

## Trabajo Fin de Máster

# Diseño de distribución en planta de un Aula-Taller de Tecnología en un centro educativo (Almería)

Margarita

GUTIÉRREZ CARRETERO

Curso		2019-2020
Convocatoria		Junio

Director/es:

José PÉREZ ALONSO

## ÍNDICE

RESUMEN – ABSTRACT.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6-9
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9-37
MATERIALES.....	9-32
2.1 LOCALIZACIÓN.....	9
2.2 INFORMACIÓN PREVIA REQUERIDA.....	9-10
2.3 ALUMNADO DEL TALLER Y SESIONES DE CLASE.....	10-12
2.4 PROYECTOS QUE SE DESARROLLAN-TEMPORALIZACIÓN PRODUCTIVA.....	13-14
2.5 MATERIALES DEL TALLER.....	14
2.6 HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA DEL TALLER.....	15-22
2.7 FASES DEL “PROCESO PRODUCTIVO.”.....	23
2.8 DIAGRAMA DEL “PROCESO PRODUCTIVO.”.....	24
2.9 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO:.....	25
2.9.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAL.....	25
2.9.2 OPERACIONES DE TRAZADO.....	26
2.9.3 OPERACIONES TECNOLÓGICAS.....	27-28
2.9.4 OPERACIONES DE MONTAJE.....	28-29
2.9.5 OPERACIONES DE ACABADO.....	30-32
MÉTODOS.....	33
2.10 METODOLOGÍA S.L.P.....	33
2.11 TIPO BÁSICO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	34
2.12 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LA METODOLOGÍA S.L.P.....	34-35
2.13 FASES QUE COMPONEN ESTE MÉTODO.....	36-37



<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>38-59</b>
3.1 RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES.....	38
3.2 ANÁLISIS DEL RECORRIDO DE PRODUCTOS.....	38-39
3.3 TABLA RELACIONAL DE ACTIVIDADES.....	40-43
3.4 DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDOS Y ACTIVIDADES.....	43-48
3.5 DETERMINACIÓN DE LOS ESPACIOS-SUPERFICIES.....	49-58
3.6 DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS.....	59
3.7 DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS-SUPERFICIES.....	60-62
3.8 FACTORES QUE AFECTAN A LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	62-64
3.9 LIMITACIONES PRÁCTICAS.....	64
3.10 SINTESIS GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	64-68
3.11 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.....	68-69
3.11.1 DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS EVALUADORES DE RELEVANCIA.....	70
3.11.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTES RELACIONALES BAJO CADA CRITERIO EVALUADOR.....	70
3.11.3 METODOLOGÍA MULTICRITERIO.....	71-73
<b>4. DISCUSIÓN.....</b>	<b>74-75</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>6. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>75</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>76</b>



## **RESUMEN:**

La distribución en planta, implantación o "Layout" surge ante la necesidad de ordenación de los elementos y zonas de trabajo de un área de producción industrial, para poder así diseñar de la mejor manera y de la forma más económica la estructura y el proceso productivo de estas actividades, así como de la forma más cómoda y segura para sus trabajadores.

Con este trabajo se pretende hacer una aplicación de la distribución en planta en un sector diferente para el que ha sido diseñado. En nuestro caso lo vamos a aplicar a un centro educativo llevando a cabo la reordenación de un determinado espacio ya existente, como es un Aula-Taller de Tecnología.

Los resultados nos mostraran la posibilidad de aplicar e interpretar este sistema en otras áreas muy distintas, demostrándonos la enorme utilidad de este sistema S.L.P "Systematic Layout Planning"

## **PALABRAS CLAVE:**

Distribución en planta, Sistema S.L.P, aplicación, reordenación, centro educativo y utilidad.

## **ABSTRACT:**

The distribution in plant, implantation or "Layout" arises due to the need to organize the elements and work areas of an industrial production area, in order to be able to design in the best and most economical way the structure and the production process. of these activities, as well as in the most comfortable and safe way for your workers.

This work aims to make an application of plant distribution in a different sector for which it has been designed. In our case we are going to apply it to an educational center carrying out the rearrangement of a certain existing space, such as a Technology Workshop-Classroom.

The results will show us the possibility of applying and interpreting this system in other very different areas, demonstrating the enormous usefulness of this S.L.P system "Systematic Layout Planning"

## **KEY WORDS:**

Layout Plant, S.L.P System, application, reordering, educational center and utility.



## 1. INTRODUCCIÓN

Cualquier proceso productivo resulta de la aplicación de una organización sobre tres elementos fundamentales: Operarios, materiales y maquinaria, permitiéndonos obtener así un producto final. Y si estos tres elementos se organizan correctamente, consiguiendo un trabajo eficiente, se consigue así que la producción también lo sea y se evita una continua fuente de pérdidas en todos los aspectos. Pero lamentablemente, en muchos sectores se desconoce que una eficiente implantación de optimización es de gran importancia.

