demás departamentos de la empresa (ilustración 4). Suelen generarse por falta de cultura colaborativa, resistencia al cambio y falta de integración (Senge, 1990). Dan como resultado una pérdida de eficiencia operativa, una fragmentación del conocimiento y una limitada capacidad de respuesta a los cambios ocurridos en el entorno.



Ilustración 4.- Imagen interdepartamental, silos. Fuente: LinkedIn

El concepto de visión sistémica, propuesto también por Senge, nos indica que debemos tomar a las organizaciones como un conjunto de partes interrelacionadas que forman un todo, donde cada proceso conlleva un impacto directo, en mayor o menor medida, sobre los demás. Siguiendo esta idea, se prioriza el análisis de procesos transversales, es decir, aquellos procesos que recorren varios departamentos o áreas funcionales. Podemos considerar procesos transversales, por ejemplo, el ciclo de aprovisionamiento, el flujo de información financiera o el ciclo de producción.

Llevándolo a nuestro caso, podemos evidenciar que muchas de las operaciones se gestionan de forma independiente, generando una fuerte dependencia de personas clave,

un alto uso de ficheros de Excel no conectados y una difícil trazabilidad sobre los pedidos, materiales, costes o tiempos de producción.

Un caso claro que ya hemos comentado es como se transfiere un pedido al taller. Al realizarse a mano en una hoja de papel, no existe una relación directa de los materiales consumidos con los productos fabricados, ni tampoco se le pueden asociar sobrecostes por demoras en la fabricación al no tener una referencia de pedido a la cual asignársela. Esto, además de dificultar gravemente el control, impide realizar análisis precisos sobre rentabilidad, carga de trabajo o productividad.

La implantación de un ERP permite superar esta fragmentación, convirtiéndose en una pieza clave para conseguir una visión sistémica, ya que de este modo los procesos no se tratan como bloques aislados, sino como cadenas de valor interconectadas que generan información y permiten la toma de decisiones estratégicas.

Podemos concluir que **L.R. JAVE**, se encuentra en un punto clave de madurez, donde mantener una estructura informal y desintegrada comienza a ser una fuerte limitación en su crecimiento. La visión sistémica no es un concepto abstracto, sino una necesidad que tienen muchas empresas similares a esta que se puede sanear gracias a herramientas como los sistemas ERP.

CAPITULO III - SISTEMAS DE INFORMACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo haremos un recorrido por la historia de los sistemas de información que nos han llevado a lo que hoy conocemos como Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP). Asentaremos conceptos básicos sobre estos sistemas para facilitar la comprensión de los siguientes capítulos. Posteriormente trataremos temas como su aceptación por parte de las PYMEs, las distintas propuestas que podemos encontrar en el mercado actual para finalizar estudiando la viabilidad de realizar un diseño propio.

3.2. CONTEXTUALIZACIÓN

En la actualidad el mundo se encuentra bajo un constante cambio donde los grandes avances tecnológicos someten a las empresas a una fuerte competitividad forzándolas a asumir cambios ante tales innovaciones.

Sin duda alguna uno de los mayores cambios que han tenido lugar ha sido la transición hacia una economía basada en la información, ya que actualmente podemos considerar a la información como el recurso más importante para la gestión de cualquier empresa, pues es lo que permite realizar una correcta toma de decisiones.

Con el tiempo, a medida que la competitividad iba en aumento se han ido desarrollando nuevas herramientas o mecanismos con el objetivo de optimizar el desempeño empresarial, priorizando siempre agilizar la disponibilidad de la información.

3.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Sin duda alguna, los sistemas de información ya no son utilizados como simples herramientas de automatización, sino que han pasado a convertirse en pilares estratégicos para la gestión organizativa.

Laudon y Laudon (2020) definen los sistemas de información como un conjunto interrelacionado de componentes que recolecta (o recupera), procesa, almacena y distribuye información para apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control de una organización.

Pero sin embargo la más aceptada es la propuesta por *Andreu, Ricart y Valor (1991)* que definen a los sistemas de información como “el conjunto de personas, procedimientos y recursos orientados a la recogida, procesamiento y distribución de la información necesaria para la operación y dirección de una organización”. Podemos ver como no se limitan a la parte tecnológica si no que destacan su carácter sociotécnico, ya que incorporan elementos humanos y organizativos.

En general, todo sistema de información está compuesto por datos, usuarios y tecnología, con el propósito de mejorar la toma de decisiones, sostener la estrategia empresarial y garantizar la adopción continua al entorno competitivo.

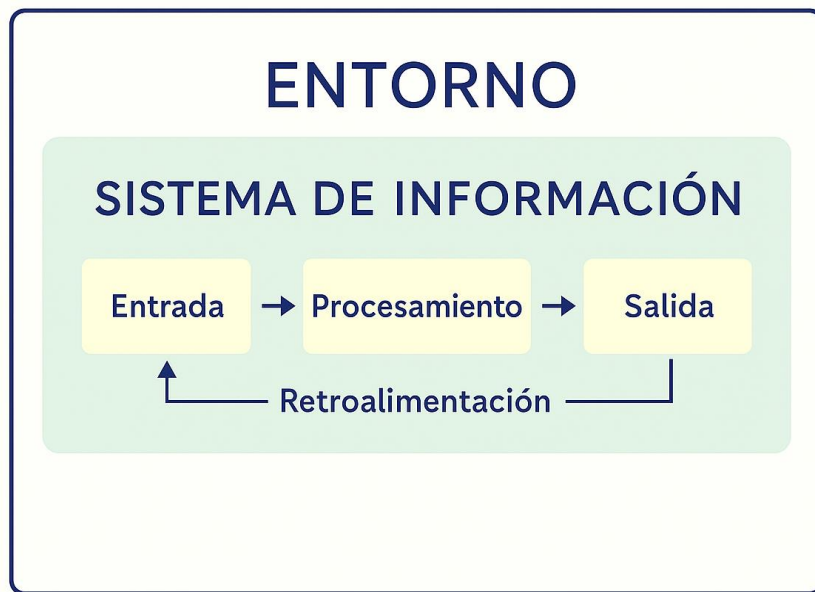


Ilustración 5.- Esquema sistemas de información. Elaboración propia

3.3.1. Origen histórico de los sistemas de información

Los sistemas de información, como concepto, han acompañado al ser humano desde que comenzó a organizar datos para la toma de decisiones, retomándonos incluso a tiempos preindustriales donde los registros eran manuales. Sin embargo, su formalización como disciplina técnica y académica se inicia a mediados del siglo XX con el auge de la informática empresarial.

En los años 60, las grandes empresas empiezan a introducirse en este mundo implantando los primeros sistemas automáticos para procesar datos contables y operativos mediante el uso de tarjetas perforadas (ilustración 6), y poco después, aportándose en ordenadores de propósito general. Estos primeros sistemas semilla eran denominados EDP (*Electronic Data Processing*) y estaban enfocados en automatizar tareas repetitivas como la facturación o el ajuste de inventario.



Ilustración 6.- Orígenes de los sistemas de información. Fuente Enciclopedia Humanidades

Es en la década de 1970 cuando surge la necesidad de gestionar más información y de realizarlo de forma integrada. Bajo este contexto, en 1973, Richard Nolan propuso su famoso modelo de madurez de los S.I. dentro de las organizaciones, basado en distintas etapas: iniciación, contagio, control, integración, gestión de datos y finalmente, madurez. Este modelo fue considerado un hito al explicar cómo los S.I. evolucionan de la mano de las empresas.

Ya en los 80, los avances tecnológicos como la aparición de redes locales (LAN) y el desarrollo del software empresarial consiguieron que los S.I. no solo sirvieran a modo de consulta y almacenamiento de datos, sino que fueran capaces de coordinar e interrelacionar la información entre los distintos departamentos. Es en este punto cuando nacen los sistemas MRP (*Material Requirements Planning*), precursores de los actuales ERP que permitían relacionar las compras con el inventario y la planificación de la producción.

Pero sin duda es con la llegada de los años 90, con la aparición de Internet donde los S.I. experimentan una evolución clave: comienzan a ser más accesibles, dejando de ser exclusivos para las grandes empresas y empezando a llegar a las PYMEs.

Desde entonces hasta la actualidad, no han parado de evolucionar de la mano de la inteligencia de negocio (BI), el uso de la nube (*cloud computing*) y más recientemente con la inteligencia artificial. Hoy en día, ya no solo se consideran recursos de apoyo si no que han pasado a ser un recurso estratégico que aporta fuertes ventajas competitivas en materia de innovación, reducción de ineficiencias y capacidad de desarrollo de nuevos modelos de negocios.

3.3.2. Clasificación de los sistemas de información

K. y J. Laudon realizan una clasificación de los sistemas de información basado en el nivel jerárquico al que están dirigidos dentro de la organización. Resulta una clasificación muy útil ya que facilita la comprensión de cómo los distintos sistemas cubren las necesidades específicas en cada nivel.

- a) Sistemas de Procesamiento de Operaciones (SPO):
Se encargan de registrar y realizar todo tipo de transacciones rutinarias como pueden ser cobros, ventas, entradas de material, etc. Automatizan este tipo de tareas con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa. Están diseñados para ser usados por operarios de primera línea y supervisores.
- b) Sistemas de Trabajo de Conocimiento (STC):
Su función es ayudar a integrar nuevos conocimientos en la organización. Incluyen herramientas como estaciones de trabajo, sistemas CAD y bases de datos técnicas. Tienen la finalidad de facilitar el flujo de conocimientos dentro de la empresa.
- c) Sistemas de Información para la Administración (SIA):
Proporcionan informes y realizan reportes con datos actuales sobre el rendimiento de la empresa. Están enfocados en monitorear, controlar y apoyar la toma de decisiones. El usuario tipo de este tipo de sistemas son supervisores o cargos más altos dentro de las corporaciones.

d) Sistemas de Soporte Gerencial (SSG):

Son los sistemas de nivel jerárquico más elevado ya que están especialmente diseñados para apoyar la toma de decisiones estratégicas sirviéndose de gráficos y e informes avanzados. Son utilizados principalmente por la alta dirección.

3.4. SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP)

Las empresas, especialmente en entornos industriales, necesitan de herramientas para mejorar la gestión de sus diferentes áreas: compras, producción, inventario, finanzas, entre otras. Surgen entonces soluciones como los sistemas ERP para integrar toda esa información en un único lugar convirtiéndose en una pieza clave para mejorar la organización y competitividad de las empresas.

Un Sistema de Planificación de Recursos Empresariales o ERP (por sus siglas en inglés, *Enterprise Resource Planning*) es un software de gestión integrada que permite la interconexión y automatización de procesos de gestión tales como compras, ventas, producción y recursos humanos. Se centra en mejorar la eficiencia, la trazabilidad y la toma de decisiones, basándose en datos y eliminando duplicidades entre departamentos.

La principal ventaja que encontramos en un ERP es que nos permite trabajar en módulos interconectados, donde cada uno gestiona su área específica, pero recurre a una misma base de datos global. De esta manera es capaz de, por ejemplo, al generar una orden de trabajo (módulo de producción), reserve automáticamente los materiales necesarios (módulo de almacén) y a continuación genere un aviso de necesidad de reposición de materiales si estos bajan del umbral mínimo (módulo de compras).

En los entornos industriales, los ERP se han convertido en una clara ventaja competitiva, ya que permiten controlar en tiempo real el estado de los procesos, los recursos disponibles, tanto materiales como humanos y realizar un análisis de los costes asociados a un pedido o una línea de producción.

Los sistemas ERP tienen su origen entre las décadas de 1960 y 1970 gracias a grandes empresas manufactureras que empezaron a utilizar programas informáticos para la gestión del inventario y la planificación de materiales. Este primer enfoque, conocido como MRP (*Material Requirements Planning*), permitía calcular los qué materiales eran necesarios, en qué cantidad y para qué momento, cumpliendo así con los planes de producción establecidos.

Durante los años 80 tuvo lugar una evolución que nos lleva hasta el MRP II, en el que ya se integraban otros aspectos como la planificación de la capacidad de la producción, la programación de tareas o la gestión de talleres. A pesar de ser un gran avance, los sistemas seguían estando centrados en la producción, sin conectar con otras áreas de la empresa.

Es en los años 90 cuando surgen los primeros ERP como sistemas integrados, los cuales ya no solo cubría la fabricación, sino que también abarcaban las finanzas, compras, ventas, gestión de recursos humanos y logística. Ciertas empresas entre las que destacan SAP, Oracle o JD Edwards fueron pioneras en su evolución y expansión, principalmente en grandes

corporaciones. Con el paso del tiempo, estos sistemas se han hecho más accesibles a pequeñas y medianas empresas gracias a soluciones en la nube o de código abierto.



Ilustración 7.- Módulos ERP. Fuente GAD Software

3.5. GESTOR DE RELACIONES CON EL CLIENTE (CRM)

Los gestores de relaciones con el cliente CRM, (por sus siglas en inglés *Customer Relationship Management*) son herramientas diseñadas expresamente para mejorar y gestionar las relaciones que mantiene una empresa con sus clientes, tanto actuales como potenciales.

Están estrechamente relacionadas con el área comercial y de marketing ya que su objetivo es aumentar las ventas, lanzar campañas y mejorar el servicio postventa ofreciendo una visión completa del ciclo de vida del cliente, desde que se capta su necesidad hasta que queda satisfecho con el servicio ofrecido. Según *Buttle y Maklan (2019)*, “los CRM permiten a las organizaciones identificar, atraer, retener y desarrollar relaciones rentables con sus clientes, integrando datos y procesos de forma estratégica”.

3.5.1. ERP vs CRM

En ocasiones no queda muy bien definida la diferencia entre un CRM y un ERP ya que ambas son herramientas que buscan mejorar la eficiencia gracias a la gestión integrada de procesos. Permiten tareas, mejorar la toma de decisiones y centralizar datos compartiendo una lógica de modularidad que les permite adaptarse a las necesidades específicas de una empresa.

Sin embargo, existen numerosas diferencias clave en sus objetivos que podemos ver resumidas en la siguiente tabla 1:

	ERP	CRM
Enfoque	Gestión interna	Gestión externa
Finalidad	Procesos operativos	Relación con clientes
Áreas clave	Producción, compras, finanzas	Marketing, ventas, atención al cliente
Objetivo principal	Optimización de recursos	Fidelización y captación
Tipo de decisión	Soporte a decisiones internas	Soporte a decisiones comerciales

Tabla 1.- Comparativa ERP vs CRM. Elaboración propia

3.6. IMPACTO ESTRATÉGICO DE LOS ERP EN LAS EMPRESAS

Los sistemas de información han ido evolucionando desde ser unas herramientas simplemente operativas para terminar siendo componentes estratégicos dentro de las corporaciones. Actualmente, uno de sus puntos fuertes es que son capaces de realizar una integración completa y transversal de la información de todas aquellas áreas que formen parte de la empresa en cuestión.

En cuanto al punto de vista estratégico, como estos sistemas consiguen solventar los problemas ocasionados por los silos de información, hacen que se pueda garantizar la coherencia y trazabilidad en tiempo real. Lo que se consigue con la implantación de estos sistemas es que la empresa esté interconectada, lo que quiere decir que la coordinación entre áreas y departamentos es muy eficaz, haciendo que el número de errores, importancia de estos, así como los tiempos muertos se reduzcan considerablemente.

Las ventajas de la implantación de un sistema de este tipo no quedan ahí, sino que se pueden realizar acciones de manera anticipada gracias al uso de indicadores clave (KPIs) que marcan desviaciones o tendencias ayudando a realizar la planificación de manera más efectiva. Su implantación hace que las empresas aumenten su estandarización y mejora continua tras analizar de nuevo sus procesos.

A todo esto, le podemos sumar que son elementos facilitadores de un crecimiento estable. Su estructura modular permite ir incorporando nuevas herramientas a medida que una empresa se va desarrollando y ampliando sus horizontes. También posibilitan la integración de tecnologías emergentes como el *Business Intelligence*, el *IoT* o las plataformas de comercio electrónico.

3.6.1. ERP en PYMEs industriales

La aplicación de sistemas ERP en PYMEs industriales es uno de los retos más importantes en la digitalización del tejido productivo europeo. A pesar de que el concepto de ERP surgió para dar soluciones a grandes empresas, su evolución tecnológica ha conseguido su inserción progresiva en corporaciones de menor tamaño, especialmente en aquellas con procesos productivos estandarizados y un flujo de información repetitivo.

Las PYMEs industriales están caracterizadas por presentar estructuras organizativas reducidas, recursos económicos limitados y una alta dependencia del conocimiento del personal. Diversas actividades del funcionamiento normal de estas empresas como la

planificación de la producción, la trazabilidad de los pedidos o la gestión de inventarios suelen realizarse a través de soluciones aisladas generando redundancia de datos, una escasa capacidad de análisis y una baja visibilidad del estado operativo en tiempo real.

Es en este contexto donde los ERP toman relevancia, ya que permiten integrar los diferentes departamentos bajo una misma plataforma de datos, facilitando así una visión global del negocio, mejorando la eficiencia operativa y aumentando la capacidad de reacción y adaptación a posibles cambios en la demanda o en el suministro. Desde un punto de vista más técnico, las principales aportaciones residen en la normalización de procesos, la estandarización de datos y la automatización de flujos de información.

