

## Nota Preliminar

La empresa Frost-trol (¡¡¡mil gracias!!!) nos aportó unos datos que fueron manipulados para mantener una cierta confidencialidad. Los datos originales no eran completos (nunca lo son) ni completamente consistentes (no pueden serlo pues se consiguen en tiempos diferentes). La translación ha concretado algunas cosas y ha consolidado otras. Ahora disponemos de otro juego de datos que es también incompleto e incoherente, es además incierto (lo cual por otro lado es lo habitual).

Eso significa que, al trabajar, cada grupo debe establecer sus hipótesis de trabajo. Tened en cuenta pues que:

- 1) Al plantear hipótesis, surgirán alternativas: elegid las más sencillas de entre las razonables.
- 2) Se deben escribir/describir y analizar las implicaciones que tienen.
- 3) Se deben fundamentar en algo (por ejemplo: apuntes de tecnología mecánica, vídeos en youtube o manuales de instrucciones)
- 4) Se deben validar (mostrar en el desarrollo que la hipótesis no conduce a mayores incoherencias y que dan sentido al todo)

Por tanto, a lo largo del proceso de diseño se podrán solicitar clarificaciones en los datos. Para ello habrá que demostrar que una variación menor en los datos afecta de modo relevante al resultado final.

Este caso está pensado para ser resuelto en grupos de 4 pero puede ser resuelto individualmente.

## El producto

La empresa fabrica 4 familias de productos: Murales, Armarios, Islas y Vitrinas.

Los murales y los armarios son estanterías verticales en las que los primeros no llevan puertas y los segundos llevan puertas de vidrio.

Las islas son cajas horizontales que llevan el grupo de frío incorporado.

Se denomina *vitrina* al mostrador refrigerado donde se exponen productos de charcutería, carnicería y demás. En nuestro caso llevan grupo de frío incorporado.

## La demanda

Las ventas tienen un fuerte componente estacional (Tabla 1). Un cálculo preliminar indica que las ventas se repartieron en años anteriores según el siguiente patrón.

Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dicie
3%	7%	6%	6%	10%	8%	8%	10%	13%	11%	10%	9%

Tabla 1: Distribución de las ventas a lo largo de los meses de un año

Las estimaciones de venta total anual de muebles para cada grupo serán diferentes se calculan según las siguientes expresiones. Sea la lista ordenada por orden alfabético de los miembros del equipo. Sea la lista ordenada de los tipos de muebles {Muebles, Armarios, Islas y Vitrinas}. Sea  $i$  el índice  $\{1,2,3,4\}$  que recorre ambas listas. Sea  $DNI(i)$  el número del DNI (o del NIE en su caso) de cada uno de los participantes.

$$X(i)=\text{Resto}(\text{DNI}(i)/1000); Z=\text{Suma}\{i:X(i)\}; Y(i)=5+\text{Resto}(\text{DNI}(i);5); W=\text{Suma}\{i:Y(i)\}$$

La demanda estimada anual de cada una de las familias de los productos será

$$D(i)=X(i)/Z*W*220$$

Ejemplo

		Z	W		
		442	27	6160	
Alumno	DNI	X	Y	D(i)	
Avaria Millet	20006135	135	5	1980	Murales
Bosca Escrivá	19765032	32	7	440	Armarios
Calafat Gadea	67286147	147	7	1980	Islas
Donderis Llergo	5243128	128	8	1760	Vitrinas

Tabla 2: Ejemplo de cálculo de demanda anual

El producto es personalizado, tanto en las dimensiones como en el color. En los pedidos cada cliente, el número de productos idénticos oscila entre 5 y 30, con una mediana de 10.

