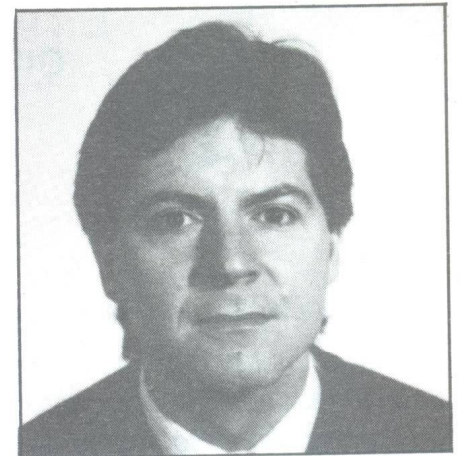


DISTRIBUCION EN PLANTA (Lay-Out)

Por Francisco AGUAYO GONZALEZ



RESUMEN

La distribución o situación del equipo (maquinarias, instalaciones, etc.) y los puestos de trabajo es un problema ineludible en todas las plantas industriales. ¿Dónde han de situarse dichos componentes», ¿qué criterios han de emplearse para establecer su orden y situación? Estas preguntas se plantean inmediatamente después de haber determinado cuáles son los equipos. En el presente artículo se pretende aportar unas sistemáticas a la solución de estos problemas basadas en la planificación sistemática de Lay-out, desarrollada por R. Muther.

1. INTRODUCCION

El término «distribución en planta» proviene o le da nombre a una fase del estudio de proyectos, cuyo objetivo es la ordenación física de todos los elementos que intervienen en la producción, como son: personal directo e indirecto, equipo de trabajo, movimiento de materiales, almacenamiento y todas las demás actividades o servicios. Esta ordenación física se suele referir a las tres dimensiones (espacial), si bien generalmente de las tres vistas que corresponderían a una representación en el sistema diédrico de dicha distribución —alzado, lateral, planta— es la planta la que nos proporciona

mejor información en lo que a distribución o situación de los elementos de producción se refiere, siendo esta la representación que de modo casi exclusivo se utiliza para realizar el estudio y de ahí que le dé nombre a esta fase del estudio de proyectos.

La importancia de la distribución en planta se puede colegir a partir de un artículo aparecido en la revista «Moder Industry», en la que se expone que de todas las técnicas de reducción de costes, la mejora de la distribución en planta ocupa el segundo lugar entre todos los planes de mejora, superada sólo por la nueva maquinaria y el equipo de producción.

Los objetivos básicos del diseño de una distribución en planta incluyen, entre otros, los siguientes:

- a) Integración de todos los factores que afectan a la distribución.
- b) Que los materiales recorran distancias mínimas.
- c) Facilitar la circulación del trabajo a través de la planta.
- d) Utilización efectiva de todo el espacio (cuestiona la distribución en planta).
- e) Satisfacción y seguridad del personal.
- f) Flexibilidad de ordenación para facilitar reajustes.

2. DIFERENTES TIPOS DE DISTRIBUCION

Existe un número ilimitado de posibles distribuciones, pero se pueden clasificar en unas categorías que se han venido llamando clásicas, atendiendo a:

- 2.1. Tipo de industria.
- 2.2. Organización de la producción.

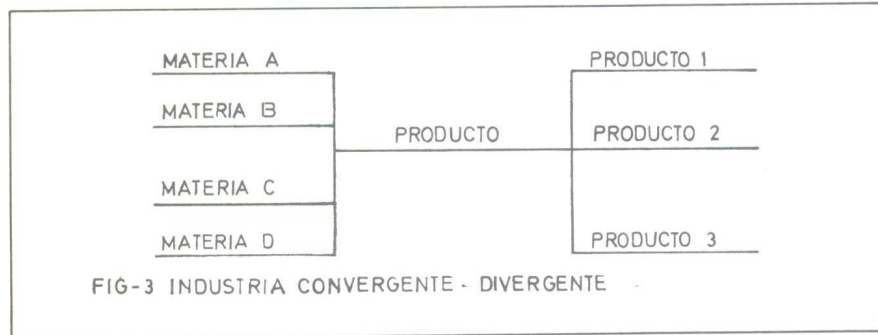
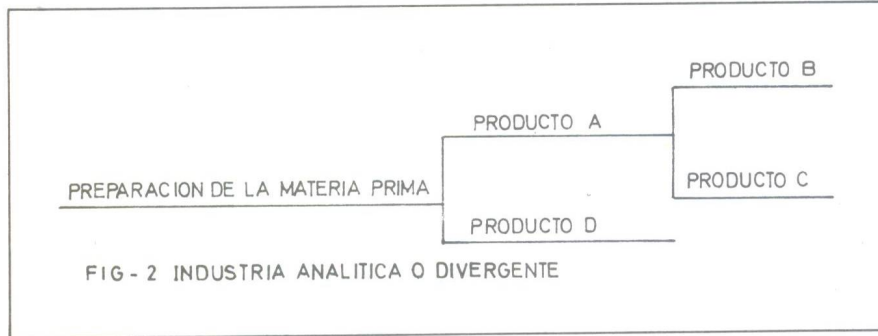
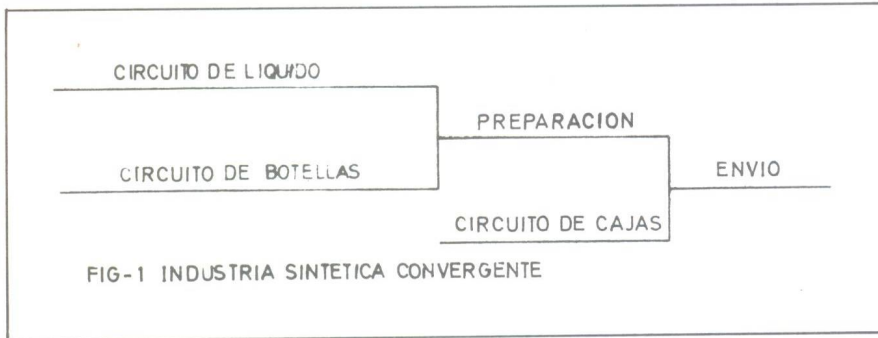
2.1. Distribución según el tipo de industria

En cada industria el ciclo de la producción, lógicamente, condiciona la distribución. Se pueden distinguir:

2.1.1. *Industrias monolíneas*.—Aquellas en que se fabrica a lo largo de un circuito único, siempre el mismo, que sucesivamente es recorrido por todos los productos. Ejemplos: fábricas de harina, de cemento, de laminados, etc.