La implantación de un ERP en una PYME es un verdadero reto, ya que requiere de una evaluación detallada de las necesidades, escalabilidad, modularidad, curva de aprendizaje y mantenimiento. Sin embargo, la principal barrera a superar sobre todo en las empresas más pequeñas como las empresas familiares, es la resistencia al cambio, ya que implica un cambio profundo en los hábitos de trabajo y en la visión del negocio.

Actualmente, existen múltiples opciones adaptadas al perfil de estas empresas, que van desde soluciones comerciales de bajo coste hasta desarrollos propios en entornos como *Microsoft Excel* o *Access*, las cuales permiten cubrir las necesidades básicas sin realizar importantes desembolsos económicos y aplanando la curva de aprendizaje de los usuarios. Estas medidas actúan como vía de transición, siendo la estrategia adecuada en entornos de crecimiento progresivo, acercando a las corporaciones a modelos de gestión más digitalizados y eficientes.

3.7. COMPARATIVA ENTRE ERP COMERCIAL Y ERP DESARROLLADO A MEDIDA

En el contexto industrial encontramos que, lo más habitual y lógico, es optar por la implantación de un sistema ERP comercial. Estos programas han sido diseñados, optimizados y testados para facilitar la gestión integral de empresas muy diversas entre sí, de distintos sectores o tamaños, manteniendo unos estándares elevados. Sistemas como *SAP Business One*, *Odoo* o *Microsoft Dynamics* consiguen una integración sólida entre las distintas áreas clave de la corporación, además de actualizaciones y soporte técnico, con lo que consiguen que sea un marco estable donde las empresas puedan asentarse y escalar.

Pero, por supuesto, siempre existe la posibilidad de desarrollar un programa a medida de la empresa. Esta opción presenta ventajas interesantes entre las que destaca una mayor capacidad para recrear fielmente la estructura de la empresa, así como sus flujos reales de información y trabajo, sería adaptarse a la situación real de la empresa y buscar aquellos puntos calientes en los que comenzar a trabajar.

No obstante, realizar un desarrollo propio también conlleva importantes desafíos. Para empezar, requiere de un esfuerzo significativo en análisis, diseño y programación, así como una visión clara de las necesidades funcionales que tiene cada departamento, y por supuesto, esto conllevará un elevado coste al que hacer frente. Por lo general, las PYMEs no disponen de un departamento propio de desarrollo, por lo que tendrán que contar con

empresas externas de software y/o consultoría tecnológica, asumiendo el elevado coste monetario y el mayor tiempo de implantación que conlleva.

3.8. CASOS DE ÉXITO

3.8.1. SAP

SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing), fundada en Alemania en 1972 se ha consolidado como uno de los líderes mundiales de software de gestión empresarial, siendo su producto estrella SAP ERP. Este está diseñado pensando en grandes empresas o corporaciones que requieren de una solución escalable, robusta y con mucha capacidad en la gestión de operaciones complejas a nivel global.

Uno de sus elementos a destacar es la profunda integración de todos los procesos empresariales y su adaptabilidad a las normativas y prácticas locales de muchos países por todo el mundo. Históricamente se la ha considerado como una herramienta excesivamente compleja y con unos altos costes de implementación, aunque en la actualidad ha desarrollado soluciones que la hacen más accesible a medianas empresas como *SAP Business One*, donde priorizan la agilidad sin perjudicar a la potencia de cálculo y gestión.



Ilustración 8.- Logo SAP. Fuente SAP

3.8.2. Odoo

Desarrollado en Bélgica en 2005, nació bajo el nombre de *TinyERP* para pasar a ser *OpenERP* y finalmente terminar convirtiéndose en lo que hoy conocemos como *Odoo*. Es un sistema de información de código abierto que ha tenido un elevado crecimiento gracias a su comunidad activa y su arquitectura modular. Esto le ha permitido tener siempre una rápida evolución y una gran capacidad de personalizar el sistema.

Es conocido por su enfoque intuitivo, tener una interfaz moderna y ser fácil de implantar en pequeñas y medianas empresas. Se considera muy útil para empresas que quieren digitalizar sin asumir unos fuertes costes iniciales, y entre sus clientes tipo destacan medianas empresas de diferentes sectores como la fabricación o el comercio minorista, y servicios profesionales como clínicas privadas.



Ilustración 9.- Logo Odoo. Fuente Odoo

3.8.3. Sage X3

Sage, empresa con sede en Reino Unido, es reconocida por sus profundas soluciones en contabilidad y gestión empresarial. Sage X3 apuesta por las empresas que requieren una mayor funcionalidad, pero sin ver perjudicada su usabilidad ni eficiencia.

Destaca por su simplicidad de uso, su profundidad funcional en diversas áreas como compras o contabilidad y su orientación a sectores industriales o agroalimentarios.



Ilustración 10.- Logo Sage X3. Fuente Sage

3.8.4. Oracle NetSuite

Oracle es una de las primeras soluciones de sistemas ERP que está completamente en la nube. Tras su lanzamiento en 1998 fue adquirida por Oracle en 2016, ayudando a fortalecer su posición como una de las opciones más elegidas por las medianas empresas que poseen una visión de expansión y crecimiento.

Sus puntos fuertes son la accesibilidad, la capacidad de adaptación a diversos sectores y su potencia en áreas clave como la contabilidad, el CRM y el comercio electrónico.



Ilustración 11.- Logo Oracle NetSuite. Fuente Oracle

3.9. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE IMPLANTAR UN ERP

La adopción de un sistema ERP implica, no solo beneficios estratégicos, sino que también conlleva importantes desafíos. A continuación, se ofrece una interpretación concreta y aplicada de las ventajas e inconvenientes principales:

Ventajas Clave	Limitaciones y Riesgos
Unificación de la información en una sola plataforma, lo que mejora la comunicación y la toma de decisiones.	Coste inicial elevado tanto en licencias como en consultoría e infraestructura técnica.
Acceso inmediato a datos clave para analizar costes, márgenes o productividad.	Puede generar rechazo por parte de los empleados si no se gestiona adecuadamente el cambio cultural.
Elimina errores manuales y tareas repetitivas al automatizar procesos administrativos.	Es posible que la empresa tenga que modificar algunos procesos internos para adaptarse al sistema.
Permite controlar inventarios, compras, pedidos y contabilidad desde una única herramienta.	Dependencia del proveedor en actualizaciones, soporte o renovación del sistema.
Su modularidad permite crecer progresivamente con la empresa, incorporando nuevas funciones cuando sea necesario.	Si la implantación no está bien planificada, puede generar cuellos de botella y baja productividad en el corto plazo.

Tabla 2.- Ventajas e inconvenientes de un ERP. Elaboración propia

CAPITULO IV: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS

4.1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de las empresas industriales, una gestión de la producción e inventarios eficiente constituye un eje fundamental para garantizar la eficiencia operativa, la rentabilidad económica, el cumplimiento de plazos etc. Estos procesos que se desarrollan permiten generar interconexiones entre la demanda del cliente, la disponibilidad de recursos de la empresa y la fabricación, entre otros, siendo algo de vital importancia para entornos de producción bajo pedido como es el caso de muchas PYMEs.

En este capítulo nos centramos en el estudio, diseño y adaptación de módulos de gestión de producción e inventarios dentro del ERP, pasando por analizar los diferentes sistemas productivos que hay, justificando la elección de un modelo. Tras ello, profundizaremos en la programación de talleres. En este capítulo también se desarrollará la gestión de inventarios, poniendo especial énfasis en modelos clásicos como el EOQ. Hay que tener en cuenta que hemos realizado una adaptación de dicho modelo, haciéndolo dinámico y pudiendo dar cabida a los DDCs.

4.2. GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

En una empresa de carácter industrial como es el caso, la gestión de la producción es uno de los pilares fundamentales, y cobra aún más importancia si lo que queremos es llevarlo de manera efectiva a una herramienta de gestión personalizada.

Aquí lo que buscamos es relacionar y coordinar recursos físicos y recursos humanos, haciendo un análisis de rendimientos, planificación de cargas y optimizando los flujos operativos. La eficiencia y rentabilidad de la empresa está directamente relacionada con una buena implantación de mecanismos de programación, control y rentabilidad empresarial.

En términos globales, el control de la producción agrupa todas aquellas actividades relacionadas con la planificación programación y control del proceso productivo. Incluimos aquí la asignación de tareas por operario, la disponibilidad de materiales, la secuencia de las operaciones y el control de tiempos reales. El uso de sistemas integrados nos da una visión global y actualizada de las distintas variables permitiendo a las empresas tomar medidas correctivas y orientadas a los datos.

4.2.1. Sistemas productivos

Existe una diversa clasificación de sistemas productivos que nos permiten entender las diferentes formas en las que se estructuran las empresas para llevar a cabo su actividad laboral. Es vital para toda empresa seleccionar la estrategia operativa adecuada que se ciña a su tipo de producto, atendiendo a factores como volumen de producción, variedad, recursos y condiciones del mercado. Tener un amplio conocimiento de estos modelos nos facilita tomar decisiones estratégicas y operativas en distintos contextos industriales.

A) Producción por proyecto.

Este sistema se aplica a la creación de productos únicos y complejos, donde cada unidad a fabricar supone un proyecto específico. Es el modelo productivo más habitual si hablamos del sector de la construcción, la ingeniería civil o la naval. Los recursos, tanto materiales como humanos, se movilizan hasta donde se lleva a cabo el proyecto y destaca el alto nivel de control y planificación, ya que el coste unitario suele ser muy elevado.

B) Producción en masa (Mass Production).

Se caracteriza por realizar una fabricación de manera continua y estandarizada de productos con a gran escala. Utiliza líneas de montaje y procesos altamente repetitivos. Tanto la especialización como la automatización permiten minimizar los costes unitarios y el tiempo de ciclo, aunque presenta un importante problema al limitar la flexibilidad ante los cambios en el diseño del producto o las alteraciones en la demanda.

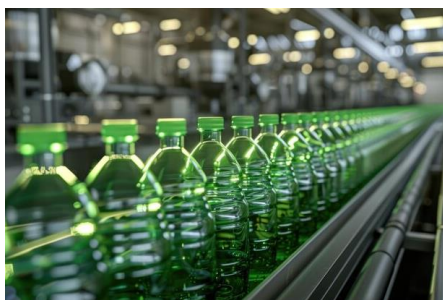


Ilustración 12.- Ejemplo de producción en masa. Fuente Pinterest

C) Producción por lotes (Batch Production)

La producción en lotes implica la fabricación de productos en cantidades limitadas, donde entre lote y lote se prepara toda la maquinaria y línea de producción para comenzar a producir un nuevo producto. A pesar de generar tiempos muertos con los cambios de lotes, permite cierta eficiencia para adaptarse a las variaciones de la demanda. Muy utilizada en la industria alimentaria o farmacéutica.

D) Producción continua

Está basado en la operación ininterrumpida de procesos, muy habitual en sectores como el químico, energético o cementero, donde la producción es constante y altamente automatizada. Destaca por su alta eficiencia técnica y las grandes inversiones iniciales.

E) Producción bajo pedido (Make to Order – MTO)

En este modelo, solo se comienza a fabricar un producto cuando un cliente ha confirmado un pedido. Es adecuado para organizaciones que permitan un alto grado de personalización o que tengan un catálogo de productos muy amplio. Consigue reducir el

inventario de productos terminados, aunque exige una eficiente planificación para cumplir con los plazos de entrega. Es el más común en sectores como el de la carpintería metálica o la fabricación a medida.

F) Producción para stock (Make to Stock - MTS)

En este tipo de sistema productivo se fabrica en función de las estimaciones de demanda, almacenando el producto final a la espera de su venta. Permite dar una rápida respuesta a los pedidos del cliente, pero conlleva un alto riesgo asociado al exceso de inmovilizado en forma de inventario, que puede quedarse obsoleto. Muy utilizado en entornos con productos muy estandarizados, como el sector textil.

G) Producción ensamblada bajo pedido (Assemble to Order - ATO)

Surge de la combinación de la fabricación previa de subcomponentes con el montaje final bajo las especificaciones del cliente. Permite una personalización limitada con tiempos de entrega reducidos. Es el sistema más utilizado en sectores como la automoción o la informática.

Una vez conocemos los distintos sistemas productivos existentes, resulta necesario realizar una justificación de cuál es el que mejor se adapta a la realidad operativa de la empresa. Hemos explicado en el apartado anterior, que trabajar con producción bajo pedido (MTO) significa que la fabricación de cada unidad proviene de un encargo previo, ya que mantener inventario fijo de producto terminado no resulte viable ni eficiente.

En **L.R. JAVE** se fabrican estructuras metálicas destinadas al sector ganadero, con productos que permiten una cierta personalización a pesar de estar mayoritariamente estandarizados. Estos productos implican un consumo significativo, tanto de materiales como de horas de trabajo, lo que supone un desembolso elevado que, ante una demanda incierta, podría tardar en recuperarse semanas o meses con la venta del producto, generando tensiones en la tesorería y asumiendo un injustificado coste de oportunidad muy elevado. En este contexto, el MTO nos permite ajustar la capacidad productiva a la demanda real, minimizando riesgos y evitando la sobreproducción.

En definitiva, el modelo MTO no solo responde a las necesidades técnicas y logísticas de los productos que fabrica **L.R. JAVE**, sino que también constituye una decisión estratégica que va en coherencia con los objetivos de costes, flexibilidad operativa y adaptación al cliente que sostienen los valores de la empresa.

4.2.2. Programación de talleres

Dentro de la Ingeniería de Organización Industrial, una de las disciplinas más importantes si hablamos de producción es la programación de talleres. El objetivo marcado es determinar el orden adecuado en el que deben ejecutarse los diferentes trabajos u operaciones dentro de una planta, atendiendo a cuestiones como capacidad, tiempo o recursos. En un entorno como el de **L.R. JAVE**, en el que se fabrican productos con cierta

personalización y en lotes pequeños, la programación es esencial para evitar cuellos de botella, reducir tiempos muertos y optimizar la eficiencia.

Podemos encontrar múltiples técnicas de programación, desde métodos exactos hasta heurísticas o metaheurísticas que nos permiten llegar a resultados lo suficientemente aproximados al exacto para tomarlos como buenos con un menor coste computacional, algo crucial en un entorno dinámico y de recursos limitados como lo es el de una empresa familiar con estructura de taller.

4.2.2.1. Clasificación de talleres

Se puede realizar una clasificación de los entornos productivos basándonos en su configuración de procesos y las rutas de fabricación seguidas. Encontramos tres grandes categorías: *Job Shop*, *Flow Shop*, y *Open Shop*. Cada uno de estos, supone diferentes retos y enfoques en la programación de operaciones.

- Job Shop: es el sistema más flexible que podemos encontrar. Cada trabajo sigue una ruta distinta, ya que dependiendo del producto a fabricar pueden llegar a pasar más de una vez por la misma máquina. Este programa es ideal para productos de alta personalización, sin embargo, hace que sea muy compleja la programación y que el riesgo de ineficiencias sea muy alto si no se gestiona adecuadamente.
- Open Shop: En este caso, no hay un orden preestablecido de las operaciones, aunque todas deben realizarse; es decir, los productos deben de pasar por todas las máquinas o estaciones, aunque el tiempo de proceso en alguna de ellas se puede considerar cero. Buscamos encontrar la ruta adecuada a cada pedido teniendo en cuenta que no existen restricciones de precedencia entre las operaciones. Podemos considerarlo el sistema más raro, pero es realmente útil en entornos de gran libertad operativa y recursos abundantes.
- Flow Shop: En este tipo de taller encontramos que todos los productos siguen un orden preestablecido de operaciones, aunque los tiempos varíen entre cada producto. Es un entorno en el que las operaciones están más estandarizadas permitiendo una programación eficiente y sencilla. Como la secuencia de las operaciones es igual a todo el catálogo de productos, se pueden realizar optimizaciones mediante heurísticas como la de Palmer o CDS.

En definitiva, la elección del tipo de taller usado es clave para decidir que estrategia de programación utilizar. A continuación, se muestra una tabla comparativa:

Tipo de Taller	Ruta de operaciones	Flexibilidad	Complejidad de programación
Job Shop	Variable por producto	Alta	Alta
Flow Shop	Fija o semi-fija	Media	Media
Open Shop	Libre	Alta	Muy alta

Tabla 3.- Comparativa entre los tipos de taller. Elaboración propia

4.2.2.2. El taller de L.R. JAVE

En el taller de la empresa familiar **L.R. JAVE** podemos encontrar características propias de un sistema productivo del tipo Flow Shop, ya que todos los productos siguen una secuencia fija de operaciones, comenzando con el “Corte” de material, pasando a una segunda operación que denominaremos “Preparado”, en la que se realizan pequeños trabajos como el taladrado, rectificado o fresado de algunas piezas; la operación de “Soldadura” en la que se unen los componentes, y por último el “Acabado”, que engloba limpieza, ensamblado y pintado de los productos, dejándolos preparados para entregarlos a los clientes.

Podemos entender mejor como un producto pasa por las diferentes estaciones de trabajo si echamos un vistazo a su distribución en planta o *Layout*:

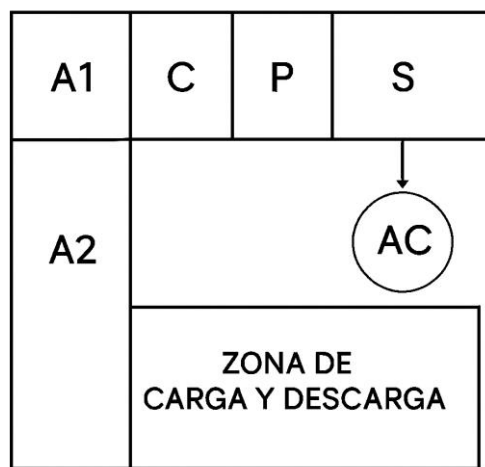


Ilustración 13.- Distribución de planta de L.R. JAVE. Elaboración propia.