Por desgracia, en muchos sectores no existe ni siquiera consciencia de que el problema de la implantación sea particularmente difícil ni de gran importancia (Maynard, 1955).

Según Muther (1981) hay que considerar que la implantación adecuada de una distribución en planta consiste en la ordenación física de los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores y otras actividades auxiliares.

Además una distribución en planta que no sea adecuada, al no estar en concordancia con la utilización de las diferentes áreas de las que dispone, supone grandes deficiencias para el desarrollo del trabajo y la producción.

Este trabajo se centra en el **problema de distribución en planta de un “Taller de Tecnología”**, en un centro educativo de Educación Secundaria Obligatoria. Puesto que éste puede extenderse a contextos no industriales como hospitales, escuelas, restaurantes y muchos otros (Francis et al., 1992).

Muther (1981) establece la clasificación del problema de distribución en planta de acuerdo con su naturaleza, diferenciando entre:

1. Proyecto de una planta completamente nueva.
2. Expansión o traslado a una planta nueva.
3. Reordenación de una distribución ya existente.
4. Ajustes menores en distribuciones ya existentes.

En nuestro caso partimos de un taller de tecnología de un I.E.S ya existente, sobre el que queremos hacer una nueva distribución del mismo. Por tanto, según la clasificación del problema de distribución en planta de acuerdo con su naturaleza:

Nos centraremos en la **“Reordenación de una distribución ya existente.”**



Las razones principales por los que aparecen estos problemas de distribución, tal como indican [Moore \(1962\)](#) y [Apple \(1977\)](#) son los siguientes:

1. Cambios en el diseño de los productos.
2. Aparición de nuevos productos.
3. Cambios en la demanda.
4. Equipos, maquinaria o actividades obsoletas.
5. Accidentes frecuentes.
6. Puestos de trabajo inadecuados para el personal: problemas de ruidos, temperaturas...
7. Cambios en la localización de los mercados.
8. Necesidad de reducir costes.

En el caso que nos ocupa, las razones principales por las que aparecen estos problemas de distribución son que:

Actualmente el taller cuenta con una distribución muy deficiente, ya que se ha ido ubicando maquinaria y bancos de trabajo en función de las necesidades que han ido surgiendo y sin considerar cual debería de ser la distribución más adecuada. Esto origina que los alumnos se interfieran continuamente en las tareas que tienen que desarrollar para hacer sus correspondientes proyectos de aula, además de una mala organización, confrontación entre ellos, retraso en las tareas, deterioro de los materiales-mecanismos-proyectos en elaboración y herramientas, junto con el riesgo de accidente durante la permanencia en el taller debido a la falta de orden y cumplimiento de las medidas de prevención precisas.

Olvidamos que, al fin y al cabo, es un taller como cualquier otro que pudiera tener una empresa, al que si se le exige ciertas premisas, y que tratamos con alumnado inexperto y que se está iniciando en el desarrollo de este tipo de tareas propias de un proceso de producción.

Por lo tanto las **razones para el estudio de una nueva reordenación** las podemos concretar en las siguientes:

- Los recorridos de los materiales y proyectos en sí son demasiado retorcidos.
- Existen retrocesos en la circulación de los materiales.
- No existe planificación en las operaciones.
- Los puntos de almacenamiento están dispersos y sobra espacio de almacenamiento.
- Excesivos desplazamientos de los alumnos.
- La distribución no permite adaptarse a las condiciones de producción.
- Las primeras operaciones del proceso de producción están alejadas.
- Las áreas de trabajo no están situadas en el mismo orden que el proceso de producción.
- No hay proporcionalidad de espacio en las áreas en función de sus necesidades.



- No hay una correcta distribución de las zonas de paso o circulación, interfiriendo con el trabajo del resto.
- Material, desechos, viruta, etc, almacenado y dejados en zonas de paso no adecuadas.

Por lo que nos ha sido necesario plantearnos el **objetivo principal** de “obtener una distribución de nuestro taller más favorable”, y por tanto, tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilización efectiva del espacio, y aprovechamiento máximo del mismo.
- Integración adecuada de los diferentes elementos que intervienen, es decir, de los factores básicos que afectan a la distribución.
- Movimiento y circulación del material según distancias mínimas. Obteniendo así el mínimo recorrido de materiales y de alumn@s por el aula-taller, evitando los cruces e interferencias. En definitiva utilizar el espacio de la manera más eficaz.
- Disminuir al máximo el trabajo en curso, simplificando al máximo el proceso constructivo de los proyectos escolares.
- Minimizar el gasto de materiales y aprovechamiento máximo del mismo.
- Tener flexibilidad en la ordenación que permita futuras modificaciones y reajustes en planta.
- Satisfacción y seguridad de los alumnos. Eliminando cualquier riesgo de accidente ocasionado por la incorrecta organización y distribución. Además de aumentar la satisfacción y el rendimiento de éstos.
- Se pretende también evitar errores al establecer una nueva redistribución de la ya existente, redistribuciones costosas, pérdidas de tiempo, etc.
- Por último, conseguir un mayor desarrollo de proyectos durante el curso escolar.