2.1.2. *Industrias sintéticas o convergentes* (fig. 1).—En estas industrias las materias primas y los productos semiacabados llegan de diversa procedencia y convergen en la línea final de producción. Ejemplos: fabricación en serie de zapatos, radio, montaje de automóviles, plantas de embotellado.

Monográfico Organización Industrial



2.1.3. *Industrias analíticas o divergentes.*—En estas industrias se parte de una materia prima que, en el curso del tratamiento, diverge en diferentes líneas particulares de fabricación, dando cada una de ellas un producto diferente (fig. 2). Es el caso de muchas industrias químicas y particularmente de las destilerías.

2.1.4. *Industrias convergentes-divergentes.*—En ellas se parte de un cierto número de materias primas para hacer un producto intermedio, que a su vez diver-

ge a continuación en varias líneas de fabricación, dando, finalmente, unos productos terminados diferentes (fig. 3). Este es el caso de artículos cuya fabricación es convergente, pero que finalmente reciben un acabado o acondicionamiento diferente; por ejemplo, las chocolaterías.

2.2. Distribución según la organización de la producción

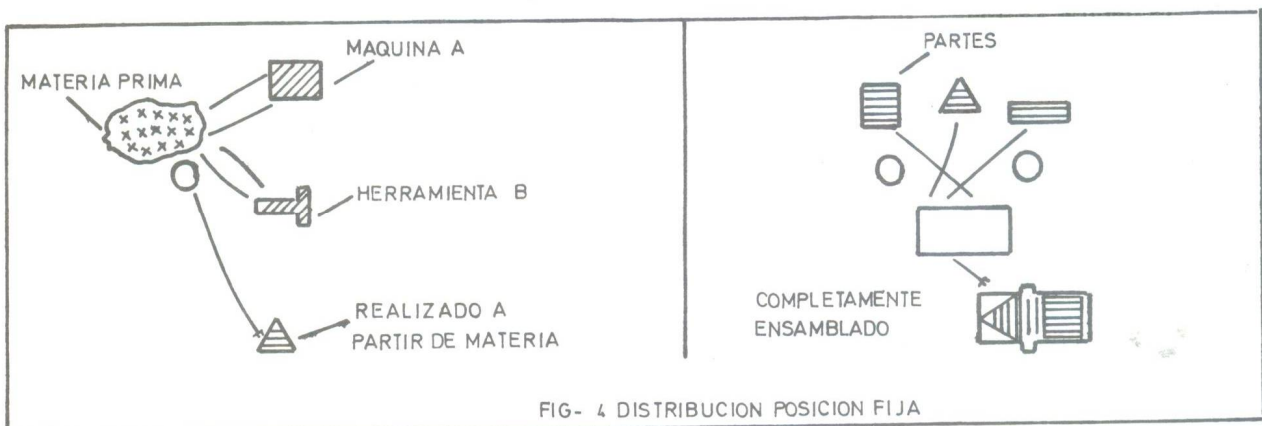
Según el proceso de trabajo, versatilidad de la instalación, la continuidad de funcionamiento, costo de la instalación y cualificación profesional de la mano de obra, se definen las siguientes clases de distribución en planta:

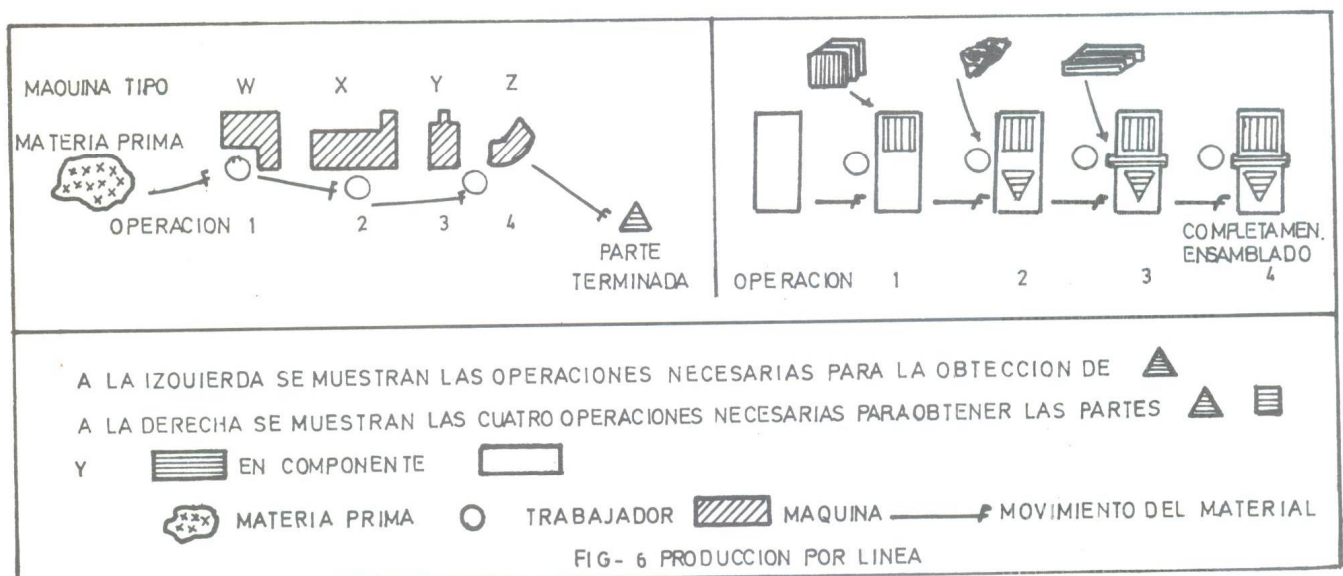
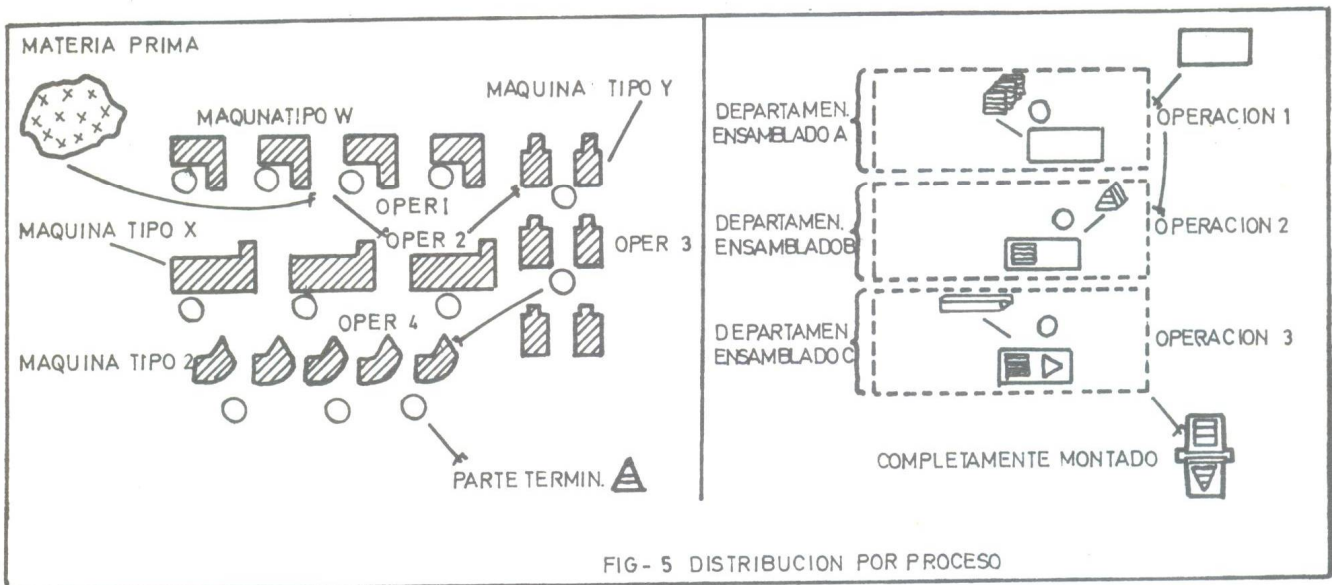
- 2.2.1. Distribución por posición fija.
- 2.2.2. Distribución por proceso o distribución funcional.
- 2.2.3. Producción en línea, en cadena o distribución por producto.

2.2.1. *Distribución por posición fija* (fig. 4).—El material o el componente principal permanece en lugar fijo (montaje de transformadores, montaje de un barco), desplazándose hacia ellos los obreros y herramientas. Su implantación es deseable:

- a) Cuando las operaciones de tratar o elaborar el material precisen únicamente herramientas manuales o máquinas simples.
- b) Cuando estemos fabricando únicamente una o alguna pieza de un artículo.
- c) Cuando el costo del movimiento de la pieza principal sea elevado.
- d) Cuando la especialización de la mano de obra resida en la aptitud de nuestros obreros o cuando deseemos fijar la responsabilidad de la calidad del producto en un obrero.

2.2.2. *Distribución por proceso o distribución funcional* (fig. 5).—En ella todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso están agrupadas. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a





cabo (toda la soldadura en una zona, todo el taladrado en otra, etc.).

Es útil esta distribución cuando se dan las siguientes circunstancias:

- Cuando la maquinaria sea costosa y no fácil de mover.
- Cuando estemos fabricando gran variedad de productos.
- Cuando haya variaciones amplias en los tiempos que se precisan para diferentes operaciones.
- Para demandas de producto cortas o intermitentes.

2.2.3. *Producción en línea, en cadena o distribución por producto* (fig. 6).—Los puestos de tra-

bajo se colocan uno junto a otro, siguiendo el orden en que se efectúan las operaciones. Un producto o tipo de producto se realiza en un área; el material se encuentra en movimiento y el equipo está ordenado de acuerdo con la secuencia de operaciones. Se implanta esta distribución cuando:

- Tengamos que hacer gran cantidad de piezas o productos.
- El diseño de nuestro producto esté más o menos normalizado.
- La demanda del mismo esté completamente establecida.
- Podamos mantener sin dificultad operaciones equilibradas y la continuidad de circulación del material.

En la práctica la mayor parte de las distribuciones son una combinación de estos tipos llamados clásicos. El estudio de la conveniencia, desde el punto de vista económico, del tipo de distribución se suele realizar expresando analíticamente y gráficamente las funciones de amortización, costo en fábrica y valor de venta del producto.

3. FACTORES A CONSIDERAR EN LA DISTRIBUCION (LAY-OUT)

Para realizar una buena distribución se requiere:

- Un conocimiento ordenado de los diversos elementos o particularidades implicadas en la dis-

tribución y de las diversas consideraciones que pueden afectar a la ordenación de aquéllos.

b) Un conocimiento de los procedimientos y técnicas de cómo debe ser realizada la distribución para integrar a cada uno de los elementos.

Los factores que influyen sobre cualquier distribución se dividen en:

- 1.º Factor material.
- 2.º Factor maquinaria.
- 3.º Factor hombres.
- 4.º Factor movimientos.
- 5.º Factor espera.
- 6.º Factor servicio.
- 7.º Factor edificio.
- 8.º Factor cambio.

El estudio de la incidencia de cada uno de estos factores o de la conjunción de varios en la distribución en planta y las soluciones de compromiso, a las que el técnico o ingeniero de distribución se ve obligado para cualquier proyecto de ingeniería, fue desarrollado de una forma sistemática por R. Muther, cuyas fases pasamos a describir de forma somera.