A vista de la ilustración 5, podemos identificar tanto los dos almacenes, A1, donde se guardan los pequeños materiales y los consumibles; A2, que es el espacio destinado al almacenaje de la materia prima; como las 4 estaciones de trabajo: C, estación de corte; P, estación de preparado, S, estación de soldadura y AC, estación de acabado. También podemos observar una zona dedicada a la descarga de material y a la carga de los productos finalizados para entregar. Gracias a esta distribución, se facilita mucho el traspaso de materiales o subcomponentes entre las distintas estaciones de trabajo, ayudándonos de carretillas elevadoras y un puente grúa.

Establecemos entonces un flujo semiestandarizado de producción debido al patrón preestablecido de las operaciones, las estaciones de trabajo bien definidas y la disposición funcional de los recursos. Aunque los operarios tienen las operaciones repartidas en función de experiencia y tiempos, todos son capaces de ejecutar cualquier parte del proceso, aportando flexibilidad, pero el hecho de que la ruta de los productos esté predefinida justifica su clasificación como *Flow Shop*. Sumado a esto, cabe destacar que el trabajar bajo pedido implica que se producen lotes de pocas unidades y con cierta personalización, aunque usando la misma estructura base del proceso. Gracias a esta estructura podremos utilizar heurísticas de secuenciación

4.2.2.3. Capacidad del taller

Uno de los parámetros principales por los que debemos comenzar a planificar la producción es la capacidad del taller. Nos permite determinar cuántas unidades pueden realizarse en un periodo determinado, a partir de los recursos de los que se dispone, los tiempos por operación y las posibles ineficiencias del sistema. Para una empresa como la que estamos estudiando, donde los recursos humanos y técnicos son limitados, conocer su capacidad es algo imprescindible para evitar saturaciones y realizar una planificación con carga de trabajo estable.

Podemos expresar la capacidad del taller en función de las horas-hombre que disponemos. En nuestro caso, contamos con 5 trabajadores en turno de 8 horas diarias, por lo cual, la capacidad teórica es de 40 h/día. A partir de aquí debemos hacer correcciones, como restar tiempos de descanso, desplazamientos internos, tiempos de preparación o tiempos improductivos, por lo cual la capacidad real neta será inferior.

Teniendo en cuenta que tienen un descanso de media hora que realizan todos a la vez entre las 11:00h y las 11:30h, sumado a otras ineficiencias, podemos considerar que en promedio se pierde un 12,5% del tiempo total, arrojando una capacidad útil del 87.5%, es decir, 35 horas-hombre diarias, arrojando un dato semanal de 175 h-hombre. Esta estimación se puede ir ajustando de forma sencilla mediante la observación directa de la evolución del taller.

4.2.2.4. Métodos heurísticos en programación de talleres.

La resolución de problemas a través de heurística permite encontrar soluciones satisfactorias en un tiempo razonable, sobre todo cuando un enfoque exacto genere un costo computacional demasiado elevado. Proviene del griego *'hueriskein'*, que significa 'descubrir', término que fue popularizado por el psicólogo *Herbert Simon* en el contexto de toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre. En el ámbito de la ingeniería, la heurística se utiliza para problemas donde el elevado número de combinaciones impide una exploración individual de cada una de ellas.

En programación de talleres, se hace uso de la heurística para secuenciar trabajos en máquinas con el tiempo de minimizar los tiempos totales, retrasos o costes asociados. Se busca minimizar indicadores como el *"makespan"*, es decir, el tiempo total necesario en completar todos los trabajos, desde que se da inicio a la primera operación hasta que se finaliza la última. Aunque no garantizan la solución óptima, ofrecen soluciones de alta calidad con un coste computacional reducido.

Los métodos heurísticos nos dan una alternativa eficaz y frente a algoritmos exactos que requieren elevados recursos computacionales, en especial, cuando crece el número de máquinas u operaciones. Permiten ajustarse a las limitaciones del problema, siendo capaces de mejorar la utilización de los recursos, anticipando cuellos de botella y reduciendo tiempos ociosos. A continuación, se detallan tres enfoques fundamentales usados en entornos con *Flow Shop*:

A) Método de Johnson

El método de Johnson, propuesto por *S.M. Johnson* en 1954, no es una heurística propiamente dicha, sino un algoritmo exacto utilizado en problemas con dos máquinas. Su objetivo: ordenar las tareas para minimizar el makespan, según una lógica binaria.

- Si el tiempo de procesamiento de una tarea o producto en la primera máquina es menor que el de la segunda tarea o producto, dicha tarea siempre se programará lo antes posible.
- Si el tiempo de procesamiento de una tarea o producto en la segunda máquina es menor que el de la segunda tarea o producto, dicha tarea siempre se programará lo más tarde posible.

Este método, al ser un algoritmo exacto, siempre nos garantiza la solución óptima para el caso simple de dos máquinas, pero no es extensible a problemas en los que nos encontramos con tres o más estaciones de trabajo. A pesar de su simplicidad, es la base conceptual de otros métodos heurísticos como el CDS.

B) Heurística CDS (Campbell, Dudek y Smith)

El método CDS, desarrollado por *Campbell, Dudek y Smith* en 1970, es una heurística que, gracias a la base planteada por Johnson, se extiende para dar solución a problemas de más de dos máquinas. Con el algoritmo generamos secuencias intermedias, convirtiendo el problema de n máquinas en múltiples subproblemas de dos máquinas, para posteriormente aplicar el método de Johnson.

En definitiva, la heurística CDS funciona de la siguiente manera:

1º- Se generan $n-1$ subproblemas de dos máquinas donde n es el número total de estaciones.

2º- Para cada subproblema se define:

- Máquina A: suma de los tiempos de la máquina 1 a la k .
- Máquina B: suma de los tiempos de la máquina $n-k$ a la n .

3º- Se aplica el método de Johnson para cada subproblema

4º- Se calcula el makespan y se selecciona el orden que produce menos tiempo total.

Aunque no garantiza la solución óptima, el CDS ofrece una buena aproximación en casos con múltiples estaciones de trabajo.

C) Heurística de Palmer

La heurística de Palmer, propuesta por *R. G. Palmer* en 1965, es un método aproximado para la resolución de problemas de secuenciación de trabajos, especialmente útil en entornos *Flow Shop*, que como ya hemos explicado, se caracterizan por tener un conjunto de máquinas o estaciones por las que debe pasar cada producto en el mismo orden. El trabajo de Palmer se ha consolidado como una

herramienta útil debido a su capacidad para resolver de manera eficiente problemas de complejidad computacional NP-completo.

El objetivo de esta heurística es minimizar el tiempo total de finalización o *makespan*, permitiendo obtener resultados satisfactorios con un bajo coste computacional, haciéndolo ideal para contextos donde se requiere de decisiones rápidas sin tiempo o recursos para el uso de métodos exactos como la computación entera.

Palmer realiza una propuesta basada en un índice de máximo orden a través del cual secuenciar los trabajos en las distintas máquinas a través de su tiempo de procesamiento. En definitiva, busca priorizar la secuenciación en primer lugar de las tareas que van incrementando su tiempo por operación a medida que van avanzando en el sistema productivo, dejando para el final aquellas que tareas que van reduciendo su tiempo por operación al ir pasando a las siguientes estaciones de trabajo.

Podemos definir el problema a resolver que más se ajusta a lo requerido por la empresa objeto de estudio como un problema $F_M//prmu//C_{max}$ con $M > 2$ donde:

- F_M : Taller de tipo *Flow Shop*, con más de 2 máquinas.
- *prmu* (Permutacional): Restricción utilizada en el entorno *Flow Shop* para indicar que todos los pedidos o productos deben seguir la misma secuencia para todas las máquinas. En el caso de que un producto no tenga que pasar por una máquina se le dará un tiempo de operación 0.
- C_{max} : *Makespan* o tiempo de finalización de la última operación como objetivo del problema.

El índice de ordenación, conocidos como pendiente de prioridad o *priority slope* (S), se calculan con las siguientes fórmulas (1, 2):

$$S_{1j} = \sum_{i=1}^{M-1} (M - i) * p_{ij} \quad (1)$$

$$S_{2j} = \sum_{i=2}^M (i - 1) * p_{ij} \quad (2)$$

Donde:

- M es el número total de máquinas.
- i representa la posición de la máquina.
- p_{ij} es el tiempo de procesamiento del procesamiento i en la máquina j

Para ordenar los trabajos en orden creciente sería suficiente con realizar el siguiente cálculo (3):

$$S_{3j} = S_{1j} - S_{2j} \quad (3)$$

El cálculo del *makespan*, medido como el tiempo de finalización de la última operación, se obtiene a través de la realización de una matriz de secuenciación en la que se respeta el orden generado por la heurística para acumular los tiempos por operación. Este parámetro se utiliza para evaluar la calidad de la secuenciación propuesta.

La construcción de la matriz, una vez definido el orden, se realiza por cada estación de trabajo o máquina, sumando el tiempo de operación o al tiempo de

finalización del producto anterior en dicha estación o, en el caso de que sea mayor, al tiempo final de este producto en la operación anterior.

En esta matriz en la que colocamos en las columnas las operaciones de izquierda a derecha manteniendo el orden que siguen los pedidos en la línea de producción; y en las filas en la parte superior el pedido ordenado en primer lugar secuencialmente hasta la última posición donde encontraremos el producto secuenciado en último lugar. De esta manera, en la posición de la matriz (i,M), en la parte inferior derecha, encontraremos el tiempo de finalización total o *makespan*.

4.2.2.5. Resolución de un caso práctico con la heurística de Palmer.

Con el objetivo de entender mejor el funcionamiento de la heurística de Palmer realizaremos la resolución de un problema tipo FM//prmu//Cmax en el que encontraremos 4 máquinas y 4 productos.

Tenemos en primer lugar una tabla (tabla X) en la que encontramos los tiempos de operación de cada pedido en cada operación:

	M1	M2	M3	M4
P1	4	7	8	3
P2	2	9	4	1
P3	3	1	8	2
P4	4	4	5	6

Tabla 4.- Tiempos de proceso. Elaboración propia

Calculamos los índices S1j y S2j:

- $S_{11} = (4-1)*4 + (3-1)*7 + (2-1)*8 + (1-1)*3 = 34$
- $S_{21} = (2-1)*7 + (3-1)*8 + (4-1)*3 = 32$
- $S_{31} = 34 - 32 = 2$

Si lo realizamos para todos los productos obtenemos el resultado reflejado en la siguiente tabla:

	S1	S2	S3
P1	34	32	2
P2	28	20	8
P3	19	23	-4
P4	25	32	-7

Tabla 5.- Resultados de S1, S2 y S3. Elaboración propia

Siguiendo el criterio definido antes de ordenación por orden ascendente obtenemos que el resultado de secuenciación es:

- P4
- P3
- P1
- P2

CAPÍTULO IV: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS

A continuación, realizamos el cálculo del *makespan* (tabla x) siguiendo el orden obtenido, comenzando por la primera máquina, donde sumamos el tiempo de operación del producto i al tiempo de finalización del producto i-1:

	M1	M2	M3	M4
P4	4			
P3	7			
P1	11			
P2	13			

Tabla 6.- Cálculo del makespan en la primera máquina

Para continuar con el cálculo en la siguiente operación, comenzamos sumando para el producto P4 el tiempo de trabajo en la máquina 2 al tiempo de finalización en la máquina 1 (tabla x).

	M1	M2	M3	M4
P4	4	8		
P3	7			
P1	11			
P2	13			

Tabla 7.- Tiempo de finalización de P4 en M2. Elaboración propia.

El siguiente paso a seguir es calcular el tiempo de finalización de P4 en M2. Para ello, realizamos una comparativa entre T42 y T31 y sumamos el tiempo de proceso de p22 al mayor de ellos obteniendo el siguiente resultado:

	M1	M2	M3	M4
P4	4	8		
P3	7	9		
P1	11			
P2	13			

Tabla 8.- Tiempo de finalización de P2 en M2. Elaboración propia.

Siguiendo la misma lógica podemos terminar de completar la matriz encontrando en la celda P2/M4 el tiempo total de finalización:

	M1	M2	M3	M4
P4	4	8	13	19
P3	7	9	21	23
P1	11	18	29	32
P2	13	27	33	34

Tabla 9.- Tiempo de finalización de P2 en M2. Elaboración propia.

En este problema planteado el Cmax resultante es de 34. Para realizar una comparación objetiva, vamos a establecer un nuevo orden aleatorio y realizar el cálculo del makespan resultante. El orden seguido será P1-P2-P3-P4:

	M1	M2	M3	M4
P1	4	11	19	22
P2	8	20	24	25
P3	10	21	32	34
P4	13	25	37	43

Tabla 10.- Resultado del makespan con orden aleatorio. Elaboración propia.

Podemos observar la clara diferencia que existe entre la resolución ofrecida por la heurística de Palmer y la obtenida con el segundo orden propuesto. Arroja un retraso de, si hablamos de tiempos medidos en horas, 9 horas.

4.3. GESTIÓN DE INVENTARIOS

Realizar una buena gestión de inventarios es una pieza clave en cualquier empresa industrial, garantizando el correcto funcionamiento operativo de la misma, especialmente en aquellas en las que la producción depende directamente del aprovisionamiento de componentes y materias primas. Es imprescindible tener un buen sistema de inventario que asegure un flujo continuo productivo, minimizando costes y aportando la información necesaria a otras áreas como compras o producción.

Existen diversos conceptos que son importantes conocer en este ámbito ya que van asociados al inventario y su gestión, siendo los más relevantes:

- Coste de Posesión (C_D): aglutina todos los gastos derivados del almacenamiento de materiales, productos semiterminados o productos finales. Se tiene en cuenta el posible deterioro o pérdida, el riesgo de obsolescencia, el coste de los seguros o el coste asociado al capital inmovilizado.
- Coste de Ruptura (C_R): nos encontramos en situación de ruptura de un material o producto cuando no lo tenemos en el momento que es necesario. Se le asocian diversos costes provenientes de las interrupciones ocasionadas en la producción, la pérdida de ventas o posibles penalizaciones contractuales.
- Coste de Emisión (C_E): está relacionado con los costes ocasionados por la tramitación, recepción o el procesamiento de las órdenes de compra.

También hay que tener en cuenta otro factor crucial como es el tiempo de suministro, es decir, el intervalo de tiempo desde que se tramita un pedido y se encarga al proveedor a la recepción de este. En casos en los que los plazos son largos o variables, es vital realizar una correcta política de stock para evitar desabastecimientos.

Una incorrecta gestión del inventario trae consigo un elevado coste que en ocasiones no se tiene en cuenta, el coste de oportunidad que suele provenir de tener un exceso de materiales de baja rotación, mucho capital inmovilizado, espacio desaprovechado o pérdidas por deterioro. Debido a esto, un sistema bien estructurado que se apoye en datos reales de

la operativa diaria de la empresa, soportado por una herramienta digital resulta clave para alcanzar una gestión eficaz y adecuada a la realidad de la empresa.

En el caso de **L.R. JAVE**, con la elaboración de la herramienta de gestión, se han implementado modelos de gestión distintos dependiendo del tipo de material, su criticidad en el proceso y su consumo promedio. A continuación, se detallan las metodologías aplicadas para llevar un control riguroso y eficiente del stock.

4.3.1. Modelo EOQ clásico

El modelo EOQ (*Economic Order Quantity*), también conocido como Modelo de Wilson, es uno de los fundamentos clásicos en cuanto a la gestión de inventarios. Tiene como objetivo determinar la cantidad óptima a pedir (tamaño de lote) que una empresa debe solicitar cada vez que reponga existencias, minimizando de manera conjunta el coste de emisión y el coste de posesión.

El lote calculado busca alcanzar el equilibrio entre el coste de realizar pedidos de manera frecuente (más emisiones y menos stock promedio almacenado) con realizar pedidos con un intervalo de tiempo mayor (menos costes de emisión y mayor coste de posesión).

El modelo EOQ clásico se apoya en diversos supuestos: la demanda se va a mantener constante y es conocida, los tiempos de suministro son invariables y no se contemplan descuentos o rappels por volumen, manteniendo el coste unitario constante. A pesar de que estas condiciones distan un poco de la realidad, sigue siendo aun así un modelo muy útil para entender el comportamiento óptimo de un inventario.

Podemos expresar la fórmula de Wilson (4) como:

$$Q^* = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot D \cdot C_e}{C_p \cdot \theta}\right)} \quad (4)$$

Donde:

- D: Demanda
- C_e : Coste de emisión
- C_p : Coste de posesión
- θ : Intervalo de tiempo

El resultado, Q^* , nos indica cual es la cantidad óptima a pedir cada vez para minimizar el coste total del inventario. Podemos entonces calcular, de manera sencilla, el número de pedidos que se van a realizar en el intervalo de tiempo seleccionado de la siguiente forma:

$$\text{Nº de pedidos} = D \text{ (en dicho intervalo)} / Q^*$$

Esta herramienta es especialmente útil cuando los consumos son estables y se pueden realizar pedidos de manera regular. En el caso de **L.R. JAVE**, vamos a utilizar la fórmula de Wilson como base para ciertos cálculos, pero se adaptará a las condiciones cambiantes de la empresa, creando un modelo dinámico basado en Días de Cobertura (DDC), que se detallará en el siguiente apartado.