## Los materiales

Los muebles tienen 4 subconjuntos principales:

- Chapa
- Material eléctrico
- Grupo frío
- Vidrios y plásticos

Familia de Muebles	Peso (kgs)	% peso en chapa	% peso eléctrico	% peso grupo frío	Núm. De referencias en BOM	% piezas de chapa comunes antes de pintar
Mural	800	75%	10%	10%	280	5%
Armario	850	70%	10%	10%	300	10%
Isla grupo incorporado	500	50%	20%	20%	170	5%
Vitrina grupo incorporado	450	40%	20%	20%	200	5%

Tabla 3: Peso de los muebles y sus componentes (esto es una aproximación evidentemente)

A partir de los datos de la Tabla 2 se pueden estimar aspectos interesantes que permitirán anticipar las necesidades de manutención.

El acero tiene una densidad de más de 7000 kg/m<sup>3</sup>. Si un traspalé ha de mover planchas de acero es evidente que el limitante en el desplazamiento será el peso.

A falta de datos mejores una caja palé, de componentes metálicos pequeños plegados puede pesar del orden de 500-1500 kilos por palé.

En el caso de las piezas de chapa grande es conveniente saber que una chapa puede pesar alrededor de 3 Kg/m<sup>2</sup>. Esto es, una balda puede pesar 6-8 kilos y la forma de la misma no permite alcanzar más de 240 kgs/unidad de embalaje.

Si la pieza ha sido pintada exige para su desplazamiento una unidad de carga especial que evite ralladuras o golpes. Eso reduce aún más la cantidad de kilos que se mueven por m<sup>2</sup> dejándolo en alrededor de 150 kgs/rack.

Ejercicios similares se deben hacer para estimar el movimiento y almacenamiento de las pinturas, los cables y los vidrios.

Como se aprecia durante el proceso de corte, punzonado y plegado los kilos por metro cúbico descienden radicalmente. El extremo inferior se alcanza al considerar que un armario tiene una densidad aproximada de 100 Kg/m<sup>3</sup>.

## El proceso

El siguiente diagrama ilustra las etapas del proceso de fabricación (Ilustración 1)

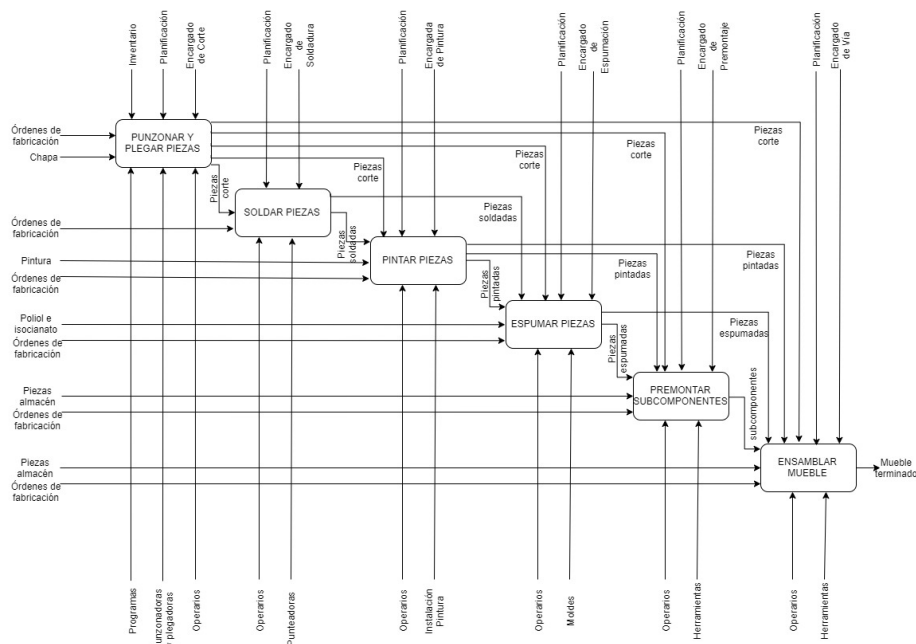


Ilustración 1: Etapas en la fabricación y ensamblaje del mueble

“Punzonar” y “Plegar” piezas son dos procesos diferentes (evidentemente) que utilizan máquinas diferentes, pero en la misma sección de procesado de chapa. Casi todas las piezas metálicas se punzonan. El 80% de las piezas se pliegan. Existen máquinas que punzonan y pliegan (pero son muy caras y no las vamos a considerar).