Todos estos aspectos los vamos a condensar en los siguientes:

**A.- Principio de integración del conjunto:**

La implantación deberá ser el resultado de la integración de todos los medios de producción.

**B.- Principio de mínima distancia recorrida:**

La mejor distribución va a ser la que permita que la distancia a recorrer por el material entre los alumnos sea la más corta.



**C.- Principio de la circulación o flujo del material:**

Consideraremos como mejor distribución aquella que ordene las áreas de trabajo de modo que cada proceso esté en el mismo orden que la secuencia en la que se tratan, elaboran o montan los proyectos.

**D.- Principio de espacio cúbico:**

Una forma de economizar material será usando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Hay que considerar que los materiales los aportan los propios alumnos y por tanto se ha de considerar aquellos que cuentan con menos recursos económicos familiares.

**E.- Principio de satisfacción y de seguridad (confort):**

La distribución más efectiva será aquella que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los alumnos principalmente, y a continuación para los materiales y las herramientas-maquinaria.

**F.- Principio de flexibilidad:**

La mejor distribución será la que pueda ser reordenada con los menores costes e inconvenientes. Debemos de considerar que el presupuesto que la Consejería asigna a los centros es mínimo y este a su vez se ha de redistribuir por departamentos en función de sus necesidades.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **MATERIALES**

#### **2.1 LOCALIZACIÓN.**

El aula-taller de tecnología se ubica en un Instituto de Educación Secundaria en Almería.

#### **2.2 INFORMACIÓN PREVIA REQUERIDA.** (Recogida de datos)

- Número de alumnado de clase.
- Número de grupos y sesiones de clase que se desarrollan a lo largo de un curso escolar.
- Número de proyectos que se desarrollan. Fluctuaciones del volumen de proyectos a construir, temporalidad, etc.
- Temporalización del desarrollo de proyectos de taller.
- Variedad de materias primas a manipular.
- Material de trabajo existente.
- Herramientas, Maquinaria y dimensionado de la misma.
- Secuenciación del orden de realización de las tareas de trabajo. (Etapas del Proceso de Trabajo que sigue un proyecto de aula).
- Análisis de las etapas del proceso constructivo y de los productos y materiales a utilizar.
- Dimensionamiento real del taller.
- Distribución actual de los bancos y zonas de trabajo.
- Áreas específicas de trabajo y definición de las tareas que se desarrollan.





- Espacio necesario para cada actividad de trabajo. Descripción de las zonas.
- Zonas de almacenamiento de material.
- Zonas de paso y circulación de material y alumn@s.
- Medidas de seguridad establecidas para este tipo de taller que condicionan la distribución. (Consideración de ruidos, polvo, pinturas, distancias de seguridad a maquinaria, espacio mínimo de paso en zonas de trabajo, zonas con riesgo de caída o resbaladizas....)

### **2.3 ALUMNADO DEL TALLER Y SESIONES DE CLASE.**

El alumnado que accede al aula-taller corresponde principalmente a la etapa de secundaria, con edades comprendidas entre los 12 y 16 años de edad.

Actualmente en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía se establece que esta materia se imparte por niveles del siguiente modo:

- a) **1ºESO. Tecnología Aplicada:** Materia de libre configuración autonómica (optativa de obligada oferta) 2h/semanales.
- b) **2º ESO. Tecnología:** Materia específica (obligatoria). 3h/semanales.
- c) **3º ESO. Tecnología:** Materia específica (obligatoria). 3h/semanales.
- d) **4º ESO.**
  - **Tecnología.** 3h/semanales. Vía aplicada o académica.
  - **TIC:** Específica de obligada oferta. 3h/semanales.

No se imparte en el taller, si no en el aula de informática.

- e) **PMAR (2º Y 3º de ESO):** (El Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento)

Los contenidos de Tecnología se pueden ofrecer en los PMAR de tres formas:

Dentro del ámbito científico-Matemático, creando un ámbito práctico o con un grupo de referencia. En nuestro centro no es ofertada esta modalidad.

En 2º y 3º ESO es obligatoria, así que para dicho nivel educativo el número de alumn@s es en su totalidad de hasta 32 alumn@s por clase.

En cambio para 1º ESO la materia es optativa y en 4º ESO es opcional, por lo tanto, son grupos menos numerosos y por ello, no suele ser superior a 20 alumn@s. Aunque este es un número que suele variar cada curso escolar en función de la elección del alumnado.