4. FASES DE PLANIFICACION SISTEMATICA EN LAY-OUT SEGUN R. MUTHER:

4.1. Análisis de productos-cantidades

El objetivo de este análisis es obtener una visión general sobre:

- similitud de los productos a fabricar (grupos);
- si en base a esta similitud habremos de separar o no los productos, a efectos de estudio de distribución en planta.

Si así fuera procederemos a clasificar los productos a fabricar, agrupándolos en razón a: naturaleza, cualificación profesional, riesgo de pérdida, peligrosidad, etc.

Después de hacer esto construiremos un histograma de productos-cantidades (fig. 7). Atendiendo a la forma mostrada por estos histogramas (figs. 8 y 9) de productos-cantidades se puede inferir el tipo de Lay-out.

Así, en la figura 8, en su zona más vertical corresponde a pocos productos que se fabrican en gran cantidad a un ritmo vivo («Fast movers») en instalaciones con un alto grado de mecanización y, por consiguiente, un tipo de Lay-out e inversiones elevadas; mientras que la zona más horizontal corresponde a una diversificación de productos a fabricar con producciones reducidas, frecuentes cambios de diseño y tiempos de fabricación más largos.

En cambio, la fabricación de los productos representados en la figura 9 podría ser afrontada con un solo Lay-out.

4.2. Diagrama de flujo de materiales

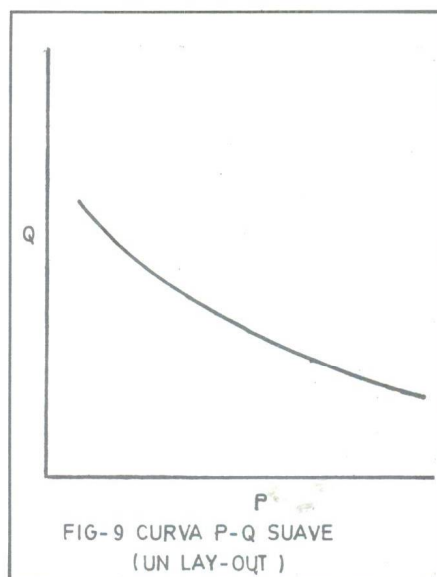
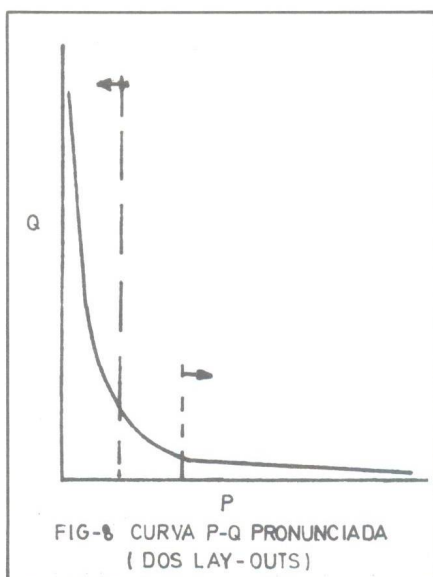
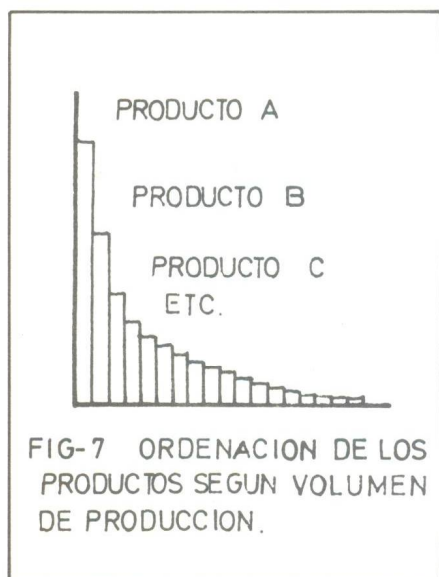
El propósito del diagrama de flujo de materiales es representar de forma clara el proceso de formación de los productos a fabricar, así como la intensidad de los flujos de materiales intervinientes.

En la industria básica (siderurgia, cemento, etc.) el flujo de materiales es el diagrama o esquema determinante del Lay-out resultante. En general, el flujo de materiales influirá decisivamente en el Lay-out final cuando el coste del transporte sea parte importante del coste de explotación final.

La industria química y de procesos utiliza para la representación sinóptica del proceso el documento generalmente conocido por «Flow-Sheet», el cual contiene referencia de:

- productos que intervienen;
- intensidad del flujo de materiales;
- equipos de proceso y de transporte.

En el caso de la industria manufacturera nos encontramos una gran variedad en los tipos de diagramas de flujo de materiales utilizados y es decisión del proyectista escoger el idóneo a efectos de plasmar con mayor claridad la situación de estudio. Pasamos a ver los distintos diagramas de proceso y la elección del idóneo en función de las curvas productos-cantidad.