El proceso “Soldar Piezas” incluye el soldado de los subconjuntos que pueden ser de tamaño relativamente pequeño o paneles para espumado, que se hace mediante punteadoras.

Las estructuras que soportan el peso de los muebles (denominadas horcas) se hace con soldado MIG.

Hay que recordar que mezclar soldadura y productos químicos es una actividad muy peligrosa. Espumar y pintar son procesos químicos que requieren productos químicos.

El proceso de “Pintar Piezas” (el 65% de las piezas metálicas de un mueble van pintadas) se hace en una línea de pintado en polvo. En la empresa que nos ocupa es un carrusel que incorpora el lavado, secado, pintado y un horno (además de toda la actividad manual de colgar y descolgar).

El proceso de “Espumar Piezas” (rellenar de espuma los paneles) se hace en una sección de espumado en la que se manejan productos químicos inflamables. Antes de introducir el panel en la sección de espumado, hay que ponerle moldes, tampones y otros elementos auxiliares (muchos de ellos recuperables). El proceso de espumado incluye la inyección, el curado, pero también la limpieza del producto y moldes.

El proceso “Premontar Subcomponentes” incluye 4 secciones muy diferentes entre sí:

- a) Premontaje de subconjuntos de frío
- b) Premontaje de subconjuntos eléctricos
- c) Auxiliar de Montajes

Los subconjuntos de frío pueden llevar (o no) la generación de frío autónoma. Si llevan generación de frío exige (en la estructura) la construcción de una bancada especial sobre la que se soportan los motores.

Los subconjuntos de frío incluyen no solo elementos de chapa sino también los elementos de plástico o metálicos para gestionar el frío (generadores, evaporadores...). En la zona de subconjunto de frío se sueldan los conductos de cobre para generar el subconjunto final..

Los subconjuntos eléctricos incluyen no solo no solo elementos de chapa sino también los elementos necesarios para controlar temperaturas, iluminación, y cableados varios.

En la sección auxiliar de submontajes, se prepara material para reducir carga de trabajo en la zona de montaje final. La zona de montaje final (que debe incluir el testado y embalado final del producto) consolida todos los subconjuntos anteriores para dar lugar al producto final.

## Algunos datos generales sobre los procesos

Es evidente que cada producto final tendrá una carga de trabajo diferente y consumirá un número de componentes diferentes.

Dada la variedad de catálogo y el nivel de personalización (no solo por cliente sino por tienda), se puede considerar que cada producto final tiene su lista de materiales. En realidad, cada producto idéntico tiene la misma lista de materiales, pero los lotes de producto idéntico rara vez alcanzan las 30 unidades.

Los datos, aquí compartidos, son aproximados, y pueden requerir actualizaciones y adaptaciones en función del nivel de detalle que se quiera tener en cuenta.

A continuación, se presenta una tabla que resume la cantidad de referencias diferentes que para fabricar un mural salen de cada una de las secciones.

Familia de mueble	Corte (Punzonado/Plegado)	Piezas Pintura	Conjuntos Soldadura	Paneles Espumación	Grupos Frío	Cuadro Eléctrico	Auxiliar Montaje
Mural	220	110	10	5	2	6	40
Armario	230	130	10	4	2	5	15
Isla grupo incorporado	120	40	7	5	4	10	38
Vitrina grupo incorporado	130	30	5	4	3	3	22

Tabla 4: Promedio de referencias diferentes que genera cada sección para fabricar un mueble por tipo

Es decir, de la zona de corte han de salir 220 referencias diferentes para poder fabricar un mural (en promedio) y 130 para hacer una vitrina.

Las piezas se mueven de una sección a otra. En la siguiente tabla (Tabla 5) se presentan la cantidad de unidades movidas entre secciones que un día cualquiera se trasladaron en la fábrica. Hay que tener en cuenta que esta tabla no representa los movimientos para un determinado tipo de mueble (porque la fábrica los monta todos a la vez) ni para el conjunto de muebles (porque tardan varios días en completar el proceso). Tampoco es un día tipo. Es sólo un día que puede ayudar a orientar.