No obstante, este centro imparte también bachillerato en la modalidad de “Bachillerato Tecnológico”, así que la materia por niveles es:



- **1º Bachillerato.**
  - **Tecnología Industrial I:** asignatura específica de obligada oferta. En este centro en concreto son 2h/semanales, pero hay varias posibilidades para los centros en este bloque horario.
    - Que se cojan dos asignaturas específicas a 2h (2+2) entre ellas TIN I.
    - Que se coja en este bloque una troncal (4h) no escogida anteriormente.
    - Que se coja una asignatura específica y una materia de libre configuración autonómica de ampliación de contenidos (2+2). Estas materias de ampliación puede servir para ofertar la TIN I (2h) y su ampliación (2h).
    - Otras ...
  - **TIC I,** en la misma situación que TIN I. Con 2h/semanales.  
No se imparte en el taller, si no en el aula de informática.
- **2º Bachillerato.**
  - **Tecnología Industrial II:** Asignatura específica de obligada oferta con 4h/semanales.
  - **TIC II:** Asignatura específica de obligada oferta con 4h/semanales.  
No se imparte en el taller, si no en el aula de informática.
  - **Electrotecnia:** Asignatura de libre configuración autonómica de obligada oferta con 2h/semanales.

El bachillerato en este centro lleva muy poco tiempo implantado y por ello son grupos muy poco numerosos, en 1º bachiller hay un total de 8 alumn@s por clase y en 2º bachiller un número similar. Aunque de igual modo como ocurre con los cursos de secundaria en los que la materia es de libre elección para el alumnado, este es un número que suele variar cada curso escolar. Por otro lado es un centro que cuenta con 3 líneas en la etapa obligatoria, con lo cual dispone de 3 clases en cada curso de secundaria y de una única clase de bachiller.

En el siguiente cuadro se muestra un desglose de la carga lectiva por cursos/etapas educativas

<b>1º ESO</b>	<b>2º ESO</b>	<b>3º ESO</b>	<b>4º ESO</b>
2h/semanales.	3h/semanales.	3h/semanales.	3h/semanales.
<b>1º BACHILLERATO</b>		<b>2º BACHILLERATO</b>	
<b>Tecnología Industrial I:</b>	<b>Tecnología Industrial II:</b>	<b>Electrotecnia:</b>	
2h/semanales.	4h/semanales.	2h/semanales.	

Figura1.- Cuadro resumen de carga horaria semanal/etapas.



En el siguiente cuadro se añade a la carga lectiva el número de clases/curso escolar:

<b>1º ESO</b>	<b>2º ESO</b>	<b>3º ESO</b>	<b>4º ESO</b>
1 clase x 2h/semanales=  <b>2h/semanales</b>	3 clases x 3h/semanales=  <b>9h/semanales</b>	3 clases x3h/semanales=  <b>9h/semanales</b>	1 clase x 3h/semanales=  <b>3h/semanales</b>
<b>TOTAL DE HORAS DE CLASE EN ESO</b>			<b>23h/semanales</b>
<b>1º BACHILLERATO</b>		<b>2º BACHILLERATO</b>	
<b>Tecnología Industrial I:</b>	<b>Tecnología Industrial II:</b>	<b>Electrotecnia:</b>	
1 clase x 2h/semanales=  <b>2h/semanales</b>	1 clase x 4h/semanales=  <b>4h/semanales</b>	1 clase x 2h/semanales=  <b>2h/semanales</b>	
<b>TOTAL DE HORAS DE CLASE EN BACHILLERATO</b>			<b>8h/semanales</b>
<b>TOTAL DE HORAS DE CLASE</b>			<b>31h/semanales</b>

Figura 2.- Cuadro resumen de carga horaria semanal total.

El total de horas obtenidas nos indica que desde la 8.30 h de la mañana hasta las 15.00 h de la tarde, que ocupa el horario de clase del instituto de secundaria, el taller se encuentra en pleno rendimiento ocupado por el alumnado que se encarga de la fabricación de los proyectos. Aunque como veremos más adelante esto no es totalmente así, ya que no se ocupa todo el horario de la materia en el desarrollo de los proyectos, en cada trimestre se ocupa un % del horario del mismo.

En el siguiente cuadro se determina el número de alumnos/niveles:

<b>1º ESO</b>	<b>2º ESO</b>	<b>3º ESO</b>	<b>4º ESO</b>
1 clase x 20 alumnos=  <b>20 alumnos</b>	3 clases x 32 alumnos=  <b>96 alumnos</b>	3 clases x 32 alumnos=  <b>96 alumnos</b>	1 clase x 20 alumnos=  <b>20 alumnos</b>
<b>TOTAL DE ALUMNOS EN ESO</b>			<b>232 alumnos</b>
<b>1º BACHILLERATO</b>		<b>2º BACHILLERATO</b>	
<b>Tecnología Industrial I:</b>	<b>Tecnología Industrial II:</b>	<b>Electrotecnia:</b>	
1 clase x 20 alumnos=  <b>20 alumnos</b>	1 clase x 20 alumnos=  <b>20 alumnos</b>	1 clase x 20 alumnos=  <b>20 alumnos</b>	
<b>TOTAL DE ALUMNOS EN ESO</b>			<b>60 alumnos</b>
<b>TOTAL DE ALUMNOS</b>			<b>292 alumnos</b>

Figura 3.- Cuadro resumen del número de clases y alumn@s/etapas.