4.3.1.1. Modelo EOQ dinámico aplicando DDC

Si lo que buscamos es dar una imagen fiel de la operativa diaria de una empresa, vemos que la realidad de los entornos productivos necesita de modelos dinámicos que vayan reaccionando ante las situaciones cambiantes que tienen lugar. Para el caso de la empresa objeto de estudio, se ha desarrollado una variante del modelo clásico de lote óptimo, al que se le añade un control continuado del consumo real que está teniendo lugar, que solicita la reposición de cada material en función de los Días de Cobertura (en adelante, DDC). Este modelo aplicará a las materias primas (tubo de acero, de distintos perfiles y calibres, chapas, etc.).

Los productos que comercializa la empresa, en su mayoría, se pueden considerar estacionales, como los bebederos con la llegada del verano o los comederos de paja con tejado al inicio del otoño. Aunque estas tendencias se tengan controladas basándonos en los históricos de venta, no se puede determinar a ciencia cierta con la suficiente antelación cuando van a tener lugar los cambios en la tendencia. Para ello nos apoyaremos en los DDC.

Comenzaremos asignando un valor de DDC mínimo (DDCmin) a cada material, en función de su criticidad:

- Alta: 20 días
- Media: 10 días
- Baja: 5 días

Cuando el DDC actual se sitúe por debajo del DDCmin correspondiente, el sistema lanzará una alerta solicitando la reposición e indicando el lote óptimo calculado mediante la fórmula de Wilson. De igual manera, la demanda anual (5) se calculará a partir del consumo acumulado y su proyección:

$$D' = (\text{Consumo acumulado} / \text{días transcurridos}) \times 365 \quad (5)$$

Como la herramienta desarrollada registra las salidas de forma automática, recalculando el stock disponible, obtiene su equivalencia en DDC(6):

$$\text{DDC actual} = \text{Stock actual} / (\text{Consumo acumulado} / \text{Días transcurridos}) \quad (6)$$

Conseguimos de esta manera que el lote óptimo de pedido se vaya ajustando de forma automática a la evolución real del sistema, logrando una mayor sensibilidad ante los cambios de comportamiento de la demanda, mejorando el equilibrio entre seguridad de abastecimiento y eficiencia financiera. Así, el stock mínimo de los materiales críticos no serán unidades fijas, sino días de cobertura, asegurándonos de que cuando el ritmo de consumo de un material acelere o se frene, se actúe de forma más eficiente y alineada con las necesidades reales de producción. Con este planteamiento, otorgamos al modelo EOQ de una flexibilidad que hace que sea una herramienta especialmente robusta frente a la variabilidad operativa.

4.3.2. Modelo de lote fijo

En el caso de los materiales auxiliares, como la tornillería, bisagras y cerrojos, entre otros, los cuales tienen un menor coste unitario, utilizaremos una estrategia diferenciada apoyándonos en el modelo de lote fijo.

Estos materiales, aunque no representan un gran impacto económico, son esenciales para la finalización de los productos y pueden causar de igual manera retrasos significativos en el caso de que no estén disponibles. El modelo de lote fijo con punto de pedido es una de las técnicas clásicas de gestión de inventarios, en la que encontraremos definidos dos parámetros fundamentales:

- Stock mínimo o punto de pedido (s), definido en unidades.
- Cantidad a reponer o lote fijo (Q), de igual manera, expresada en unidades.

Entonces, cuando el inventario de un artículo caiga por debajo del punto s, el sistema lanzará un aviso de compra para reponer, con la cantidad marcada a ese artículo. Esta metodología facilita el control de inventarios para los artículos de bajo valor y alto volumen, reduciendo la complejidad operativa y asegurando una reposición regular.

Se determinará el punto de pedido (s) basándonos en la experiencia acumulada, mientras que la cantidad de reposición (Q) vendrá definida por el formato a habitual de suministro, por lo general en cajas, pudiendo pedir una o varias cajas.

Este modelo está justificado para estos materiales, siendo especialmente apropiado, ya que no se necesita de un seguimiento dinámico como el aplicado a las materias primas principales, y donde los costes de posesión tienen un peso muy bajo en comparación con los riesgos de ruptura de stock.

4.3.3. Gestión de consumibles.

Para la gestión de inventario de los consumibles utilizados por la empresa (hilo de soldar, discos de corte, pintura, etc.) vamos a continuar realizando una gestión basada en revisiones visuales periódicas por parte de los operarios del taller, que suelen realizarse al final de la jornada.

Esta práctica está fundamentada en la experiencia de los operarios, que les permite detectar de manera sencilla cuando es necesario reponer alguno de estos materiales. Ya que se trata de elementos de un relativamente bajo coste unitario y uso frecuente, aunque no siempre constante, realizar un seguimiento digitalizado sobre los mismos no ha resultado, hasta la fecha, especialmente necesario.

Esta decisión se enmarca dentro de un enfoque pragmático, donde se ha priorizado el desarrollo y mejora de aquellas áreas más importantes de cara a la productividad o trazabilidad, mientras que se conservan prácticas tradicionales que funcionan correctamente y no representan un cuello de botella significativo.

CAPITULO V: DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo conoceremos, de forma detallada, el diseño funcional de la herramienta desarrollada, abordando de manera individual cada uno de los módulos que la componen y explicando su estructuración. Tras un riguroso análisis de las necesidades de **L.R. JAVE**, se ha decidido optar por una estructura modular que permite realizar tareas de manera progresiva dejando la posibilidad abierta de ir añadiendo nuevos módulos o funcionalidades en un futuro de manera sencilla.

5.2. JUSTIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS

En el contexto de una empresa de las características de **L.R. JAVE**, donde los recursos son limitados, la elección de un entorno tecnológico apropiado es un factor clave. Frente a opciones comerciales sofisticadas se ha decidido utilizar una solución personalizada basada en *Microsoft Excel*, completada con *Power BI* como herramienta de apoyo para la visualización e inteligencia de negocio. Esta elección no solo responde a las características de la empresa, sino también a criterios económicos, técnicos y organizativos, detallados a continuación.

5.1.1. Microsoft Excel

Esta herramienta de *Microsoft* es sin duda una de las más utilizadas en entornos empresariales por su capacidad de cálculo, flexibilidad y compatibilidad. En el contexto de la empresa objeto de estudio, no solo se utilizará como soporte para la entrada y tratamiento de datos, sino que se buscará replicar funcionalidades más avanzadas propias de sistemas más complejos: bases de datos relacionales, gestión de producción e inventarios o la automatización de documentos.

Presentando una curva de aprendizaje reducida, permite modificar las estructuras sin necesidad de terceros, aportando independencia técnica, un coste reducido y asentándose como un elemento clave en empresas de perfiles similares.

5.1.2. Power BI

Integrar *Power BI* de forma complementaria facilita la visualización y análisis de datos y tendencias en tiempo real, ofreciendo una capa superior de inteligencia de negocio a los datos generados por *Excel*. Nos permite crear paneles interactivos en lo que consolidar información acerca de la producción, el inventario y la rentabilidad económica del negocio, aportando transparencia y visión global a los responsables de la empresa.

Presenta una interfaz amigable que permite interpretar los KPIs sin necesidad de estructuras tecnológicas complejas, aspecto crítico en la gestión de empresas con una plantilla reducida.

5.3. ANÁLISIS FUNCIONAL DE NECESIDADES

A la hora de comenzar a desarrollar la herramienta y empezar a darle cuerpo, se realizó un estudio de cuáles eran las áreas funcionales clave para poder llevar un control adecuado de la empresa. Desde el inicio del planteamiento, se determinó que las dos áreas críticas para el funcionamiento de la empresa eran el área de gestión de la producción y el área de gestión de inventarios, las cuales requerían de manera urgente una digitalización del proceso operativo. Pero este análisis no fue un proceso cerrado previo al comienzo del desarrollo, a medida que el sistema iba evolucionando y cobrando complejidad se detectaron dos oportunidades claras de mejora para ampliar de forma natural el alcance del sistema, abriendo el área comercial y el área administrativa.

Con este enfoque se ha conseguido construir una herramienta de gestión realista, escalable y que responde de forma práctica a las necesidades operativas de **L.R. JAVE**.

5.3.1. Áreas funcionales detectadas

A) Área de producción:

La empresa necesita ser capaz de planificar de forma efectiva la producción atendiendo a las órdenes de pedido, los recursos disponibles y secuenciar las tareas minimizando tiempos improductivos

B) Áreas de inventarios:

Se detectó que una de las oportunidades de mejora más claras que tenía la empresa por explotar era realizar una mejor organización de su gestión de inventario. Realizar un mayor control de las entradas y salidas de material, establecer un sistema estándar de reposición basado en datos y vincular el stock disponible con la producción a realizar era un mínimo indispensable.

C) Área comercial:

Aunque el área comercial contaba ya con un sistema funcional, aunque manual y disperso en ciertos puntos, se identificó una gran oportunidad de mejora mediante su integración en el sistema. Esta unificación busca unificar registros, automatizar procesos, mejorar la trazabilidad y llevar un control que aporte coherencia en el flujo operativo.

D) Área administrativa:

Este apartado busca aliviar la carga administrativa de la empresa, permitiendo automatizar la facturación, llevar un control más exhaustivo de los cobros y evitar duplicidades.

5.4. ESTRUCTURA DE DATOS MAESTROS EN SISTEMAS ERP

Los datos maestros (también conocidos como *master data*) representan la base de todo sistema de información, sobre los cuales se sustenta la operativa de los procesos internos. A diferencia de los datos transaccionales, estos no van cambiando con el paso del tiempo y comprenden elementos esenciales como los datos de clientes, proveedores, los BOM (por sus siglas en inglés *Bill of Material*) que forman cada producto, etc. Por ello, es esencial tener una correcta estructuración, codificación y mantenimiento de estos registros, preservando así la calidad de los datos y mejorando la trazabilidad y el control (*Monk & Wagner, 2013*).

Todo SI debe contar con una base de datos maestros organizada de forma coherente y relacional, adecuadamente conectada entre las diferentes áreas funcionales del negocio. *Jacobs y Weston (2007)* señalaban que la precisión y consistencia de los datos es determinante en aspectos como control de inventario, la exactitud en la contabilidad o la planificación eficiente de demanda y recursos.

En el ámbito industrial son muchos los beneficios que se pueden obtener de disponer de un sistema de datos maestros bien implementado, entre los que podemos destacar:

- Realizar un seguimiento exhaustivo de materiales y costos.
- Generar órdenes de compra y fabricación automáticos.
- Homogeneizar la información de documentos comerciales.
- Garantizar la trazabilidad de los productos entregados, incluyendo sus componentes.

Una vez visto lo anterior, pasaremos a la codificación y puesta en marcha de las diferentes categorías de datos maestros que formarán parte de nuestro ERP, atendiendo a las necesidades específicas del caso de estudio.

5.4.1. Ficha maestra: Clientes

La base de datos de clientes permite gestionar de forma estructurada las relaciones comerciales, el seguimiento de los pedidos y asegurar la trazabilidad de la fabricación de estos. Realizar una correcta gestión de esta información favorece la eficiencia operativa y mejora la atención al cliente.

Se deben guardar todos los datos necesarios, comenzando por el código único que se le asignará a cada cliente cuando se le registre en el sistema. Este código en nuestro ERP seguirá la siguiente forma “CL00001” asociado al primer cliente y de forma secuencial se irán añadiendo los demás.

Esta ficha de cliente debe de estar debidamente cumplimentada y guardar todos los datos fiscales para realizar la facturación, teléfono y correo electrónico de contacto, tipo de cliente, en el que encontraremos 4 grupos, “Autónomo”, “Cooperativa”, “Distribuidor” y “Otros”; y por último un apartado en el que se puedan introducir comentarios y/o anotaciones.

La base de datos para los clientes, finalmente, tendrá la siguiente forma:

C. Cliente | Nombre | CIF/NIF | Dirección | C. postal | Población | Provincia | TELF | Email | Tipo Cliente | Comentarios

5.4.2. Ficha maestra: Proveedores

Siguiendo la misma lógica, la base de datos de proveedores es otro componente esencial dentro de los datos maestro de un sistema ERP. Su correcta configuración permite, entre otras cosas, optimizar las compras y facilitar la reposición de los materiales necesarios.

De manera análoga a lo desarrollado en el apartado anterior, cada proveedor debe llevar asociado un código único el cual tendrá la forma de "PRO01". También se almacenarán los datos de contacto, el tipo de material que suministra (acero, consumibles, herramienta, entre otros) y las condiciones de pago.

La tabla quedaría de la siguiente forma:

C. Proveedor | Nombre Empresa | CIF | Dirección | C. Postal | Población | Provincia | Telf. | Email | Suministra | Cond. de pago

5.4.3. Ficha maestra: Materiales

En la ficha maestra de materiales debemos registrar todos los datos necesarios para realizar una gestión efectiva de los insumos necesarios en el día a día de la actividad laboral. Este registro debe contener toda la información clave relativa a las materias primas, semielaborados, consumibles o pequeños materiales que serán utilizados para la elaboración de los productos finales.

Nuevamente asociaremos un código único identificativo a cada material, permitiendo que se facilite su trazabilidad a lo largo de todo el sistema. Este código se va a construir siguiendo una lógica que refleje las características del material, tanto en tipo, formato o dimensión). Además, se recogerán datos como la descripción técnica del material, la unidad de medida (metros, kilogramos, unidades, etc.), y tres campos que serán clave para realizar una buena gestión del inventario que en sucesivos apartados detallaremos más en profundidad: Precio medio de stock, stock mínimo, días de cobertura (DDC) y valor del stock total actual.

Voy a tomar cuatro ejemplos para que podamos entender mejor la lógica seguida en la creación de los códigos de material.

R3015 – Tubo redondo (R) de 30 mm de diámetro (30) y 1.5 mm de espesor (15) y se medirá en metros.

CHN20 – Chapa (CH) negra (N) de 2 mm de espesor (20) y su unidad de medida serán metros cuadrados.

CON0001 – Para los consumibles como pintura, bobinas de hilo de soldar, etc. y se medirán en litros, kilos o unidades.

PM0001 – Pequeños materiales como tornillos, tuercas, cerrojos, etc. y se contabilizarán por unidades.

Por lo tanto, el encabezado de la tabla resultará así:

C. Material | Tipo | Descripción | Unidad | P.M. Stock | Stock Actual | DDC | DDC min. | DDC máx. | Valor Stock |

5.4.4. Ficha maestra: Producto

En esta parte de la base de datos de **L.R. JAVE** registramos todos los datos necesarios para identificar los diferentes productos que fabrica la empresa. Los códigos de productos siguen una lógica simple que nos permite, dando un primer vistazo, identificar el producto del que estamos hablando. Dicho código está formado por 6 dígitos, donde el primero por la izquierda indica la familia, el segundo la subfamilia y los 4 restantes para asignarlos a diferentes productos dentro del grupo.

Las familias son las siguientes:

1. Productos destinados al ganado vacuno
2. Productos destinados al ganado ovino y caprino
3. Productos destinados al ganado porcino
4. Productos destinados al ganado equino
5. Bebederos, depósitos de agua y similares.
6. Varios (aquí encontraremos diversos productos que no se pueden incluir en una categoría específica, como los remolques repartidores o las porteras, entre otros)
9. Otros (encontraremos un listado de conceptos base para facilitar la facturación, como “Horas de trabajo”, “Costes de transporte” y similares).

Si hablamos de las subfamilias, las cuales solo se encuentran en las familias del 1 al 4, encontramos las siguientes:

1. Comederos
2. Tolvas de pienso y cebo
3. Mangas de manejo y útiles
4. Cañizas y vallados

Un ejemplo sería el artículo 130002 – Manga de manejo de 4.5 mts. para vacuno

También registramos los campos de descripción técnica, nombre comercial, P.V.P., costo y margen actuales, dejando la siguiente tabla

C. Prod | Nombre comercial | Familia | Subfamilia | Descripción técnica | P.V.P. | Costo | Margen %

5.4.5. Ficha Maestra: Bill of Material (BOM)

La lista de materiales o BOM es un documento estructurado en el que encontramos, de manera detallada, todos los componentes, subproductos y materias primas que son necesarios para dar lugar a un producto final. Esta herramienta es fundamental en los entornos industriales para conocer y planificar las necesidades de aprovisionamiento de materiales, calcular costes de producción y coordinar las distintas fases del sistema productivo.

Además, el BOM actúa como nexo de unión entre distintos departamentos como el de diseño y desarrollo de producto, compras o gestión de inventario, asegurando que todos ellos trabajen con una referencia común y actualizada. Su correcta implementación en una herramienta del estilo a la desarrollada en este proyecto permite automatizar diversas tareas o funciones como el descuento de materiales consumidos al stock o la estimación de necesidades futuras. En entornos donde se realiza una fabricación repetitiva de productos estándar, el uso de un BOM preciso y dinámico es una herramienta clave para garantizar tanto eficiencia como trazabilidad en la gestión operativa.

La ficha maestra de BOM implantada en la herramienta de **L.R. JAVE** es sencilla, pero atendiendo a todos los detalles. Encontraremos en primer lugar un código de producto al que asociaremos el listado de materiales requeridos para su fabricación.