Origen/ Destino	Pintura	Soldadura	Puntos Soldadura	Espuma ción	Aux Montaje	Estructuras	Kitting	Cuarto eléctrico	Grupos	Ensamblaje Final	Embalaje
Corte	11481	1617	4175	3654	1841	671	501	360	141	3884	72
Soldadura	132	3			1080	190	7			10	
Puntos Soldadura	1926	244		1314	128	36		6		470	6
Pintura				704	749	638	1368	236	9	11705	103
Espumación					259	1860	102	71		1006	
Aux Montaje	208	8		344	258	1116	192	7	9	3618	101
Cuadros Eléctricos		23				707		38		1529	

Tabla 5: Número de unidades movidas de una sección a otra un día cualquiera

En la tabla 6 se presenta una aproximación de lo que cuesta producir cada elemento (en mano de obra directa)

Nombre Proceso	Carga de Trabajo promedio		Tipo Trabajador
Punzonar piezas	80	segundos por pieza punzonada	100% alta especialización
Plegar piezas	100	segundos por pieza plegada	100% alta especialización
Soldar piezas (soldado MIG)	600	segundos por conjunto	100% alta especialización
Pintar piezas	200	piezas/hora con 16 operarios por turno. (2 horas el ciclo completo)	50% alta especialización
Panelar (soldado por puntos)	600	segundos por panel	100% Alta Especialización
Espumar paneles	600	segundos por panel (4000 segundos el ciclo completo)	20% Alta Especialización
Preparar evaporadores y bancadas	8000	segundos por bancada	60% Alta Especialización
Preparar montajes eléctricos	3600	segundos por subconjunto	80% Alta Especialización
Ensamblar estructura muebles	6000	segundos por estructura	60% Alta Especialización
Estructuras	6000	segundos por estructura	60% Alta Especialización
Preparar pre-montajes	500	segundos por premontaje	60% Alta Especialización
Ensamblar muebles	15000	segundos por mueble	20% Alta Especialización
Embalar muebles	2500	segundos por mueble	No Especialización

Tabla 6: Tiempos de Operación y Estimación de Trabajadores La última columna indica la exigencia de especialización de los trabajadores. Un 100% indica que sobre 10 trabajadores los 10 deben estar especializados. Un 20% indica que sobre 10 sólo 2 requieren alta especialización en el proceso.

Es evidente que estos son números promedio aproximados. En la realidad, las cargas de trabajo varían no solamente por familias sino también entre variantes de productos. Actualmente, la empresa no dispone de más nivel de detalle, pero puede invertir tiempo en ello si resultara de interés.

Los tiempos no incluyen preparación de máquinas en caso de que sean necesarias (como, por ejemplo, en las máquinas de corte y soldado donde sí existen). Esos tiempos se pueden estimar en media hora en general, pero son variables. Las preparaciones de máquina siempre las hace el personal especializado.

## Las máquinas y las instalaciones

Los datos relativos a las máquinas se irán actualizando a medida que avance el conocimiento que del proceso tenemos los participantes en esta actividad (ver Tabla 3)