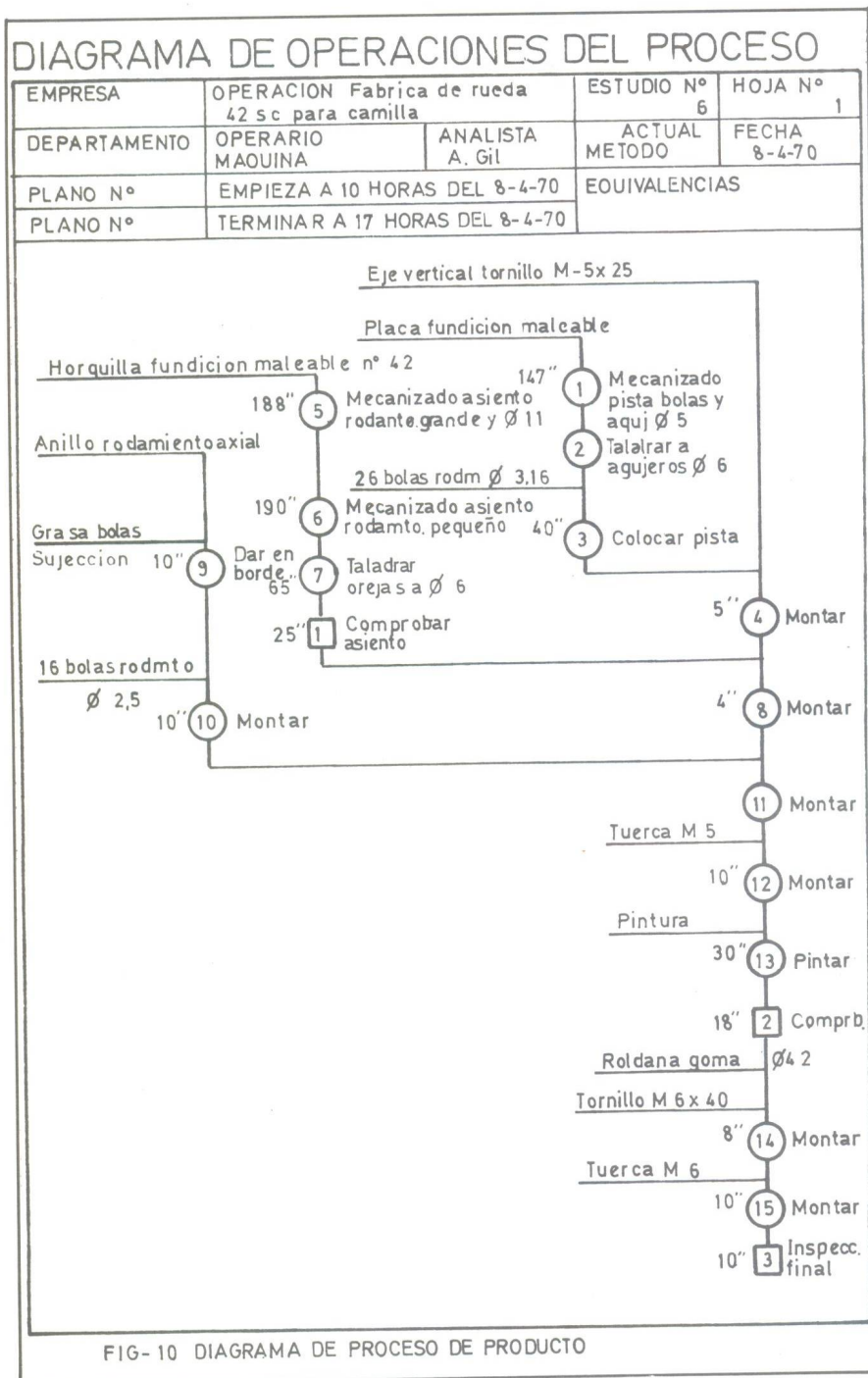


4.2.1. *Diagrama de proceso de un producto* (fig. 10).—Se realiza con símbolos normaliza-

gestiones y recorridos excesivos en la producción de diversos productos. No indica nada sobre el

para listando hacia la derecha y hacia abajo las operaciones (o centros de trabajo) que pueden participar en la elaboración de los productos a fabricar. Cada casilla intersección es utilizada para registrar el movimiento desde una operación hasta la siguiente y subsiguiente para anotar la intensidad de flujo registrada en ese sentido entre dos puntos.

4.2.4. *Procedimiento de análisis en función de las curvas P-Q*.—Según el tipo de gráfico P-Q o la zona de él, será pertinente hacer un tipo de diagrama de flujo u otro. Así tendríamos, en base a la figura 13:



dos por American Society of Mechanical Engineers y ofrece información sobre:

- El proceso de constitución del producto.
- El tipo de proceso.
- Tiempo de producción por pieza.
- Descripción de las operaciones a realizar.

4.2.2. *Diagrama de proceso multiproducto* (fig. 11).—Nos permite apreciar retrocesos, con-

proceso de constitución de cada producto.

Se dispone el diagrama en forma de matriz, recogiendo en las columnas de la izquierda todas las transformaciones a través de las cuales pasan todos los productos y en las filas de la parte superior los diversos productos.

4.2.3. *Diagrama de origen y destino* (fig. 12).—Es el método de diagramar el flujo de materiales cuando los productos a fabricar son muy numerosos. Se pre-

- Para la zona A, correspondiente a pocos productos, de gran volumen de producción y ritmo de fabricación vivo, convendrá un procedimiento de análisis tal como diagrama de proceso, aplicado con detalle a cada uno de los productos.
- Para la zona B se utilizará el diagrama de procesos multiproductos: tenemos menos detalle, pero mayor campo de observación.
- Para la zona C: requiere la agrupación previa de productos, procesos, recurriéndose a muestras representativas para aplicar, finalmente, el diagrama multiproducto o monoproducción.
- Para la zona D podremos realizar el diagrama de origen y destino.

4.3. Matriz de actividades

Es una herramienta que nos permite analizar las relaciones de los servicios entre sí y su integración dentro de la secuenciación marcada por el flujo de materiales. El procedimiento para preparar la matriz de actividades será distinto, atendiendo a que se incluyan o no actividades productivas. Podemos utilizar separadamente «diagrama de flujo de materiales» y «matriz de actividades» o, por el contrario, combinarlos. El peso relativo entre la influencia del diagrama de flujo de material y la matriz de actividades de los servicios en el Lay-out depende del tipo de proyecto.

Se entiende por actividad lo que, sin ser materiales ni personas, debe incluirse y tener un lu-

Monográfico Organización Industrial

OPERACIONES	A Partidas grabadas en base estañado	B Partidas grabadas en base aluminio	C Partidas impresas en base aluminio	D Partidas anodizadas en base aluminio	E Partidas anodizadas en base aluminio	% del volumen del trabajo cada operación
1 Cortar a las dimensiones	⊗	⊗	⊗	③		92
2 Pulir	②					18
3 Lavar	③					18
4 Niquelar, platear	④					18
5 Soldar				⊗	⊗	22
6 Anodizar				②	②	22
7 Colorear					③	22
8 Imprimir	⑤	②	②	④	④	100
9 Grabar en color					⑤	8
10 Pulverizado en seco	⑥	③				50
11 Retocar	⑦	④				50
12 Grabado profundo	⑧	⑤				50
13 Decapar	⑨					18
14 Enjuagar	⑩	⑧		⊗	⊗	73
15 Laquear	⊗	⊗	⊗			79
16 Pintura		⑥				32
17 Colores Incrustado	⑨	⑦				potencial futuro 50
% del volumen de trabajo	18	32	28	14	8	100

FIG - 11 DIAGRAMA DE PROCESO MULTIPRODUCTO

gar específico dentro de las instalaciones a realizar (mantenimiento, administración, proceso de datos, etc.).