**2.4 PROYECTOS QUE SE DESARROLLAN-TEMPORALIZACIÓN PRODUCTIVA.**

Cada curso escolar para el desarrollo de los proyectos en el aula se emplea un porcentaje distinto de tiempo en cada trimestre, como se muestra en el siguiente cuadro:

PERIODOS DEL CURSO	PORCENTAJE DE TIEMPO (de cada trimestre empleado en el taller)
Primer trimestre	20%
Segundo trimestre	30%
Tercer trimestre	50%

Figura 4.- Cuadro resumen del porcentaje de tiempo invertido en la producción trimestral.

Por otro lado hay que considerar que los proyectos no se desarrollan de forma individual si no en grupos de 4 alumn@s aproximadamente. Y cada grupo desarrolla un par de proyectos a lo largo de todo el curso escolar.

En el siguiente cuadro se determina el número de grupos de trabajo en el taller.

<b>1º ESO</b>	20 alumnos/4 personas = 5 grupos x 1 clase = 5 grupos
<b>2º ESO</b>	32 alumnos/4 personas= 8 grupos x 3 clases = 24 grupos
<b>3º ESO</b>	32 alumnos/4 personas= 8 grupos x 3 clases = 24 grupos
<b>4º ESO</b>	20 alumnos/4 personas = 5 grupos x 1 clase = 5 grupos
<b>1º BACHILLERATO TECNOLOGÍA INDUSTRIAL I</b>	20 alumnos/4 personas = 5 grupos x 1 clase = 5 grupos
<b>2º BACHILLERATO TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II</b>	20 alumnos/4 personas = 5 grupos x 1 clase = 5 grupos
<b>ELECTROTECNIA</b>	20 alumnos/4 personas = 5 grupos x 1 clase = 5 grupos
<b>TOTAL DE GRUPOS DE ALUMNOS..... 73 grupos de 4 personas</b>	

Figura 5.- Cuadro resumen de grupos de alumn@s (4 personas/grupo).



A partir de tener los grupos de trabajo, en el siguiente cuadro determinamos la cantidad de proyectos que se van trabajar en el taller durante todo el curso:

<b>1º ESO</b>	5 grupos x 2 proyectos= 10 proyectos
<b>2º ESO</b>	24 grupos x 2 proyectos= 48 proyectos
<b>3º ESO</b>	24 grupos x 2 proyectos= 48 proyectos
<b>4º ESO</b>	5 grupos x 2 proyectos= 10 proyectos
<b>1º BACHILLERATO TECNOLOGÍA INDUSTRIAL I</b>	5 grupos x 2 proyectos= 10 proyectos
<b>2º BACHILLERATO TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II</b>	5 grupos x 2 proyectos= 10 proyectos
<b>ELECTROTECNIA</b>	5 grupos x 2 proyectos= 10 proyectos
<b>TOTAL DE GRUPOS DE ALUMNOS.....</b>	<b>146 Proyectos</b>

Figura 6.- Cuadro resumen del número de proyectos que se realizan a lo largo de un curso escolar.

Esta sería la producción de proyectos deseada si el taller pudiera estar a su máximo rendimiento y estos se pudieran desarrollar en el tiempo programado. Pero lamentablemente en la actualidad, con las circunstancias y la distribución con la que cuenta el taller sólo se llega a 1/3 de ésta.

### **2.5 MATERIALES DEL TALLER.**

Debemos de diferenciar entre:

**Materias Primas:** Son materiales de partida o de base con los que realizamos un proyecto técnico. Pueden ser madera (paneles de aglomerado, contrachapado, listones, varillas..), todo tipo de metales (chapas de aluminio, estaño... alambre) , papel de todo tipo, cartulinas, cartón (cartón pluma), corcho, goma eva, fieltro, plastilina, plástico, porexpan, metacrilato, vidrio, cuerdas de cáñamo o nylon, materiales reutilizables (todo tipo de envases como botellas de plástico, latas, cajas de cartón, cartones de huevos, tapones, clips, restos de chapas, pajitas, palillos de pinchos-helados-zapatos, carretes de hilo, bolígrafos gastados, palos de chupachups, perchas de alambre, gomas elásticas, juguetes usados para uso de sus mecanismos, .....), etc.

**Material Fungible:** Es material que se consume con el uso. No es material base, sino que se utiliza para unir materiales, hacer acabados y realizar determinadas operaciones. Ejemplos: clavos, púas, tornillería, silicona, pegamentos, cinta adhesiva y aislante, remaches, conductores, componentes eléctricos y electrónicos, papel de lija, todo tipo de pinturas, etc.



**2.6 HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA DEL TALLER.**

**Herramientas:** Son todos aquellos utensilios que sirven para trabajar con los materiales. Las herramientas pueden ser a su vez:

En cada uno de los siguientes cuadros vemos un resumen de todas las herramientas tipo más empleadas en un taller de tecnología.

▪ **Herramientas auxiliares:**

Figura 7.- Cuadro 1º de tipos de herramientas auxiliares.