DPTO O SECCIÓN	MÁQUINA	VALOR	Setup (min)	Ciclo (s)	MEDIDAS
CORTE	PLEGADORA EP2040	100.000	15	10	5 x 2m
CORTE	PLEGADORA EP0520	240.000	5	5	5 x 2m
CORTE	PLEGADORA SYNCRO 184	180.000	10	5	6 x 2m
CORTE	PLEGADORA PHS 224	200.000	5	7	6 x 2m
CORTE	CIZALLA MCCH 4050X6	34.000			5 x 2m
CORTE	PUNZONADORA FP-2525	250.000	10	15	8 x 7m
CORTE	PUNZONADORA SB8	900.000	0	15	28 x 9m
CORTE	TRONZADORA SEMIAUTOMÁTICA	15.000			N/A
SOLDADURA	SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA M306K	2.000			N/A
SOLDADURA	SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA SMIG293	2.000			N/A
SOLDADURA	TRONZADORA FRONT 450	2.000			N/A
SOLDADURA	CORTE TUBOS	6.000			N/A
SOLDADURA	DOBLADOR DE PERFILES Y TUBOS PBM 50	5.000			N/A
SOLDADURA	AMOLADORA	1.000			N/A
PUNTOS	GRAPADORA ATEXOR BOOSTER 16-60.1	1.500			N/A
PUNTOS	GRAPADORA ATEXOR BOOSTER 16-60.2	1.500			N/A
PUNTOS	PUNTEADORA ARO (AR.01).1	10.000			N/A
PUNTOS	PUNTEADORA ARO (AR.01).2	10.000			N/A
PUNTOS	PUNTEADORA ARO (AR.01).3	10.000			N/A
PUNTOS	PUNTEADORA SERRATRON-5000	10.000			N/A

Tabla 7: Listado de Máquinas que pueden hacer falta.

Adicionalmente existen dos secciones (Pintura y Espumación) que por su complejidad es preferible simplificar al máximo.

La sección de pintura es un circuito cerrado soportado sobre una cadena en la que cuelgan bastidores sobre las que se cuelgan piezas en crudo y se descuelgan pintadas, tras un proceso de limpieza, pintado y secado. La instalación ocupa una superficie de 1600 m<sup>2</sup> (20x80 m<sup>2</sup>). Si no se quiere instalar existen proveedores en la zona que pueden hacerse cargo del proceso de pintura. En ese caso hay que diseñar los circuitos de entrada y salida de producto. La instalación costaría dos millones de euros (dependiendo de la capacidad).

La sección de Espumación también maneja productos químicos, y también es una instalación compleja que requiere de puentes grúa, moldes y una gestión de residuos complicada. La instalación total (excluyendo espacio de producto que entra y sale) ocupa alrededor de 2000 m<sup>2</sup> (25x80). El coste aproximado estará en 250.000 euros

## Trabajo para ADO

Diseñar un sistema en el que se pueda fabricar la demanda prevista (con un crecimiento esperado en los próximos años de un 10-20% interanual durante 5 años) para uno sólo de los modelos de productos (si se quiere hacer para todos a la vez, está permitido).

1. Análisis del producto (materiales, estructuras...)
2. Análisis de procesos y Selección de Equipos
3. Diseño de layout de fabricación (Metodología SLP)
4. Diseño del sistema logístico de aprovisionamiento, interno y de envío

Para poder diseñar el *layout*, hay que definir y calcular el número de máquinas a comprar, y disponerlas en el espacio.

La empresa actualmente tiene un precontrato de una nave en un polígono industrial urbanizado de 18000 m<sup>2</sup> (120x150) con una campa trasera de otros 13000 m<sup>2</sup> (130x100) por la que pagaría 10 millones de euros.

## Trabajo para MCOI

Una vez diseñado el Sistema Productivo y Logístico, hay que diseñar el Sistema de Planificación y Control de Operaciones. Las herramientas tienen lógica como soporte a los procesos. Tras diseñar los procesos hay que diseñar las herramientas que les dan soporte.

### Herramienta 1) Planificación agregada de producción

La herramienta es para una empresa que fabrique todos los modelos y que permita definir cuantos turnos, cuantas máquinas y cuantos trabajadores harán falta durante los próximos 12 meses a partir de una previsión de demanda semanal.

Para completar un proceso de contratación (y formación) de trabajadores especializados hacen falta aproximadamente dos meses. Los trabajadores no especializados se pueden incorporar inmediatamente, pero la empresa tiene la política de no hacer contrataciones de menos de tres meses de duración.

El convenio colectivo de la empresa establece 1.750 horas de trabajo anuales con una flexibilidad de un 20% (la flexibilidad permite jugar con extensiones de turno de trabajo).

Comprar maquinaria y tenerla a disposición exige aproximadamente 2 meses.