La matriz de actividades (fig. 14) es un cuadro de doble entrada en donde se registra:

- La relación existente entre dos actividades cualesquiera.
- La consiguiente conveniencia de proximidad entre las mismas.

El proceso que lleva a la preparación de la matriz de actividades es el siguiente:

- Identificar todas las actividades involucradas.
- Listar las actividades de la matriz.
- Establecer las relaciones entre las actividades incluidas en la lista.
- Desarrollar la matriz.
- Aprobación.

Un aspecto importante es que la matriz de actividades es un medio de recoger y de visualizar criterios subjetivos y contrastarlos.

4.4. Diagrama de interrelación de actividades

El diagrama de interrelación de actividades es un medio esque-

	FORMAR	NORMALIZAR	MECANIZAR	REBABAS DESBASTE	PINTAR	PLATEAR	REVESTIR	PULIR	ENVOLVER	EMBALAR Y EMBARCAR	TOTAL
FORMAR		14	8	6	14				/	21	70
NORMALIZAR					17	/ 1					18
MECANIZAR				3	" 2	" 2				/ 1	8
REBABAS DESBASTE		4						/ 1	3	" 2	10
PINTAR				/ 1	11	19		13	" 2		46
PLATEAR							22				22
REVESTIR								22			22
PULIR					" 2				33	/ 1	36
ENVOLVER										39	39
EMBALAR Y EMBARCAR											0
TOTAL	0	18	8	10	46	22	22	36	39	70	