Encontraremos las necesidades unitarias de cada material para cada producto, formada por la suma del neto necesario más un incremento. Este incremento responde a que, en todo proceso de fabricación, de manera inevitable, se produce un porcentaje de material no aprovechable debido a distintos factores como errores humanos, defectos en el material adquirido o sobrantes generados por el desajuste de las máquinas.

Para reflejar esta realidad productiva, se ha incorporado un porcentaje de sobreconsumo técnico sobre las necesidades teóricas de cada producto. De manera estándar, muchas empresas utilizan entre un 5% y un 15% sobre el material estimado, dependiendo de la tipología de producto, tipo de fabricación o la experiencia acumulada. En el caso de **L.R. JAVE** aplicaremos un 10%. Esta corrección permite:

- Ajustar mejor las necesidades de compra de materiales.
- Estimar de forma más realista los costes reales de fabricación.
- Mejorar el control de stock disponible en producción.

También añadiremos el precio medio de stock en de cada material y el costo total del material utilizado, teniendo en cuenta este incremento para poder estimar el coste material global de cada producto. La estructura de datos tendría finalmente este aspecto:

C. Producto | C. Material | Necesidad Unitaria | Cte. Medio Stock | Necesidad teórica | Incremento | Cte. Material Unitario

5.4.6. Ficha Maestra: Tiempos de operaciones

La ficha maestra de tiempos recoge de manera simple y estructurada la duración por operación de cada producto en los diferentes procesos productivos (corte, preparado, soldado y acabado). Esta información resulta clave para realizar una planificación de la carga de trabajo semanal, aplicar heurísticas de secuenciación como Palmer y estimar tiempos de entrega.

Si bien no requiere de una actualización constante, su existencia permite dar una aproximación lo suficiente mente realista de la duración de las órdenes de producción, facilitando la toma de decisiones en la programación del taller. Además, en el caso de que se mejore el sistema productivo, aumente la eficiencia y los tiempos se reduzcan, la modificación de los tiempos se podrá realizar de manera sencilla sin alterar el funcionamiento del sistema.

Esta información la encontraremos en un formato de tabla, en el que en las filas tendremos los distintos códigos de producto y en las columnas las diferentes operaciones, resultando de la siguiente manera (Tabla 11):

	CORTE	PREPARADO	SOLDADO	ACABADO	TOTAL
110001	1	0.5	7	1	9.5

Tabla 11.- Tiempos de operaciones del producto 110001. Elaboración propia.

5.4.7. Ficha maestra: Márgenes de beneficio.

En la ficha maestra de márgenes de beneficio se ha desarrollado un módulo para centralizar el análisis económico individualizado por cada producto, permitiendo calcular y conocer la estructura de costes y rentabilidad individual de cada uno de ellos. Su utilización resulta especialmente relevante en contextos de trabajo bajo pedido o con una cierta capacidad de personalización de los productos, ya que permite identificar de manera inequívoca cuales son aquellos que aportan mayor valor añadido y cuales requieren de una revisión de precios, rediseño o incluso eliminación del catálogo. Aunque explicaremos su cálculo con más detalle a continuación, su existencia demuestra el claro enfoque orientado a rentabilidad que se ha seguido durante el desarrollo global de la herramienta.

Comenzamos, como siempre, con el código de producto para facilitar el cruce de datos con el resto de los módulos. Añadimos aquí el P.V.P. estándar sobre el que calcularemos el margen bruto y neto que nos queda una vez vendido.

Gracias a la ficha maestra de BOM, conocemos en todo momento el coste material directo de cada producto, que se actualiza de manera automática con la entrada y salida de material. Sobre ese coste material indirecto, aplicaremos un 10% de costes indirectos. Estos recogerán diferentes gastos asociados a consumibles.

El coste de mano de obra se realizará de manera sencilla, ya que, al contar con el tiempo total unitario de cada producto en la ficha de tiempos de operación, tendremos simplemente que multiplicarlo por el coste por hora de los operarios, el cual está estimado por parte de la empresa en 25 €/h. Esta misma información del tiempo total, nos permitirá también realizar un cálculo del coste asociado a energía y otros aprovisionamientos, que vamos a establecerlo en 4 €/h.

Por último, dentro de los costes industriales, aplicaremos un 15% sobre el coste material directo para compensar el gasto en mantenimiento de instalaciones, amortización de la maquinaria y diversas averías que surgen de forma inevitable.

Sumando todos estos costes, obtendremos el Coste Industrial, el cual nos dejará un margen bruto sobre la fabricación directa de los productos. Sin embargo, la estructura de costes no se queda aquí, sino que a mayores le sumaremos tanto un coste de administración del 15%, para justificar los gastos de gestión, el coste de mantenimiento de las oficinas y las horas de trabajo administrativo; como un coste comercial del 10% sobre el coste industrial que sirve para justificar la gestión comercial, el mantenimiento de la página web y redes sociales, así como los gastos de asistencia a ferias del sector.

Finalmente obtendremos el Coste Neto, sobre el que calcularemos el margen neto en porcentaje y en euros, dejando una estructura final de la siguiente manera:

C. Producto | P.V.P. | Cte. Material directo | Cte. Material Indirecto | M.O. | Energía | Mantenimiento | Cte. Industrial | MB% | Cte. Admón. | Cte. Comer. | Cte. Neto | MN% | MN€

5.5. GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Como ya hemos comentado en capítulos anteriores, esta área es uno de los pilares fundamentales sobre los que se sustenta la operativa de cualquier PYME industrial, por lo tanto, el diseño y desarrollo de los módulos de gestión de la producción deben estar perfectamente diseñados e interrelacionados para ser capaces de llevar un control veraz y adaptado a las necesidades de **L.R. JAVE**.

Esta área de la herramienta de gestión constituye el corazón operativo de la empresa, puesto que centraliza y coordina los diferentes procesos relacionados con la fabricación del producto final. Busca garantizar que los objetivos estratégicos de la empresa estén alineados con los recursos disponibles y la demanda real.

A través de este módulo se prepararán las órdenes de trabajo, se optimizará la producción a través de la heurística y se llevará un control de tiempos y estados de los pedidos en todo momento. Con esta integración mejoramos notablemente la trazabilidad, reducimos duplicidades y eliminamos significativamente los errores causados por una mala gestión manual o descentralizada.

5.5.1. Control

Este primer apartado es la base funcional del módulo. Recibe este nombre debido a que se utilizará como panel de control y trazabilidad siendo el punto de entrada de las órdenes de fabricación al sistema.

Aunque simple, es un panel que recogerá todos los datos necesarios para realizar una correcta gestión, como la fecha de entrada de un pedido, el número de pedido, el cliente que lo realiza, y la composición de este, es decir, los artículos pedidos y las unidades a fabricar de cada artículo.

También encontraremos una columna en la que marcaremos el estado del producto, que comprende las siguientes opciones: “Pendiente”, cuando todavía no ha pasado a convertirse en orden de fabricación; “En curso”, cuando ya ha pasado a cola de producción; “Producido”, indicando que se ha finalizado dicho producto, “Entregado”, que como su propio nombre indica muestra que ya ha sido llevado al cliente; y por último “Aplazado”, que recoge diversas casuísticas como que falta por concretar términos por parte del cliente como completar una carga completa para no pagar costes de transporte, o porque no hay capacidad de producción en un tiempo próximo.

Añadiremos también el precio de venta cerrado con el cliente, la fecha máxima de entrega acordada, la fecha real de entrega y el posible retraso en la misma. Estos datos nos

servirán después en otros módulos como el de facturación o el de visualización de resultados.

Finalmente, el esquema del módulo de “CONTROL” será el siguiente:

Fecha Pedido | Nº Ped. | C. cliente | C. artículo | Uds | Precio Venta | Estado | Fecha Acordada | Fecha entrega | Retrasos

5.5.2. Planificación

El módulo de planificación actúa como motor operativo en la empresa, realizando la planificación óptima de producción a través de la heurística de Palmer.

La herramienta de planificación tomará los datos necesarios tanto del módulo de control, como de los datos maestros de tiempos, permitiendo así agrupar la producción por loses de un mismo producto reduciendo los tiempos de preparación al alternar entre productos, como la preparación de módulos o plantillas para soldar o el movimiento de los materiales desde los almacenes a la estación de corte para preparar las piezas.

Actualizando la tabla de requerimientos de producción, de manera automática a través del uso de Palmer, el módulo nos aportará el orden óptimo de fabricación a seguir para que se reduzca al mínimo el *makespan*, el cual nos da una acertada previsión de tiempos finales de producción, pudiendo así prever si se van a cumplir los plazos de entrega, reasignando prioridades o avisando al cliente con antelación de los posibles retrasos en los que se va a incurrir.

En **L.R. JAVE**, los plazos habituales de entrega se encuentran entre una y dos semanas, por lo que, en general, la planificación de la producción se hará a semana vista, indicando la capacidad de producción que tendremos. Como detallamos antes esta capacidad semanal será de 175 horas-hombre y en el caso de que el *makespan* supere estas horas, saltará una alerta.

En el momento en el que salte la alerta, habrá que tomar una decisión, o bien aumentar la capacidad de trabajo a través de la realización de horas extra, o en su lugar aplazar los productos que tengan mayor holgura hasta la fecha de entrega, indicando su estado como “Aplazado” y saliendo en la siguiente orden de producción.

5.5.3. Hoja de trabajo.

Finalmente, cuando se cumple esta restricción, podremos formalizar la orden de trabajo generando un albarán de producción. En él, se recogerán los productos a fabricar, el orden a seguir y una serie de observaciones en el caso de que sea necesario.

Esta hoja de *Excel*, a través de una macro (Anexo 5) generará un PDF para imprimir y entregar al jefe de taller, quien repartirá las tareas a realizar entre los distintos operarios. A su vez, esta macro recogerá los materiales necesarios del BOM de cada producto y el precio medio de cada uno registrándolo en la hoja de “Producción Realizada” marcando el consumo de material y el coste al que sale.

A la hora de plantear las salidas de material, había que tomar la decisión de realizarlo cuando se manda fabricar un producto o al terminar de fabricarlo. Se optó por realizarlo al formalizar las órdenes de producción, para que de esta manera contemos con un mayor tiempo de reacción hasta que se produce pudiendo anticiparnos así a rupturas o necesidades de reposición.

5.6. GESTIÓN DE INVENTARIOS

Mantener una correcta gestión de inventarios en una empresa de las características de **L.R. JAVE**, es en esencia, mantener un perfecto equilibrio entre capacidad operativa y financiera.

Este módulo nos va a permitir controlar las entradas y salidas de materiales, registrar los niveles de stock en tiempo real y coordinarlo con la herramienta de comprar para generar alertas de reposición. Su correcta implantación permite que la empresa disponga siempre de los materiales necesarios sin incurrir en sobre stock o roturas, mejorando la visibilidad de los movimientos de inventario.

Es evidente que esta área funcional se apoyará constantemente en la ficha de materiales, en la cual como veíamos antes, tenemos todos los diversos materiales, con su stock actual y coste promedio.

5.6.1. Herramienta de compras

Realizar una correcta gestión de inventarios tiene como punto de partida utilizar establecer criterios sólidos de gestión, como son el EOQ dinámico o el método de lote fijo, explicados anteriormente. Esto facilita en gran medida crear una herramienta de compras que garantice la disponibilidad oportuna de todos los materiales necesarios en el proceso productivo.

Para el caso de los materiales a los que aplica el método EOQ dinámico, encontraremos una tabla de *Excel* con los diferentes materiales y su descripción, acompañados de todos los datos necesarios para calcular tanto los DDC actuales como la cantidad a reponer cuando sea necesario.

Estos datos, ubicados en columnas sucesivas son los siguientes:

- Coste de emisión: valor estimado de la emisión de un pedido de dicho material calculado en base a la experiencia.
- Coste de posesión: está aceptado establecer un porcentaje del precio de stock unitario como coste de posesión, el cual se suele encontrar entre el 15% y el 25%, en el caso de **L.R. JAVE**, aplicaremos un 20%.
- EOQ: que se va calculando de forma automática en base a las entradas, salidas y stock actual.
- Tiempo de suministro: no todos los materiales tienen el mismo tiempo de suministro puesto que algunos de ellos no siempre están disponibles y los proveedores pueden fluctuar el tiempo de entrega.

- Consumo diario: como expliqué anteriormente, calculamos el consumo diario como el consumo anual D, entre el número de días productivos del periodo.
- DDC actual: marcando los días de cobertura que tenemos actualmente en base al stock y el consumo diario de cada material.
- DDC min: con tres niveles de cobertura en función de la criticidad del material, marcamos el DDC min como punto de pedido.
- Reposición: en esta columna aparecerá la alerta de reposición de cada material cuando sea preciso.
- Cantidad a pedir: en caso de que en la columna anterior salte la alerta de reposición nos indica de nuevo el lote óptimo a pedir.

Por lo tanto, la estructura quedará de la siguiente manera:

C. Material | Descripción | Consumo Anual (D) | P. Unitario | Coste Emisión | Q* | T. Suministro | Consumo Diario | DDC act
| DDC min | Reposición | Cantidad a reponer

5.6.2. Registro de movimientos

Como hemos indicado antes, la salida de materiales por producción se realiza a la hora de lanzar una orden de producción, descontando la cantidad utilizada y aumentando el consumo de cada material utilizado.

En el caso de las entradas, encontramos un módulo en el cual marcamos la fecha de recepción, el material recibido, la cantidad y el importe. También anotaremos el código de proveedor al cual hemos realizado la compra y dejamos una columna para poder poner diferentes anotaciones.

Este módulo también nos permite realizar ajustes de inventario. Tras una revisión rutinaria que se realiza de manera semanal, podemos detectar discrepancias entre el stock físico real con los niveles registrados por la herramienta. De forma sencilla, podemos reajustar el stock indicando entradas positivas cuando haya más stock físico del registrado y entradas negativas cuando los niveles reales estén por debajo, siempre al precio medio actual para no variar las valoraciones.

Esto nos ayudará a detectar distintas situaciones, como materiales que no estén bien ajustado su consumo en los diferentes BOM o algunos que tengan un mayor desperdicio por los despuntes o el estado del material. También podremos realizar estas variaciones cuando un lote de material se haya dañado o perdido.

Los datos de este módulo se representarán de la siguiente manera:

Fecha | C. Material | Cantidad | Importe | C. Proveedor | Comentario

5.7. GESTIÓN ADMINISTRATIVA

En una PYME de las características de la empresa objeto de estudio, la realización de tareas administrativas como la facturación o el seguimiento de cobros, aunque necesarias,

no generan ventajas competitivas ni aportan valor para el cliente final. Por lo tanto, automatizar estos trabajos dentro de la herramienta es clave para disminuir la carga operativa evitando que el equipo desaproveche tiempo en procesos manuales y repetitivos que pueden ser aprovechados de forma más eficiente.

Digitalizando y vinculando estas tareas con otros módulos de la herramienta como el control de pedidos, mejoramos la trazabilidad, reducimos errores y liberamos tiempo que puede destinarse a actividades realmente estratégicas. Con la automatización de estos procesos, no solo mejoramos la eficiencia interna, si no que contribuimos también a realizar una gestión más ágil, ordenada y profesionalizada del negocio.

5.7.1. Facturación

Una de las tareas más repetitivas y que más carga administrativa suponen en la actualidad para **L.R. JAVE** es la facturación de los pedidos. Hasta ahora, a la hora de facturar se rellenaban todos los campos de forma manual, tanto los datos del cliente como los conceptos y precios de venta, con todos los posibles errores humanos que pueden tener lugar. Para evitarlo se ha decidido automatizar este proceso de la siguiente manera:

- Plantilla: se ha diseñado una plantilla en Excel en la cual, al introducir el número de pedido se auto completa con todos los datos fiscales del cliente y los productos solicitados.
- Modificación: en esta segunda fase nos permite realizar ajustes como modificar precios, aplicar descuentos o introducir nuevos conceptos, del estilo a costes por transporte, personalización de los productos, etc.
- Guardado: gracias a una macro (Anexo 5), tras presionar un botón, se guarda un PDF de la factura con el número que le corresponde en la carpeta seleccionada.
- Registro de pendiente de cobro: por último, esta misma macro registra el importe pendiente de cobro a dicho cliente en el módulo de la herramienta correspondiente que veremos a continuación.

De esta manera, en cuatro simples pasos podemos acelerar notablemente el proceso de facturación de pedidos, aliviando la carga de trabajo administrativo.

5.7.2. Registro de cobros

Como adelantaba en el apartado anterior, el siguiente paso tras realizar la factura es registrar el importe pendiente de cobro en su módulo correspondiente. En el podremos hacer un seguimiento de forma sencilla de las ventas pendientes de cobro.

Se le asociará el correspondiente número de factura, la fecha de facturación, el cliente y el importe gracias a la macro de facturación. Posteriormente, realizando un seguimiento rutinario se actualizará el estado (Pendiente o Pagado), la entidad en la que se recibe el cobro, la fecha y el modo de cobro.

Finalmente quedará de la siguiente forma:

Nº Fact | Fecha | C. Cliente | Nombre Cliente | Importe | Estado | Entidad | Fecha Cobro | Tipo Cobro

5.8. GESTIÓN COMERCIAL

Realizar una correcta gestión comercial es esencial para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento de cualquier empresa, ya que no solo se trata de vender productos si no forjar relaciones estables con los clientes, atendiendo a sus necesidades y ofreciendo un servicio profesional y coherente.