<p>Nos sirven de apoyo o ayuda para que otras herramientas realicen adecuadamente su función. Las funciones que realizan pueden ser: sujetar, trazar, medir, comprobar, verificar, limpiar, etc. Las más utilizadas son:</p>			
	<p><b>Escuadra</b> Para trazar y comprobar rectas paralelas, perpendiculares y ángulos de 90º</p>	<p><b>Falsa escuadra</b> Son dos reglas unidas mediante un tornillo que giran libremente. Permite trazar ángulos</p>	<p><b>Brocha</b> Limpia las virutas y restos de materiales de la mesa de trabajo</p>
			
<p><b>Gramil</b> Permite el trazado de líneas paralelas a una de las aristas de la pieza. Puede ser sencillo o doble</p>	<p><b>Punta de trazar</b> Se utiliza para marcar en piezas de metal. Ayuda en posteriores labores de corte o perforación</p>	<p><b>Granete</b> Se utiliza para marcar zonas que van a ser cortadas o perforadas. Es similar a la punta de trazar</p>	<p><b>Carda</b> Cepillo con cerdas de acero para limpiar las limas y las escofinas eliminando los restos de material</p>
			
			<p><b>Micrómetro o Pálmer</b> Permite realizar medidas de gran precisión. También se llama tornillo micrométrico</p>

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet





				
<p><b>Tornillo de banco</b></p> <p>Se usa para sujetar piezas de cualquier material y poder trabajarlas mejor</p>	<p><b>Sargento o presilla</b></p> <p>Sirve para mantener piezas unidas. El carcel es un tipo de sargento</p>	<p><b>Serrucho de ingletes</b></p> <p>Herramienta que permite el corte de materiales con el ángulo que deseemos</p>	<p><b>Caja de Ingletes</b></p> <p>Para hacer cortes a 45° y 90°. Permite una unión de gran precisión entre las piezas cortadas</p>	<p><b>Regla metálica</b></p> <p>Sirve para medir con mucha exactitud. Está sustituyendo a la regla de carpintero plegable</p>
				
<p><b>Calibre</b></p> <p>Mide distancias pequeñas con mucha precisión. También se conoce como pie de rey</p>	<p><b>Nivel</b></p> <p>Para ajustar la verticalidad o la horizontalidad de una superficie</p>	<p><b>Compás de puntas</b></p> <p>Para trazar círculos en el material de trabajo</p>	<p><b>Flexómetro</b></p> <p>Cinta métrica de 2 metros. La cinta es flexible y se enrolla para ocupar menos espacio</p>	<p><b>Tenaza de fijación</b></p> <p>Usada para sujetar piezas. Tiene una utilidad similar al sargento o presilla</p>

Figura 8.- Cuadro 2º de tipos de herramientas auxiliares.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet



			
<p><b>Metro de carpintero</b></p> <p>Su característica principal es que se puede plegar. Suele presentarse en una longitud de uno o dos metros, con plegamientos de 10 cm. Se suelen fabricar de madera y, debido al grosor, la precisión de la medida no es muy fiable.</p>	<p><b>Cinta métrica</b></p> <p>Está formada por una cinta de tela o hule (tela barnizada e impermeable) reforzada con hilos metálicos. Se emplea para medir distancias grandes. Las hay de muchos tamaños, normalmente entre los veinte y los cien metros. La precisión es de 0,5cm. Para que la medida sea lo más correcta posible la cinta se ha de mantener estirada durante la medición.</p>	<p><b>Punzón</b></p> <p>Consta de un mango de plástico o de madera unido a una aguja de punta cónica metálica. Se utiliza para practicar una pequeña hendidura sobre la superficie de la madera, que indica el punto exacto donde se debe realizar una perforación.</p>	<p><b>Compás de puntas de acero</b></p> <p>Sirve para trazar circunferencias y arcos, así como para transportar medidas.</p>

Figura 9.- Cuadro 3º de tipos de herramientas auxiliares.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet





▪ **Herramientas de mano (o manuales):**

<p>Realizan acciones concretas sobre el material, como corte, acabado, deformación, conformación, montaje, unión, desmontaje, perforación, etc. Algunas de las más importantes son:</p>			
	<p><b>Pistola termofusible</b> Se usa para unir piezas con silicona</p>	<p><b>Grapadora</b> Se emplea para fijar elementos mediante grapas</p>	<p><b>Remachadora</b> Unión mediante remaches de chapas metálicas</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Limas y Escofinas</b></p> <p>Lima de media caña: una parte plana, la otra redondeada.                  Lima plana: las dos caras son planas.                  Lima triangular: en forma de triángulo.                  Escofina de media caña: una parte plana, la otra redondeada.                  Escofina redonda o limatón: en forma de cilindro, redonda.                  Escofina plana: dos partes planas.                  Las escofinas tienen los dientes más grandes y sirven para desbastar madera y materiales blandos. Las limas sirven para alisar y acabar superficies metálicas, aunque a veces se utilicen con madera.</p>		

Figura 10.- Cuadro 4º de tipos de herramientas de mano.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet



				
<p><b>Botador</b></p> <p>Sirve para introducir las cabezas de los clavos en la madera</p>	<p><b>Cutter o cortador</b></p> <p>Sirve para marcar, trazar y cortar</p>	<p><b>Llave plana fija doble</b></p> <p>Permiten apretar y desapretar tornillos y tuercas</p>	<p><b>Tijeras de electricista</b></p> <p>Sirven para cortar y pelar cables y conductores eléctricos</p>	<p><b>Tijeras de papel y cartón</b></p> <p>Se utilizan para cortar y perforar papel y cartón</p>
				
<p><b>Taladro manual o Berbiquí</b></p> <p>Permite perforar materiales blandos como madera, plástico, etc</p>	<p><b>Escoplo</b></p> <p>Para ahuecar madera y cortar. Es similar a las gubias y formones</p>	<p><b>Guillame</b></p> <p>Cepillo cuya cuchilla tiene la misma anchura que la caja, lo cual facilita la limpieza de entrantes</p>	<p><b>Garlopa</b></p> <p>Cepillo provisto de mango y doble cuchilla. Se utiliza para labrar superficies planas</p>	<p><b>Cortatubos</b></p> <p>Herramienta que facilita el corte de tubos de plástico o de metal</p>

Figura 11.- Cuadro 5º de tipos de herramientas de mano.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet



				
<p><b>Segueta</b></p> <p>Se utiliza para cortar paneles de madera de pequeño espesor</p>	<p><b>Llaves Allen</b></p> <p>Llaves con cabeza hexagonal muy utilizadas en la actualidad</p>	<p><b>Llave inglesa</b></p> <p>Permite apretar y aflojar tuercas y racores. Se basa en el principio de la palanca</p>	<p><b>Tenaza de carpintero</b></p> <p>Diseñada para sacar y cortar clavos</p>	<p><b>Alicates universales</b></p> <p>Extrae clavos, alcayatas, chinchetas, etc</p>
				
<p><b>Alicates de corte</b></p> <p>Se usan para cortar cables y alambres</p>	<p><b>Alicate multiagarre, pico de loro o llave extensible</b></p> <p>Utilizado para roscar elementos grandes</p>	<p><b>Tijeras de chapa o cizalla</b></p> <p>Cortan hojalata y planchas metálicas finas</p>	<p><b>Martillo</b></p> <p>Permite clavar y extraer clavos y objetos punzantes así como golpear</p>	<p><b>Soldador eléctrico</b></p> <p>Une piezas de metal aportando estaño (soldadura blanda)</p>

Figura 12.- Cuadro 6º de tipos de herramientas de mano.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet



				
<p><b>Cepillo</b></p> <p>Rebaja la madera hasta el espesor deseado</p>	<p><b>Sierra de arco</b></p> <p>Arco de acero sobre el que se dispone una hoja que se tensa con una palometa</p>	<p><b>Sierra de costilla</b></p> <p>Dispone de una hoja rectangular y rígida para cortes de precisión</p>	<p><b>Serrucho</b></p> <p>Mango con hoja de diversas formas para cortar distintos materiales</p>	<p><b>Serrucho de marquetería</b></p> <p>Más ligero y maniobrable que su hermano mayor</p>
				
<p><b>Gubia</b></p> <p>Se usan para ahuecar madera. Tiene una hoja acanalada</p>	<p><b>Punzón</b></p> <p>Sirve para perforar materiales manualmente</p>	<p><b>Formón</b></p> <p>Permite ahuecar madera y tallarla. La cuchilla suele ser trapezoidal</p>	<p><b>Destornillador</b></p> <p>Utilizado para meter y sacar tornillos</p>	<p><b>Barrena</b></p> <p>Tiene forma de T y sirve para perforar materiales</p>

Figura 13.- Cuadro 7º de tipos de herramientas de mano.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet





• **Máquinas-herramientas:**

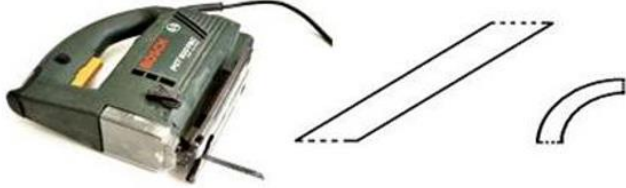




<p>Son herramientas provistas de motor eléctrico que realizan las operaciones de herramientas manuales con mayor precisión e intensidad, disminuyendo el esfuerzo físico de quien las utiliza. Las más importantes son:</p>				
		 <p><b>Fresadora</b> Da forma arrancando material. Ideal para vaciar cajas, rebajes, etc, usando la fresa adecuada</p>	<p><b>Sierra de calar</b> Realiza cortes rectos, a 45° y curvos. Se le acoplan guías para mejorar la precisión</p>	
 <p><b>Sierra de marquetería</b> Permite cortar fácilmente maderas finas pero con poca precisión</p>	 <p><b>Sierra circular</b> Complementa a la sierra de calar. Corta planchas y tableros con gran precisión y rapidez</p>	 <p><b>Taladradora</b> Permite realizar orificios rectos con muy buen control de profundidad</p>	 <p><b>Lijadora</b> Lija la superficie de trabajo. Para desbastar e igualar superficies en mal estado</p>	 <p><b>Amoladora</b> Funciona como lijadora, fresadora y rectificadora según el accesorio que le acoplemos</p>

Figura 14.- Cuadro 8º de máquinas eléctricas.