FIG - 12 CUADRO DE ORIGEN Y DESTINO

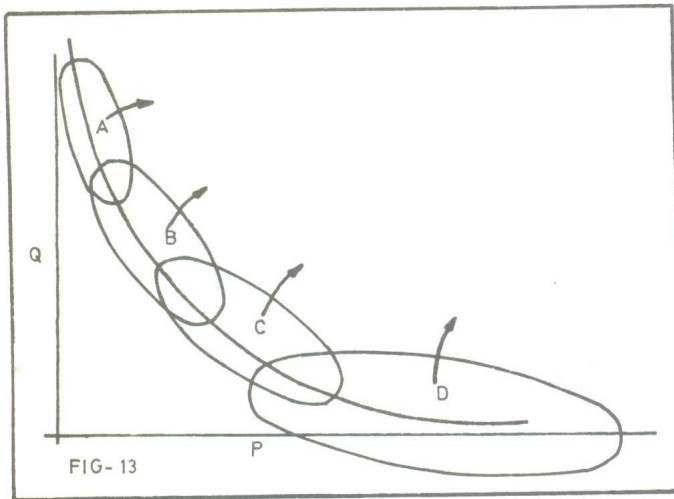


FIG-13

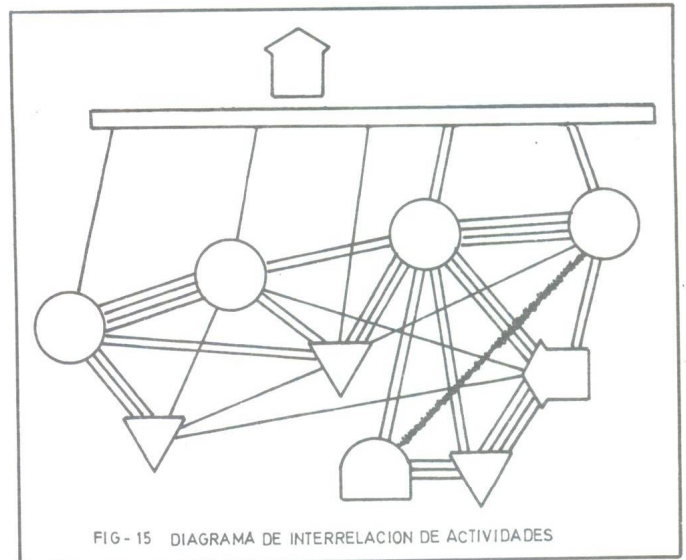


FIG-15 DIAGRAMA DE INTERRELACION DE ACTIVIDADES

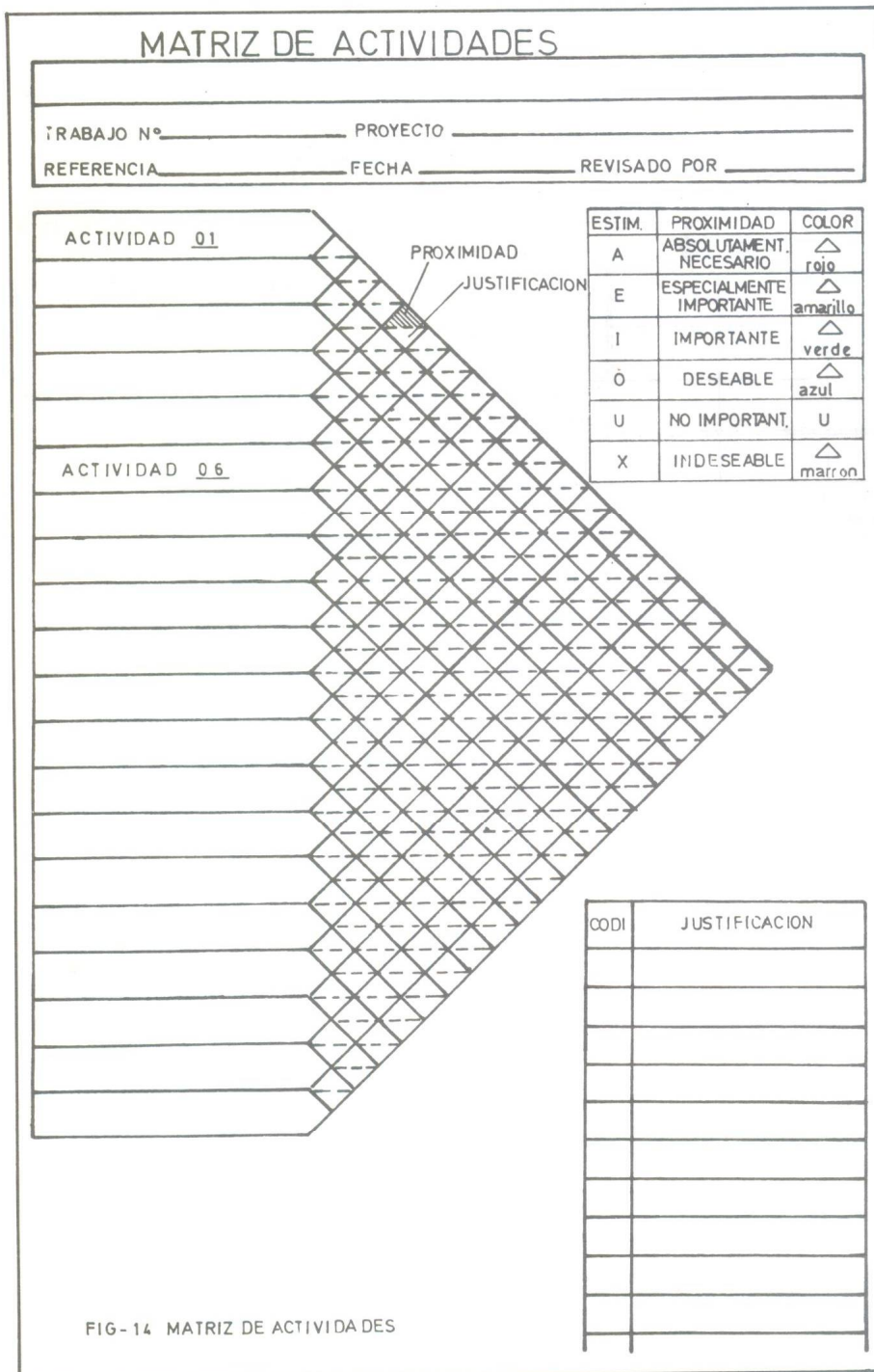


FIG-14 MATRIZ DE ACTIVIDADES

mático de distribución de las actividades incluidas en la matriz de actividades sin especificar:

- El espacio requerido por la actividad.
- Los condicionantes derivados de los sistemas de almacenajes y movimientos de materiales.

Este diagrama da lugar a generar el diagrama de interrelación de espacios, paso anterior y más cercano a la alternativa del Layout a obtener.

El diagrama de actividades (fig. 15) se realiza de acuerdo con una convención de símbolos al objeto de representar:

- Tipos de actividad (símbolo).
- Proximidad (rayas).

4.5. Necesidad de espacio y encaje con las disponibilidades

El procedimiento seguido para determinar el espacio necesario, así como inventario de las disponibilidades y encaje final entre ambas (necesidades y disponibilidades), es el siguiente:

- a) Identificar todas las actividades, áreas y servicios que estén involucrados.
- b) Identificación de los equipos de transformación y transporte de las unidades productivas y elementos auxiliares.
- c) Determinar para las unidades productivas y auxiliares el espacio requerido y la naturaleza del mismo; esta determinación se