El proveedor de chapa requiere confirmar con 3 meses de antelación las toneladas de chapa necesarias para comenzar el proceso de compra y corte. El abastecimiento y el mejor precio se garantiza con una previsión anual de compra.

#### Herramienta 2) Gestión de la carga diaria de producción para cada sección.

A partir de un fichero de ventas confirmadas (producto + cliente) se trata de hacer un programa de producción para cada una de las secciones. Se asume que si un mismo cliente solicita 10 unidades del mismo producto los componentes de esas 10 unidades son intercambiables entre sí.

Hay que tener en cuenta que no todas las piezas de chapa requieren pintado o espumado y que el diseño del producto y los tiempos de operación en cada una de las etapas hace que la carga de trabajo son variables (y por tanto los plazos de ejecución).

Se trata de que las diferentes secciones tengan el material disponible con al menos un día de antelación para así poder garantizar que el programa de trabajo del día siguiente se va a cumplir.

#### Herramienta 3) Diseñar una herramienta de programación diaria de producción.

En aquellas secciones que tenga sentido elaborar una herramienta que secuencie las tareas a realizar cada día.

### Anexo Costes y Finanzas

Es posible que os haga falta información para estimar viabilidades. Estos datos son estimaciones parcialmente validadas.



<b>1. INVERSIONES NECESARIAS PAR LA PUESTA EN MARCHA DE LA ACTIVIDAD</b>			
SUBPLANTA	Importe de la inversión	Vida util	EN ALQUILER
Maquinaria específica	10 M€	10 años	
Instalaciones subplanta Frost (eléctricas, clima, estanterías, carretillas..)	3M€	10 años	
<b>GENERALES</b>	Importe de la inversión	m2 fabrica	m2 oficinas y servicios
Valor de la inversión en edificio	10 €/m2		
Valor de la inversión en tecno	100.000 €		
<b>2. COSTES LABORALES</b>	euros/año		
Salario medio personal de fábr	25.000 €		
Salario medio supervisores	35.000 €		
Masa salarial personal indirecto (dirección+admon+RRHH+finanzas)	400.000 €		
<b>3. COSTES DE MATERIALES</b>	euros	Unidad	% mermas en el proceso
Precio unitario de cada uno de los materiales que son inputs de la subplanta			
Acero	1 €/Kg		
Vidrio	0,5 €/Kg		
Material Eléctrico	10 €/Kg		
Material Aislante y Pinturas	5 €/Kg		
e.	5 €/Kg		
e.	2 €/Kg		
<b>4. GASTOS DE LA SUBPLANTA</b>			
mantenimiento contratado co	100.000	EUROS/AÑO	
gastos en consumibles	10.000	EUROS/AÑO	
gastos en repuestos y utillaje	40.000	EUROS/AÑO	
precio medio kwh eléctrico	10	cts EURO/kwh	
precio medio kwh gas	19	cts EURO/kwh	
<b>5. COSTES DE DISTRIBUCIÓN</b>			
% de OCUPACIÓN DE ALMACEN DE ESTOS PRODUCTOS ( unidades sobre el total unidades del almacén)			
Numero de personas totales en almacén de distribución			10
Coste de materiales de embalaje			20 euros/muebl
Coste de transporte a destino nacional			50 euros/muebl
Coste puesta en marcha (horas hombre)			5 horas/homb
Coste medio de la garantía			200 euros/muebl
<b>6. COSTES INDIRECTOS globales de empresa</b>			
Gastos anuales de servicios externos en tecnologías de la informac	30.000	euros/año	
Gastos anuales de servicios externos en laboratorios de calidad o d	30.000	euros/año	
Gastos anuales de servicios externos en telefonía y datos	5000	euros/año	
Gastos anuales de servicios externos en otros gastos generales (ase	40.000	euros/año	
<b>7. DATOS FINANCIEROS</b>			
Periodo medio de pago a proveedores			30 días
Periodo medio de cobro de los clientes			45 días
Si existe estacionalidad en las ventas , % ventas por tr	trim 1		15 % ventas
	trim 2		25 % ventas
	trim 3		30 % ventas
	trim 4		30 % ventas