Realizar una correcta gestión comercial se basa en la toma de decisiones gracias a la visualización de datos: cuáles son los productos más vendidos donde se producen las mayores ventas o el estado del cobro de los pedidos. Al integrar esta información se optimizan esfuerzos y se mejora la coordinación en otras áreas como producción o finanzas, generando un modelo de gestión más eficiente y fiable.

Nos apoyaremos para ello en paneles de *Power BI* para visualizar de forma clara e intuitiva los datos clave del área, facilitando un control en tiempo real ágil y fundamentado, como se ve en la siguiente imagen:

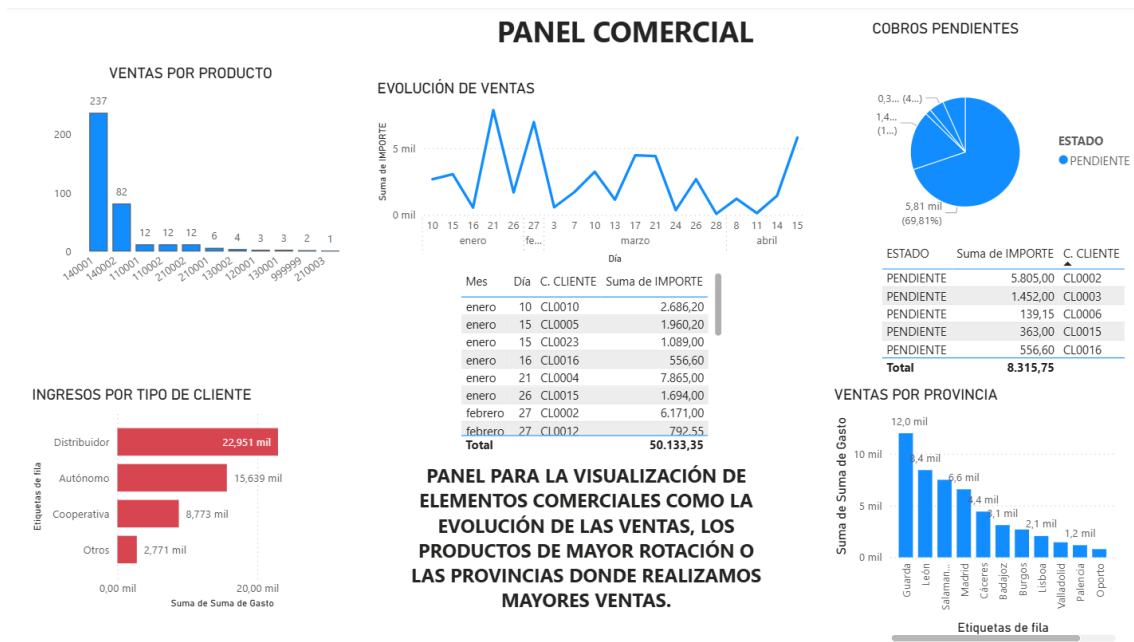


Ilustración 14.- Panel de gestión comercial desarrollado en Power BI. Elaboración propia.

CAPITULO VI - SIMULACIÓN DE PEDIDO

6.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, haremos el recorrido completo de un pedido a través de la herramienta desarrollada con el objetivo de comprobar de manera ágil y visual la utilidad real del sistema, conociendo su capacidad y eficiencia en la gestión. Partiremos de un pedido ficticio, que sea representativo de la actividad habitual de la empresa, donde podremos el foco en su evolución dentro del sistema pasando por las diversas áreas que lo integran, sirviendo como validación global de la herramienta.

6.2. PEDIDO INICIAL

La simulación contemplará un pedido realizado el 2 de abril por un cliente habitual, uno de nuestros distribuidores del que tenemos registrados los siguientes datos:

- Cliente: Agriguarda S.L.
- Código cliente: CL0002
- Tipo de cliente: Distribuidor
- Domicilio: C/ Joao Nº23, Guarda, Portugal
- Condiciones: Pago a 60 días, 10% de descuento en factura, portes fijos de 100€

Recibimos un pedido con la siguiente composición:

- Art. 110001 – Tolva paja estructural – 2 uds
- Art. 130002 – Manga manejo 4.5 mts - 1 uds
- Art. 140001 – Cañiza R5015 3x1.65 mts – 60 uds

A este distribuidor se le venden los productos a P.V.P. estándar y como comentábamos antes, en factura, se le realiza un descuento del 10%, por lo tanto, procedemos a introducir el pedido en la hoja de “CONTROL”, como podemos ver en la ilustración 7.

FECHA	Nº PEDIDO	C.CLIENTE	C. ARTÍCULO	CANTIDAD	PRECIO	ESTADO	F. ACORDADA	F. ENTREGA	RETRASO
02/04/2025	P0026	CL0002	110001	2	550,00 €	PENDIENTE	15/04/2025		0
02/04/2025	P0026	CL0002	130002	1	1.150,00 €	PENDIENTE	15/04/2025		0
02/04/2025	P0026	CL0002	140001	60	70,00 €	PENDIENTE	15/04/2025		0

Ilustración 15.- P0026 en hoja de Control. Elaboración propia

6.3. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Una vez se han registrado tanto este pedido como otros que se han ido recibiendo, procedemos a planificar su producción a través del módulo de “PLANIFICACIÓN”, en el cual, el primer paso es actualizar todos los artículos que están pendientes de producir, que lo realizamos a través de una tabla dinámica que toma los datos directamente de la hoja de “CONTROL”. Estos datos (ilustración 16) tomarán automáticamente los tiempos de producción por estación de la Ficha maestra de tiempos, que serán la base de los cálculos realizados por la heurística.

CAPITULO VI – SIMULACIÓN DE PEDIDO

PRODUCTO	Suma de CANTIDAD	T. Total Corte	T. Total Prep	T. Total Sold	T. Total Acaba	TOTAL
110001	9	9	4,5	63	9	85,5
210001	2	1,2	0,4	1,6	0,6	3,8
120001	7	7	14	22,4	7	50,4
110002	6	3	3	21	7,5	34,5
130001	2	10	4	20	4	38
140001	110	11	11	16,5	11	49,5
130002	2	12	4,4	24	6	46,4
140002	40	4	4	6	4	18
Total general	178					

Ilustración 16.- Productos pte. de producir. Elaboración propia.

De manera automática, esta hoja de planificación realizará los cálculos descritos por la heurística de Palmer, permitiendo calcular S1, S2 y su diferencia, S1-S2, dando a conocer cuál es el orden óptimo de fabricación y calculando el *makespan*, comparándolo con la capacidad actual del taller. Como podemos ver en la imagen X, el *makespan* es superior a la capacidad, por lo tanto, habrá que tomar una decisión, o reprogramar algún pedido aplazándolo o realizar horas extra para aumentar la capacidad.

HEURÍSTICA DE PALMER					CÁLCULO MAKESPAN					MAKESPAN	NO HAY CAPACIDAD SUFICIENTE
PRODUCTO	S1	S2	S1 - S2	ORDEN	PRODUCTO	CORTE	PREPARADO	SOLDADURA	ACABADO	192	
110001	99	157,5	-58,5	110001	110001	9	13,5	76,5	85,5	175	
210001	6	5,4	0,6	110002	110002	10,2	13,9	78,1	86,1		
120001	71,4	79,8	-8,4	120001	120001	17,2	31,2	100,5	107,5		
110002	36	67,5	-31,5	140001	140001	20,2	34,2	121,5	129		
130001	58	56	2	140002	140002	30,2	38,2	141,5	145,5		
140001	71,5	77	-5,5	130002	130002	41,2	52,2	158	169		
130002	68,8	70,4	-1,6	210001	210001	53,2	57,6	182	188		
140002	26	28	-2	130001	130001	57,2	61,6	188	192		

Ilustración 17.- Heurística de palmer y Cálculo de Makespan. Elaboración propia

En este caso, revisando la hoja de control, encontramos un pedido cuya fecha acordada de entrega supera las dos semanas, por lo tanto, se puede aplazar, modificando el estado en el panel de control, teniendo plazo suficiente para incluirlo en la siguiente planificación sin incurrir en retrasos en la entrega, como vemos en la ilustración 10:

FECHA	Nº PEDIDO	C.CLIENTE	C. ARTÍCULO	CANTIDAD	PRECIO	ESTADO	F. ACORDADA	F. ENTREGA	RETRASO:
03/04/2025	P0027	CL0015	130002	1	1.150,00 €	APLAZADO	24/04/2025		0
03/04/2025	P0027	CL0015	140002	40	60,00 €	APLAZADO	24/04/2024		0

Ilustración 18.- Pedido aplazado. Elaboración propia.

En este momento, de manera sencilla, volviendo a actualizar la tabla de pendientes, podemos replanificar la producción y volver a calcular el *makespan*, que en este caso ya no supera la capacidad máxima, por lo tanto, hemos encontrado ya el orden óptimo de producción (ilustración 19) que se ajusta a las restricciones del sistema

CAPITULO VI – SIMULACIÓN DE PEDIDO

HEURÍSTICA DE PALMER					CÁLCULO MAKESPAN					MAKESPAN
PRODUCTO	S1	S2	S1 - S2	ORDEN	PRODUCTO	CORTE	PREPARADO	SOLDADURA	ACABADO	173
110001	99	157,5	-58,5	110001	110001	9	13,5	76,5	85,5	175
210001	6	5,4	0,6	110002	110002	10,2	13,9	78,1	86,1	
120001	71,4	79,8	-8,4	120001	120001	17,2	31,2	100,5	107,5	
110002	36	67,5	-31,5	140001	140001	20,2	34,2	121,5	129	
130001	58	56	2	130002	130002	30,2	38,2	141,5	145,5	
140001	71,5	77	-5,5	210001	210001	41,2	52,2	158	169	
130002	34,4	35,2	-0,8	130001	130001	47,2	54,4	170	173	

Ilustración 19.- Orden óptimo de producción. Elaboración propia.

Una vez hemos conseguido seleccionar los productos que se van a producir en esta semana, podemos preparar la hoja de trabajo (Anexo 3), esta se entregará al jefe de taller y será quien tome la decisión de cómo repartir las tareas entre los distintos operarios.

Con la macro presente en la hoja de control podemos guardar tanto la hoja de trabajo como la producción realizada, teniendo en cuenta el material que se va a utilizar y descontándolo del stock permitiendo adelantarnos a futuras demandas.

Este consumo se guardará en el módulo “PRODUCCIÓN_REALIZADA”, el cual sirve para marcar las salidas de material (ilustración 20). Gracias a él, la herramienta es capaz de llevar un control de los consumos de cada material, registrando el precio medio de stock en el momento de producción, viendo su evolución.

CAPITULO VI – SIMULACIÓN DE PEDIDO

FECHA	C. PRODUCTO	UDS	C. MATERIA	N.U.	CONSUMO	P.M. STOC	COSTE
04/04/2025	110001	9	T404030	32	288	1,23 €	353,92 €
04/04/2025	110001	9	R4015	9,9	89,1	0,79 €	70,16 €
04/04/2025	110001	9	CHN20	7,45	67,05	3,52 €	236,17 €
04/04/2025	110002	6	R3015	12,9	77,4	0,60 €	46,46 €
04/04/2025	110002	6	R6030	9,9	59,4	0,94 €	55,77 €
04/04/2025	110002	6	CHN15	5,94	35,64	1,14 €	40,78 €
04/04/2025	110002	6	PLT4040	1,32	7,92	1,40 €	11,12 €
04/04/2025	120001	7	A404040	6,6	46,2	2,84 €	131,15 €
04/04/2025	120001	7	CHN15	5,5	38,5	1,43 €	55,21 €
04/04/2025	120001	7	CHMO05	2,75	19,25	2,81 €	54,18 €
04/04/2025	120001	7	PLT4040	0,66	4,62	2,32 €	10,70 €
04/04/2025	120001	7	R3030	22,2	155,4	0,89 €	137,98 €
04/04/2025	120001	7	R3015	15,45	108,15	0,68 €	73,57 €
04/04/2025	120001	7	PM0001	12	84	0,29 €	24,72 €
04/04/2025	120001	7	PM0005	12	84	0,30 €	25,53 €
04/04/2025	140001	110	R5015	23,1	2541	0,78 €	1.980,60 €
04/04/2025	140001	110	R6030	0,198	21,78	1,22 €	26,58 €
04/04/2025	140001	110	PLT2030	3,08	338,8	0,90 €	304,33 €
04/04/2025	140001	110	M20	0,242	26,62	1,36 €	36,28 €
04/04/2025	130002	1	PM0009	4	4	1,22 €	4,88 €
04/04/2025	130002	1	R5020	71,775	71,775	0,70 €	49,91 €
04/04/2025	130002	1	T505020	20,02	20,02	1,05 €	21,09 €
04/04/2025	130002	1	T404020	5,83	5,83	0,72 €	4,22 €
04/04/2025	130002	1	CHN10	6,765	6,765	3,49 €	23,59 €
04/04/2025	130002	1	R3030	2,64	2,64	1,19 €	3,15 €
04/04/2025	130002	1	UPN60	0,88	0,88	2,62 €	2,31 €
04/04/2025	130002	1	PM0014	2	2	4,66 €	9,31 €
04/04/2025	130002	1	PM0009	4	4	1,34 €	5,37 €
04/04/2025	210001	2	CHN10	2,64	5,28	3,82 €	20,16 €
04/04/2025	210001	2	T202015	6,82	13,64	0,41 €	5,59 €
04/04/2025	210001	2	M8	9,02	18,04	0,33 €	5,94 €
04/04/2025	210001	2	PLT2030	0,264	0,528	4,47 €	2,36 €
04/04/2025	210001	2	PM0003	12	24	0,69 €	16,55 €
04/04/2025	130001	2	R5020	47,85	95,7	0,72 €	68,53 €
04/04/2025	130001	2	T505020	14,96	29,92	1,17 €	35,12 €
04/04/2025	130001	2	T404020	5,83	11,66	0,73 €	8,53 €
04/04/2025	130001	2	CHN10	6,765	13,53	4,13 €	55,81 €
04/04/2025	130001	2	R3030	2,64	5,28	1,20 €	6,34 €
04/04/2025	130001	2	UPN60	0,88	1,76	2,70 €	4,75 €
04/04/2025	130001	2	PM0014	2	4	5,43 €	21,73 €

Ilustración 20.- Registro de producción realizada y salida de material. Elaboración propia.

6.4. REVISIÓN DE STOCK

Una vez se lanza la orden de producción y se registran las salidas de materiales es momento de realizar una revisión del stock. Situándonos en el módulo de compras, encontramos a simple vista gracias a las alertas programadas, los diferentes materiales que han caído por debajo de los días de cobertura mínimos en el caso de los aceros o del stock mínimo en el caso de los pequeños materiales.

Una vez hemos efectuado la formalización de la producción de la semana 15, encontramos que el R5015 (tubo redondo Ø50 de 1.5mm de espeso), tiene un DDC de 5,94 días, con un DDC min de 20, por lo tanto, la herramienta de compras solicita la reposición

CAPITULO VI - SIMULACIÓN DE PEDIDO

con una cantidad que se ajusta al lote óptimo de la fórmula de Wilson teniendo en cuenta las condiciones actuales. En este caso, como vemos en la ilustración 21, el lote a pedir sería de 762,81 mts.

DDC ACTUAL	DDC min	Reposició	Cantidad
5,945848375	20	SI	762,8062

Ilustración 21.- Alerta de material a reponer. Elaboración propia.

Por lo tanto, se procederá a realizar la compra, comparando precios de los proveedores y cerrando la operación con el que ofrezca mejores condiciones, tanto de precio como de entrega o condiciones de pago.

En el caso de los pequeños materiales, sobre los que se realiza también un seguimiento. Como se explicaba en el capítulo III, seguimos un modelo de gestión de inventarios de lote fijo para este tipo de materiales, basado principalmente en el formato habitual de venta.

En este momento, al revisar estos materiales, encontramos que el código PM0014 (Colgadero R-2) tiene un stock de 4 unidades, con un stock mínimo marcado en 6, por lo que se procede a realizar la compra de 18 unidades más, puesto que es su lote marcado de reposición, como se ve en la ilustración 22.

C. MATERIAL	DESCRIPCIÓN	STOCK ACTUAL	PRECIO UNITARIO	STOCK MIN	LOTE	LOTE REPOSICIÓN	REPONER
PM0001	Tornillo Hexagonal 30x10 (8-8)	108	0,523148148	50	100	200	
PM0002	Tornillo Hexagonal 70x10 (8-8)	96	0,8359375	50	100	200	
PM0003	Autotaladrante 4,8x19	190	0,776842105	100	250	250	
PM0004	Autotaladrante 5,5x32	320	0,3771875	100	250	250	
PM0005	Tuerca Hexagonal M10	168	0,455952381	80	120	240	
PM0006	Pernio-Pala 20x120x5	36	1,333333333	20	24	48	
PM0007	Pernio-Pala 30x150x6	40	1,35	20	24	48	
PM0008	Bisagra Libro 80	60	1,046666667	20	24	48	
PM0009	Bisagra libro 100	36	1,491666667	20	24	48	
PM0010	Bisagra macho M-10	40	1,31	20	24	48	
PM0011	Bisagra Hembra H-5	54	1,296296296	20	24	48	
PM0012	Cerrojo 85 mm	30	1,214	12	12	36	
PM0013	Cierre muelle T8	30	1,383333333	12	12	36	
PM0014	Colgadero R-2	4	16,3	6	6	18	18
PM0015	Pasador Anilla 8 mm	120	0,253333333	100	200	200	

Ilustración 22.- Panel de compras de pequeños materiales. Elaboración propia.