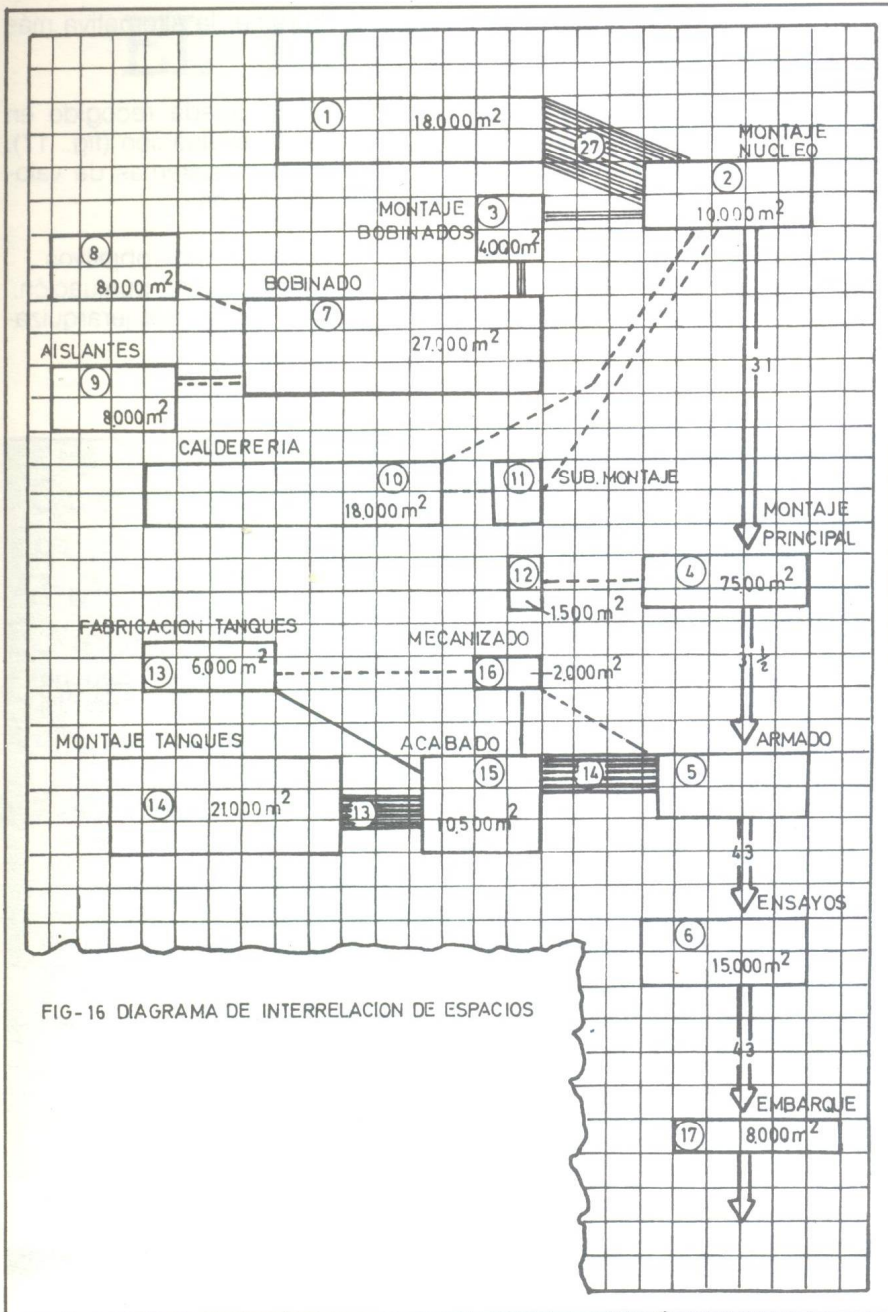


FIG-16 DIAGRAMA DE INTERRELACION DE ESPACIOS

suele hacer mediante ratios deducidos.

d) Igual procedimiento para las actividades no productivas.

e) Inventario de los espacios disponibles (entre superficie y condición), contrastación entre necesidades y disponibilidades, ofreciendo soluciones en función de las conclusiones.

4.6. Diagrama de interrelación de espacios

El diagrama de interrelación de espacios añade al diagrama de interrelación de actividades el espacio en cuantía suficiente para la funcionalidad de cada actividad.

Quando se trabaja en base al diagrama de flujo de materiales, lo normal es convertir cada símbolo en un espacio de tamaño adecuado, guardando la disposición básica marcada por el flujo de materiales. El uso de papel cuadrículado facilita la operación (fig. 16).

4.7. Diversas alternativas de Lay-out:

El paso final para preparar el Lay-out general teórico es dar forma a los espacios correspondientes a cada actividad, conexionándolos de forma apropiada.

Este dar forma y conexionar los espacios se hace a través de:

- papel cuadrículado;
- bloques unitarios;
- «templates»;
- maquetas y modelos tridimensionales.

Antes de llegar al Lay-out final o a las distintas alternativas es necesario considerar una serie de factores que pueden limitar y modificar el diagrama de interrelaciones de espacios obtenidos, éstos son:

- Sistema general de manutención de materiales entre plantas.
- Almacenaje.
- Condiciones del terreno y su ubicación.
- Necesidad de personal.

FACTORES		DISTRIB. 1ª	DISTRIB. 2ª	DISTRIB. 3ª	DISTRIB. 4ª
A	3	3 / 9	1 / 3	4 / 12	2 / 6
B	4	1 / 4	3 / 12	4 / 16	2 / 8
C	4	2 / 8	1 / 4	3 / 12	4 / 16
D	5	1 / 5	3 / 15	2 / 10	4 / 20
E	3	4 / 12	1 / 3	3 / 9	2 / 6
VALORACION		38	37	59	56

FIG-17 HOJA DE EVALUACION DE LAY-OUTS

4.8. Evaluación de alternativas

Uno de los métodos más ampliamente usado es la evaluación de alternativas de Lay-out mediante el análisis de los factores, procedimiento que consiste en lo siguiente:

a) Identificar las alternativas a evaluar.

b) Establecer los factores a considerar.

c) Indicar los factores establecidos en la hoja de evaluación.

d) Determinar la importancia relativa de un factor respecto a los demás.

e) Valorar cada factor para distintas alternativas.

f) Calcular los valores ponderados y los totales por alternativas.

g) Proponer la alternativa más conveniente.

Todo esto queda recogido en una ficha de evaluación (fig. 17).

Existen otros sistemas de valoración, como son:

- Valoración por objetivos.
- Valoración por puntuación.
- Clasificación por jerarquización.

BIBLIOGRAFIA

- BURBIDGE, J.: «Planificación de la producción». Ed. Deusto, 1979.
- CANO, J. L.: «Estudios de proyectos». Tomo I. Departamento de Publicaciones de la E.T.S.I.I. de Madrid, 1980.
- MUTHER, R.: «Systematic Layout Planning». Pub. Industrial Education Institute. Boston, 1961.
- MAYNARD, H. B.: «Industrial Engineering Handbook». Pub. Mac-Graw Hill. New York, 1956.
- DIERRE, M.: «Distribución en Planta». Ed. Deusto, 1978.
- LÓPEZ, R.: «Oficina Técnica». Tomo II. Universidad Politécnica de Madrid, 1983.

Francisco Aguayo González

Formación académica:

Oficial Industrial, Maestro Industrial e Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad eléctrica, ha cursado el primer ciclo de Psicología, cursando en la actualidad el cuarto curso en la especialidad de Psicología Industrial y de las Organizaciones. Diplomado en Microelectrónica por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, ha realizado cursillos sobre climatización y frío industrial, hidráulica, neumática, microprocesadores, control numérico y CAD/CAM, entre otros.

Actividad profesional

Trabaja durante el período 1972 a 1974 como miembro del equipo de mantenimiento de In-deplast; de 1974 a 1976 en la División de Mantenimiento de Los Tres Siete, S. A.; durante el servicio militar formó parte del equipo de mantenimiento HARDWARE de Simuladores Tácticos; ha realizado proyectos de distintas instalaciones en el ejercicio libre de la profesión; Maestro de Taller numerario desde 1979, y en la actualidad Profesor Encargado de Curso en la Cátedra de Dibujo Técnico II, Asignatura de Oficina Técnica, en la E.U.I.T.I. de Sevilla.

Contenido de próximos números de «Técnica Industrial»

Comercio Exterior