Días más tarde, se recibe la mercancía y se da la entrada al material en el módulo "ENTRADA_MATERIAL". En él, como se muestra en la ilustración 23, registramos la fecha, cantidad recibida, importe y proveedor, actualizándose la base de datos.

FECHA	C. MATERI	CANTIDAD	IMPORTE	C.PROVEEDOR	COMENTARIO
07/04/2025	PM0014	18	60,78	PR001	COMPRA PM 07/04/25
10/04/2025	R5015	800	184,12	PR009	REPOSICIÓN 10/04/25

Ilustración 23.- Entrada de material. Elaboración propia.

6.5. FACTURACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL COBRO

Durante la semana, el sistema permite realizar un seguimiento del estado de los productos A medida que estos se van finalizando, se procede a organizar las cargas atendiendo al volumen de carga y las rutas específicas que permiten juntar los pedidos de distintos clientes reduciendo los costes de transporte.

En el caso del pedido simulado, cuando se finaliza la producción del último producto asociado, se procede a su carga y entrega al cliente, momento en el cuál procedemos a facturar el pedido.

En este momento, en el módulo de “FACTURACIÓN”, con tan solo indicar el número de pedido en la plantilla esta se completará automáticamente con los productos, unidades y precios cerrados, además de todos los datos ficales del cliente para realizarle la factura. Sin embargo, tendremos ocasión de realizar modificaciones.

El cliente CL0002 tiene una serie de condiciones especiales. Al ser operador intracomunitario con domicilio fiscal en Portugal el I.V.A. será de un 0%. También hay que tener en cuenta el descuento acordado de un 10% en factura y los portes fijos de 100€ por entrega en sus instalaciones. Procedemos entonces especificar estos detalles como se ve en la ilustración 24, pudiendo guardar la factura gracias a la macro desarrollada.

999999	COSTE TRANSPORTE		1	100,00 €	100,00 €
TOTAL BRUTO	DESCUENTO	IVA			TOTAL
6.450,00 €	10%	BASE	%	IMPORTE	R.E.
		5.805,00 €	10	580,50 €	
					6.385,50 €

Ilustración 24.- Modificación de condiciones en factura. Elaboración propia.

La macro de este módulo no solo permite guardar la factura en formato PDF (Anexo 4), sino que también registra el pendiente de cobro asociado al código de cliente (ilustración 25) y las ventas (ilustración 26), para su posterior seguimiento y análisis en sus respectivos apartados.

Nº FACI	FECHA	C. CLIENTE	NOMBRE CLIENTE	IMPORT	ESTADO	ENTIDAD	FECHA COBRO	TIPO COBRO
22	15/04/2025	CL0002	AGRIGUARDA S.L.	6385,5	PENDIENTE			

Ilustración 25.- Registro pendiente de cobro. Elaboración propia.

FECHA	Nº PEDIDO	C. CLIENTE	T. CLIENTE	PROVINCIA	C. PRODUCTO	FAMILIA	SUBFAMILIA	UDS	P.N. VENT	IMPORTE
15/04/2025	P0026	CL0002	AGRIGUARDA	Guarda	110001	Vacuno	Comedero	2	550	1100
15/04/2025	P0026	CL0002	AGRIGUARDA	Guarda	130002	Vacuno	Manga	1	1150	1150
15/04/2025	P0026	CL0002	AGRIGUARDA	Guarda	140001	Vacuno	Cañiza	60	70	4200
15/04/2025	P0026	CL0002	AGRIGUARDA	Guarda	999999	Otros	Otros	1	100	100

Ilustración 26.- Registro ventas por producto. Elaboración propia.

CAPITULO VII - LÍNEAS DE MEJORA

7.1. INTRODUCCIÓN

Una vez desarrollada y validada la herramienta, resulta imprescindible hacer un trabajo de visión crítica y proactiva que nos permita detectar posibles mejoras futuras. Lejos de considerar la herramienta como una solución cerrada y definitiva, este capítulo plantea una serie de líneas de mejora orientada a potenciar su valor estratégico para la empresa.

7.2. MEJORA DE LA INTERFAZ VISUAL Y EXPERIENCIA DE USUARIO.

A pesar de que la herramienta desarrollada ha demostrado ser fiable, funcional y estar suficientemente cumplimentada en sus módulos, una línea de mejora evidente es realizar una optimización sobre el diseño visual y la interfaz con el objetivo de hacerlo más intuitivo, agradable y accesible para cualquier perfil dentro de la empresa.

Aunque la herramienta cumple perfectamente con su función operativa, realizar esta mejora facilita su adopción por parte de todos los usuarios, especialmente para aquellos que están menos familiarizados con las herramientas digitales, reduciendo notablemente la curva de aprendizaje.

Algunas de las mejoras concretas son las siguientes:

- Agrupar acciones comunes mediante el uso de botones de navegación rápida que permitan movernos fácilmente entre los distintos módulos de manera intuitiva.
- Aplicar una paleta de colores corporativa, mejorando la coherencia visual y facilita la lectura.
- Crear un panel de entrada personalizado en el que cada usuario acceda a los módulos que son de su interés. Por ejemplo, el jefe de taller puede acceder a el módulo de inventario o planificación, pero no tiene por qué acceder a los módulos de facturación o registro de cobros.

En el contexto en el que nos movemos, donde una pequeña empresa familiar está dando el paso hacia la transformación digital, tener a su disposición de una herramienta no solo funcional, sino también accesible y amigable, facilita su consolidación como sistema de referencia. También favorece su uso por distintos perfiles dentro de la empresa, desde operarios hasta dirección, sin necesidad de una formación técnica muy avanzada.

7.3. SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL Y DIGITALIZACIÓN DE TAREAS POR OPERARIO

Una primera línea de mejora, ambiciosa pero clave, para incrementar la trazabilidad y seguimiento del estado de los productos es realizar una asignación individualizada de tareas a cada operario, basada en su eficiencia histórica por tipo de operación. Esta asignación se integraría dentro de un diagrama de Gantt individualizado, generado automáticamente al planificar la producción semanal.

Entregando un dispositivo móvil o PDA en el que recibiría la secuencia de tareas diarias o semanales, visualizando los siguientes datos:

- Código y descripción del producto.
- Operación asignada y descripción.
- Tiempo estándar previsto.

Tendríamos la oportunidad de implementar un botón de “Inicio” en el dispositivo, que una vez pulsado active un cronómetro hasta al pulsar un botón de “Finalizada”, registrando:

- Medir el tiempo real invertido por operación y operario.
- Realizar una comparación con los tiempos estándar predefinidos.
- Calcular ratios de eficiencia por producto, operario o fase.
- Detectar cuellos de botella en la línea productiva.

Aportaría múltiples ventajas como poder hacer planificaciones más alineadas con la realidad operativa y conocer el rendimiento real de cada trabajador, incrementar notablemente la trazabilidad y el control de la planta sin incluir datos manualmente disminuyendo así notablemente el trabajo administrativo y finalmente tener una base sólida para la detección objetiva de oportunidades de mejora operativa.

Para una empresa como **L. R. JAVE** es realmente adecuada esta mejora debida a su condición de modelo productivo MTO, donde es primordial gozar de suficiente flexibilidad operativa visibilizando los progresos fundamentales. Esta solución permitiría a la dirección poseer un panel diario o semanal de la situación de la planta, y al jefe de taller, una gestión directa sobre el avance de cada operario.

7.4. IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE SEGUIMIENTO COMERCIAL

En la actualidad, los pedidos llegan de forma directa por parte de los clientes y en su mayoría tras la atención de consultas telefónicas, lo cual hace difícil el registro de las interacciones. La incorporación de un módulo de seguimiento comercial permitiría profesionalizar la gestión de clientes, generando mayores oportunidades de venta y acciones de fidelización.

Este pequeño CRM se integraría en la herramienta creando un panel específico en el que se recogerían:

- Historial de contacto con el cliente: Llamadas, visitas, correos electrónicos, etc.
- Oportunidades abiertas: Pedidos pendientes de confirmar.
- Descuentos personalizados o condiciones comerciales especiales.
- Estado de satisfacción y registro de incidencias.

Esta implementación supondría un incremento notable en la profesionalización del área comercial, realizando un seguimiento proactivo de los clientes permitiendo aumentar la tasa de fidelización y el ticket promedio por cliente.

Ahora que la relación con los clientes es estable pero informal, este módulo permitiría estructurar mejor el trato comercial, desaprovechando menos oportunidades de formalizar

una venta y creando relaciones estables a largo plazo. Además, serviría para justificar acciones comerciales futuras o promociones apoyándonos en datos objetivos.

7.5. CONEXIÓN HERRAMIENTA-PÁGINA WEB

Otro plan de desarrollo con un alto valor estratégico para la empresa objeto de estudio es realizar una conexión de la herramienta con la página web de la empresa, dando la posibilidad a los clientes de acceder a un portal personalizado donde consultar, en tiempo real el estado de sus pedidos. Mejora sustancialmente la experiencia del cliente, disminuyendo las interacciones con el mismo para realizar consultas.

El cliente, mediante su código de cliente que servirá de usuario y una contraseña segura, tendrá acceso al portal B2C, donde encontrará:

- Pedidos activos, con detalle de cada referencia y cantidades.
- Estado actualizado de cada producto, con códigos visuales:
 - o “Pendiente de fabricar”
 - o “En curso”
 - o “Producido”
 - o “En reparto”
 - o “Entregado”
- Historial de pedidos anteriores, con posibilidad de descargar las facturas o consultar condiciones anteriores.



Ilustración 27.- Representación visual del estado del pedido. Elaboración propia.

La página web estaría conectada directamente con el módulo de “CONTROL”, permitiendo actualizar automáticamente los estados en la web sin intervención manual.

Además, esta función no será meramente informativa, sino que también tendrá una importante relevancia comercial, convirtiéndose en un nuevo punto de contacto. Integrando elementos con el módulo de seguimiento comercial planteado anteriormente, se pueden aplicar diferentes estrategias de fidelización como:

CAPITULO VII – LÍNEAS DE MEJORA

- Bonificaciones y saldo: Aplicar un porcentaje del importe de pedido como saldo para futuras compras, el cual tendrá una caducidad limitada incentivando a la recompra,
- Promociones especiales: En caso de que un producto o material específico haya frenado notablemente la rotación, se pueden realizar promociones especiales en base al histórico de compras de cada cliente, consiguiendo así reposicionar un producto en el mercado.
- Comunicaciones automáticas y personalizadas: El envío de comunicaciones a medida de manera automatizada utilizando datos que ya gestiona el sistema, refuerza el vínculo emocional y comercial con el cliente, generando cercanía, confianza y percepción de seguimiento activo.

Este tipo de funcionalidades permitiría a **L.R. JAVE** establecer una ventaja competitiva diferenciándose en un sector tradicional, aplicando prácticas digitales sin perder su esencia familiar y cercana.

CAPITULO VIII – ESTUDIO ECONÓMICO

8.1. INTRODUCCIÓN

Realizar el desarrollo de una herramienta de gestión personalizada, como la diseñada en este proyecto, conlleva una serie de gastos, ya sea en consumo de tiempo, recursos técnicos o aplicación de conocimientos. Aunque el presente trabajo se realice dentro de un contexto académico, resulta de interés estimar los costes reales que habría supuesto su ejecución en un entorno profesional, comparándolo con un encargo a un consultor externo o ingeniero freelance. Este análisis sirve para valorar adecuadamente el esfuerzo realizado, así como para poner en contexto el ahorro que representa para la empresa contar con una solución de estas características sin haber incurrido en costes directos de contratación o licencias comerciales.

8.2. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS

Para poder determinar el coste total del proyecto, es necesario estimar de manera detallada el tiempo invertido en cada una de las fases del desarrollo. Este tiempo incluye tanto tareas técnicas como de análisis, validación y documentación. A continuación, se presenta el desglose por bloques de trabajo:

- Búsqueda de información técnica y contextual:
Se han invertido aproximadamente un total de 30 horas para revisar bibliografía especializada, documentación técnica, información sobre casos reales de implantación y recursos digitales relacionados con Excel y Power BI.
- Diseño estructural de la herramienta:
Desde el diseño inicial, que incluyó la definición de los distintos módulos, la organización de las distintas hojas hasta la aplicación de lógica, se han invertido unas 20 horas de trabajo.
- Diseño técnico en Excel y automatización:
La elaboración de la herramienta principal, incluyendo fórmulas, validaciones, estructuras de datos, así como el desarrollo y depuración de macros en VBA, ha supuesto un total de 70 horas.
- Implementación de informes en Power BI:
La conexión de datos desde el fichero Excel, el modelado de relaciones y la creación de los paneles visuales ha requerido un total de 10 horas adicionales.
- Simulaciones, pruebas funcionales y ajustes:
Se han dedicado aproximadamente 25 horas para la realización de diversas simulaciones de pedidos, detección de errores y depuración del sistema.
- Redacción y documentación:
Por último, se estiman un total de 30 horas para la documentación del funcionamiento de la herramienta, la descripción de los diversos apartados y la preparación de elementos visuales y funcionales.

En total, el proyecto ha requerido una dedicación aproximada de 185 horas de trabajo efectivo, repartidas entre análisis desarrollo y validación, como se resume en la siguiente tabla:

BLOQUE	ACTIVIDAD	HORAS
Análisis	Búsqueda de información técnica y contextual	30
Diseño	Estructura y lógica de la herramienta	20
	Diseño técnico y automatización	70
	Desarrollo de paneles en Power BI	10
Validación	Simulación y pruebas funcionales	25
Documentación	Redacción del funcionamiento	30
	TOTAL	185

Tabla 12.- Tiempos por bloque de trabajo. Elaboración propia

8.3. VALORACIÓN ECONÓMICA

Una vez hemos realizado la estimación de horas dedicadas al desarrollo del sistema, se puede calcular su coste económico simulado. Para ello, se ha asignado un valor de referencia de 25 euros por hora de trabajo, correspondiéndose a una tarifa aproximada de un ingeniero junior o técnico freelance en sus primeras etapas profesionales.

A esto hay que añadir el coste proporcional de los recursos técnicos utilizados durante la elaboración del proyecto, donde encontramos los siguientes conceptos:

- Amortización del equipo informático: se ha utilizado un ordenador portátil, valorado aproximadamente en 1.000€, con una vida útil de 3 años. Considerando que el uso dedicado al proyecto representa aproximadamente un 15% del total anual.
- Coste de licencias de software: a pesar de que el proyecto se ha realizado con licencias académicas, podemos aplicar el coste proporcional.
- Recursos auxiliares: se asignará una cuantía simbólica donde se recogerán una serie de conceptos como el pago de internet, material de oficina o almacenamiento en la nube.

El resumen total del coste estimado se recoge en la siguiente tabla X:

CONCEPTO	COSTE
Trabajo técnico (185h x 25€)	4.625,00 €
Amortización de equipos	50,00 €
Licencia de software (Office 365)	65,00 €
Recursos auxiliares	25,00 €
TOTAL	4.765,00 €

Tabla 13.- Costes de elaboración. Elaboración propia

8.4. COMPARATIVA CON SOLUCIONES COMERCIALES

Para valorar adecuadamente el alcance económico del sistema desarrollado, es muy útil realizar una comparativa con el coste aproximado que supondría implantar una solución comercial. Aunque existen múltiples opciones en el mercado, la mayoría de las plataformas reconocidas presentan un esquema de costes que incluye:

- Licencia mensual por usuario: se mueve dentro de los 30 hasta 90€ por usuario dependiendo del número de funcionalidades contratadas.
- Coste de implantación inicial: aunque algunas de las opciones ofrezcan dentro de la tarifa estos servicios, usualmente se requiere de una consultoría técnica que adapte el sistema a los procesos de la empresa, con un coste que oscila entre los 3.000€ y los 5.000€ dependiendo de la complejidad.
- Formación del personal: entre 500€ y 1.500€ asociados a las horas perdidas de trabajo productivo por la realización de la formación.
- Coste de mantenimiento y soporte: en muchos casos se factura de manera anual un porcentaje del coste asociado a la licencia o una tarifa fija por asistencia técnica y actualizaciones, que valoraremos en 150€.

De todo ello se concluye que, el mínimo coste estimado a la implementación de una solución ERP comercial, donde incluyamos puesta en marcha, formación y uso durante el primer año puede situarse fácilmente entre 3.500€ y 8.000€ solo en el primer año, sin contar con los costes indirectos por interrupciones, curva de aprendizaje o personal adicional requerido.

Frente a ello, la herramienta desarrollada, con una inversión simulada de poco más de 4.750€, con una mayor inversión inicial, pero con escasos costes recurrentes representa una alternativa más accesible para pequeñas organizaciones. Además, está adaptada desde su origen a la operativa real, evitando procesos complejos de parametrización y mejorando la aceptación por parte de los usuarios.

CAPITULO IX - CONCLUSIONES

9.1. CONCLUSIONES

Pese al avance generalizado en la digitalización empresarial, la mayoría de pequeñas y medianas empresas hoy en día siguen sin tener un acceso real a herramientas de software de gestión. Las barreras de entrada son múltiples: limitaciones económicas, falta de tiempo operativo para realizar la implementación de soluciones complejas o simplemente carencias formativas, tanto en responsables como en los operarios.

En estos contextos, adoptar herramientas digitales o sistemas de información sigue siendo una meta lejana, ya que la prioridad máxima es mantener el negocio en funcionamiento día a día. A pesar de ello, esta realidad no debe tomarse como una imposibilidad, sino más bien como el punto de partida para buscar soluciones realistas, adaptadas y acordes con las necesidades de cada organización.

El desarrollo de un sistema de gestión que se adapta a las necesidades de una empresa familiar del sector industrial ha hecho posible avanzar de manera significativa hacia la mejora de los procesos operativos y su digitalización. En el proyecto se han abordado de forma integral diversas áreas funcionales, detectando sus puntos clave y logrando una herramienta funcional, flexible y alineada con la operativa real de la organización.

Podemos destacar, dentro de los logros conseguidos, la posibilidad de realizar un seguimiento riguroso del inventario, práctica que hasta la fecha era inexistente y que ahora va a evitar tanto roturas de stock como excesos innecesarios, con el consiguiente impacto positivo tanto en disponibilidad como en flujo de caja. Asimismo, se ha conseguido un significativo ahorro de tiempo administrativo en tareas como la emisión de facturas, el registro de ventas o el control de cobros, procesos que anteriormente se limitaban a una realización manual y dispersa.

Sin embargo, es imprescindible señalar también algunas limitaciones inherentes al enfoque adoptado. La herramienta opera íntegramente en el entorno local, lo que causa una falta de acceso online y multiusuario, restringiendo así su escalabilidad. Además, la dependencia de personal familiarizado con el sistema dificulta su mantenimiento o traspaso en contextos de rotación de personal o crecimiento de la plantilla.

Pese a estas limitaciones, se concluye que este tipo de soluciones representan un punto de partida realista, capaz de conseguir la transformación digital de pequeñas organizaciones. Más allá de capacidades o especificaciones técnicas, lo relevante ha sido su alineación con los procesos reales de la empresa, su impacto directo en la mejora de la eficiencia operativa y su elevado potencial de evolución continua.

El proyecto desarrollado no debe considerarse un sistema cerrado u estanco, sino un instrumento vivo que requerirá mantenimiento, revisión periódica y adaptaciones a medida que el entorno y la organización evolucionen.

Otro punto reseñable es la capacidad de adaptación que presenta el sistema, puesto que permite reajustar de manera sencilla tanto los tiempos estándar por operación como las necesidades de material de cada producto en caso de que hubiera avances en la estandarización de la producción o se realizara un rediseño de producto.

ANEXOS

Anexo 1

A continuación, se encuentra la macro desarrollada para la elaboración y guardado de las hojas de trabajo en formato PDF, como el registro de la producción realizada marcando las salidas de material.

Sub RegistrarProduccionDesdeHojaTrabajo()

Dim wsTrabajo As Worksheet

Dim wsSalida As Worksheet

Dim wsBOM As Worksheet

Dim wbBOM As Workbook

Dim rutaBOM As String

Dim ultimaFilaTrabajo As Long, ultimaFilaSalida As Long

Dim fila As Long, i As Long

Dim producto As String

Dim cantidad As Double

Dim fechaProduccion As String

Dim codMaterial As String

Dim cantPorUnidad As Double

Dim cantidadTotalMaterial As Double

Dim precioMedio As Variant

Dim nombrePDF As String

Dim carpetaDestino As String

Dim fechaHora As String

Dim nombreBase As String

' Definir hojas del libro actual

Set wsTrabajo = ThisWorkbook.Sheets("HOJA TRABAJO")

Set wsSalida = ThisWorkbook.Sheets("PRODUCCION_REALIZADA")

' Ruta del archivo externo con la hoja BOM

rutaBOM = "C:\Users\Raul\OneDrive\Desktop\TFG\DATA_LR_JAVE.xlsx"

ANEXOS

```
' Intentar conectar si ya está abierto
On Error Resume Next
Set wbBOM = Workbooks("DATA_LR_JAVE.xlsx")
On Error GoTo 0

If wbBOM Is Nothing Then
    Set wbBOM = Workbooks.Open(rutaBOM)
End If

Set wsBOM = wbBOM.Sheets("BOM")

' Fecha de producción desde celda C2
fechaProduccion = wsTrabajo.Range("C2").Value

' Última fila con productos
ultimaFilaTrabajo = wsTrabajo.Cells(wsTrabajo.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row

' Recorrer productos desde fila 5
For fila = 5 To ultimaFilaTrabajo
    producto = Trim(wsTrabajo.Cells(fila, 2).Value) ' Columna B
    If producto <> "" Then

        ' Validar cantidad
        If IsNumeric(wsTrabajo.Cells(fila, 4).Value) Then ' Columna D
            cantidad = wsTrabajo.Cells(fila, 4).Value
        Else
            MsgBox "La cantidad en la fila " & fila & " no es numérica. Revisa la hoja HOJA
TRABAJO.", vbExclamation
        End If
    End If

    ' Buscar materiales en el BOM
    For i = 2 To wsBOM.Cells(wsBOM.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row
```

ANEXOS

```
If Trim(wsBOM.Cells(i, 1).Value) = producto Then
    codMaterial = wsBOM.Cells(i, 2).Value
    cantPorUnidad = wsBOM.Cells(i, 3).Value
    cantidadTotalMaterial = cantPorUnidad * cantidad
    precioMedio = wsBOM.Cells(i, 4).Value

    ' Buscar primera fila vacía en PRODUCCION_REALIZADA
    ultimaFilaSalida = 2
    Do While wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 1).Value <> "" Or _
        wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 2).Value <> "" Or _
        wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 3).Value <> ""
        ultimaFilaSalida = ultimaFilaSalida + 1
    Loop

    ' Registrar en hoja de producción realizada
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 1).Value = fechaProduccion
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 2).Value = producto
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 3).Value = cantidad
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 4).Value = codMaterial
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 5).Value = cantPorUnidad
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 6).Value = cantidadTotalMaterial
    wsSalida.Cells(ultimaFilaSalida, 7).Value = precioMedio

    End If
Next i

End If

Next fila

' --- Exportar hoja HOJA TRABAJO como PDF ---
carpetaDestino = "C:\Users\Raúl\OneDrive\Desktop\TFG\ORDENES_PRODUCCION\"
Ruta EXISTENTE esperada

' Verificar que la carpeta ya existe
If Dir(carpetaDestino, vbDirectory) = "" Then
```

ANEXOS

```
MsgBox "La carpeta de destino no existe: " & carpetaDestino, vbCritical
Exit Sub
End If

' Obtener nombre base desde A1 y limpiar caracteres inválidos
nombreBase = Replace(wsTrabajo.Range("A1").Value, "\", "_")
nombreBase = Replace(nombreBase, "/", "_")
nombreBase = Replace(nombreBase, ":", "-")
nombreBase = Replace(nombreBase, "*", "-")
nombreBase = Replace(nombreBase, "?", "")
nombreBase = Replace(nombreBase, "''''", "")
nombreBase = Replace(nombreBase, "<", "")
nombreBase = Replace(nombreBase, ">", "")
nombreBase = Replace(nombreBase, "|", "")

nombrePDF = carpetaDestino & nombreBase & ".pdf"

' Guardar hoja como PDF
wsTrabajo.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:=nombrePDF,
Quality:=xlQualityStandard

MsgBox "Producción registrada correctamente y hoja HOJA TRABAJO guardada como
PDF.", vbInformation

End Sub
```

Anexo 2

A continuación, se encuentra la macro desarrollada para la facturación, que permite tanto guardar las facturas en formato PDF, como registrar el pendiente de cobro y las ventas en sus correspondientes módulos.

Sub GuardarFacturaComoPDFyRegistrar()

Dim wsFactura As Worksheet

Dim wsCobros As Worksheet

Dim wsVentas As Worksheet

Dim rutaPDF As String

Dim nombreArchivo As String

Dim carpetaDestino As String

Dim numFactura As String

Dim numPedido As String

Dim fecha As String

Dim cliente As String

Dim importe As Double

Dim filaDestino As Long

Dim filaVenta As Long

Dim existeVenta As Boolean

Dim codProducto As String

Dim uds As Double

Dim precioNeto As Double

Dim importeTotal As Double

Dim fila As Long

Dim i As Long

' Definir hojas

Set wsFactura = ThisWorkbook.Sheets("FACTURACION")

Set wsCobros = ThisWorkbook.Sheets("COBROS")

Set wsVentas = ThisWorkbook.Sheets("VENTAS")

' Obtener datos desde la hoja FACTURACION

ANEXOS

```
numFactura = Trim(wsFactura.Range("L1").Value)
numPedido = Trim(wsFactura.Range("L3").Value)
fecha = wsFactura.Range("H13").Value
cliente = wsFactura.Range("G15").Value
importe = wsFactura.Range("L43").Value

' Definir carpeta de destino
carpetaDestino = "C:\Users\Raúl\OneDrive\Desktop\TFG\FACTURAS_ERP\"

' Crear nombre del archivo y limpiar caracteres no válidos
nombreArchivo = "Factura_" & numFactura
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, ":", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "/", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "\", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "*", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "?", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, ":", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "<", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, ">", "_")
nombreArchivo = Replace(nombreArchivo, "|", "_")

' Ruta completa del PDF
rutaPDF = carpetaDestino & nombreArchivo & ".pdf"

' Crear carpeta si no existe
If Dir(carpetaDestino, vbDirectory) = "" Then
    Mkdir carpetaDestino
    MsgBox "Se ha creado la carpeta: " & carpetaDestino, vbInformation
End If

' Guardar como PDF (rango definido)
On Error GoTo ErrorHandler
wsFactura.Activate
```

ANEXOS

```
wsFactura.Range("A1:L44").ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, _
    Filename:=rutaPDF, _
    Quality:=xlQualityStandard, _
    IncludeDocProperties:=True, _
    IgnorePrintAreas:=False, _
    OpenAfterPublish:=False

' Registrar en hoja COBROS
filaDestino = wsCobros.Cells(wsCobros.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row + 1
wsCobros.Cells(filaDestino, 1).Value = numFactura
wsCobros.Cells(filaDestino, 2).Value = fecha
wsCobros.Cells(filaDestino, 3).Value = cliente
wsCobros.Cells(filaDestino, 5).Value = importe
wsCobros.Cells(filaDestino, 6).Value = "PENDIENTE"

' Registrar cada línea de producto en hoja VENTAS
For fila = 27 To 39
    codProducto = Trim(UCase(wsFactura.Cells(fila, "A").Value))
    If codProducto <> "" Then
        uds = wsFactura.Cells(fila, "H").Value
        precioNeto = wsFactura.Cells(fila, "I").Value
        importeTotal = uds * precioNeto

        ' Comprobar si esa combinación de pedido + producto ya está en VENTAS
        existeVenta = False
        For i = 2 To wsVentas.Cells(wsVentas.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row
            If Trim(UCase(wsVentas.Cells(i, "B").Value)) = UCase(numPedido) And _
                Trim(UCase(wsVentas.Cells(i, "F").Value)) = codProducto Then
                existeVenta = True
            Exit For
        End If
    End If
Next i
```

ANEXOS

```
' Registrar si no existe
If Not existeVenta Then
    filaVenta = 2
    Do While wsVentas.Cells(filaVenta, 1).Value <> ""
        filaVenta = filaVenta + 1
    Loop

    wsVentas.Cells(filaVenta, 1).Value = fecha
    wsVentas.Cells(filaVenta, 2).Value = numPedido
    wsVentas.Cells(filaVenta, 3).Value = cliente
    wsVentas.Cells(filaVenta, 4).Value = "" ' Tipo Cliente
    wsVentas.Cells(filaVenta, 5).Value = "" ' Provincia
    wsVentas.Cells(filaVenta, 6).Value = codProducto
    wsVentas.Cells(filaVenta, 7).Value = "" ' Familia
    wsVentas.Cells(filaVenta, 8).Value = "" ' Subfamilia
    wsVentas.Cells(filaVenta, 9).Value = uds
    wsVentas.Cells(filaVenta, 10).Value = precioNeto
    wsVentas.Cells(filaVenta, 11).Value = importeTotal
End If
End If
Next fila

' Incrementar número de factura si es numérico
If IsNumeric(numFactura) Then
    wsFactura.Range("L1").Value = CLng(numFactura) + 1
Else
    MsgBox "El número de factura no es numérico. No se pudo incrementar.",
vbExclamation
End If

' Confirmación final
MsgBox "Factura guardada como PDF y registrada correctamente en COBROS y
VENTAS.", vbInformation
```

ANEXOS

Exit Sub

ErrorHandler:

MsgBox "Error al guardar el archivo PDF. Verifica la ruta y los permisos.", vbCritical

End Sub

Anexo 3

PLANIFICACIÓN PRODUCCIÓN SEM 15			
FECHA	04/04/2025		
ORDEN	C. PRODUCTO	NOMBRE COMERCIAL	UDS
1	110001	Tolva paja estructural 3x1,5 m	9
2	110002	Tolva paja cajon	6
3	120001	Tolva pienso becerros de campo	7
4	140001	Cañiza R5015 3X1,65 Mts	110
5	130002	Manga manejo 4,5 mts	1
6	210001	Tolva rejilla 1 cara 1 metro	2
7	130001	Manga manejo 3 mts	2
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

ORDEN	C. PRODUCTO	NOMBRE COMERCIAL	UDS
1	110001	Tolva paja estructural 3x1,5 m	9
2	110002	Tolva paja cajon	6
3	120001	Tolva pienso becerros de campo	7
4	140001	Cañiza R5015 3X1,65 Mts	110
5	130002	Manga manejo 4,5 mts	1
6	210001	Tolva rejilla 1 cara 1 metro	2
7	130001	Manga manejo 3 mts	2
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

Observaciones:

--

Anexo 4



L.R. JAVE S.L.

C.I.F B-66688877

Ctra GEJUELO DEL BARRO SN

37114 VILLASECO DE LOS GAMITOS

666 666 666

info@javelr.com



FACT

22

PEDIDO

P0026

(SALAMANCA)

FECHA 15/04/2025

**MATERIAL GANADERO
ESTRUCTURAS METÁLICAS
CERRAJERÍA EN GENERAL**

CLIENTE : CLO002	
AGRIGUARDA S.L.	
C.I.F./D.N.I. : B69547839	DOMICILIO: Calle Joao, 23
POBLACIÓN : Guarda	PROVINCIA : Guarda
	C.P. : 87598

REF	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
110001	Tolva paja estructural 3x1,5 m	2	550,00 €	1.100,00 €
130002	Manga manejo 4,5 mts	1	1.150,00 €	1.150,00 €
140001	Cañiza R5015 3X1,65 Mts	60	70,00 €	4.200,00 €
999999	COSTE TRANSPORTE	1	100,00 €	100,00 €

TOTAL BRUTO	DESCUENTO	IVA			TOTAL
		BASE	%	IMPORTE	
6.450,00 €	10%	5.805,00 €	0	- €	5.805,00 €

Nº DE CUENTA

Anexo 5

A través del siguiente link se podrá acceder a una carpeta de Google drive para poder acceder a los diferentes *Excel*.

https://drive.google.com/drive/folders/1GvpXxRaA6WnYsn0kj9bVNkzmV2Du4T_v?usp=sharing

BIBLIOGRAFIA

LIBROS Y ARTICULOS CIENTÍFICOS

Andreu, R., Ricart, J. E., & Valor, J. (1991). El diseño de sistemas de información en la empresa. McGraw-Hill.

Buttle, F., & Maklan, S. (2019). Why some digital transformations succeed while others fail. MIT Sloan Management Review, 60(4), 1–9.

Davenport, T. H. (1993). Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Harvard Business Press.

Hammer, M., & Stanton, S. (1995). La revolución de la reingeniería. Ediciones Granica.

Jacobs, F. R., & Weston, F. C. (2007). Enterprise Resource Planning (ERP): A Brief History. Journal of Operations Management.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). Management Information Systems: Managing the Digital Firm (16th ed.). Pearson.

Mintzberg, H. (1983). Diseñando las organizaciones: Estructura en cinco configuraciones. Prentice Hall Hispanoamericana.

Monk, E., & Wagner, B. (2013). Concepts in Enterprise Resource Planning (4th ed.). Cengage Learning.

Porter, M. E. (1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2016). *Administración* (13.ª ed.). Pearson Educación.

Senge, P. M. (1992). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Granica.

PÁGINAS Y SITIOS WEB CONSULTADOS

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2023). Guía para la transformación digital de la pyme. <https://www.mincotur.gob.es>

Odoo. (s.f.). *Odoo ERP: An open-source suite of business apps*. Odoo. <https://www.odoo.com/>

Oracle. (s.f.). *Enterprise Resource Planning (ERP)*. Oracle. <https://www.oracle.com/erp/>

BIBLIOGRAFIA

SAP. (s.f.). *Enterprise Resource Planning (ERP)*. SAP.

<https://www.sap.com/products/erp.html>

Sage. (s.f.). *Soluciones ERP para empresas*. Sage. [https://www.sage.com/es-](https://www.sage.com/es-es/productos/sage-200-advanced/)

[es/productos/sage-200-advanced/](https://www.sage.com/es-es/productos/sage-200-advanced/)