FUENTE: Elaboración propia con imágenes de internet



### 2.7 FASES DEL “PROCESO PRODUCTIVO.”

Para poder comprender las diversas etapas de las que consta el proceso productivo de un proyecto de tecnología, previamente hay que mencionar las fases del proceso constructivo, como aparece en el siguiente esquema:

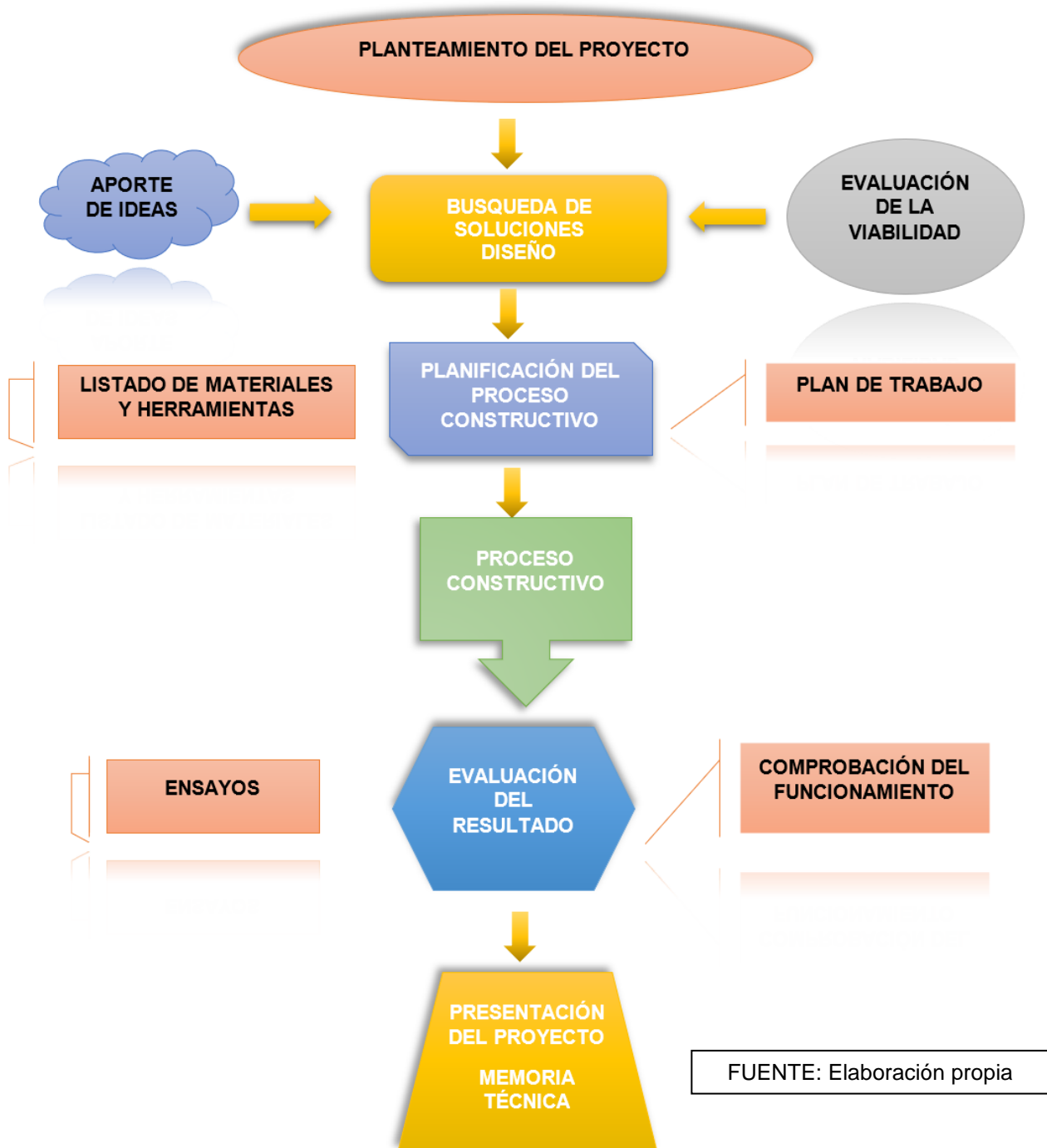


Figura 15.- Fases durante la realización de un Proyecto Tecnológico.



### 2.8 DIAGRAMA DEL “PROCESO PRODUCTIVO.”

En el siguiente diagrama se muestra todas y cada una de las fases que tienen lugar durante nuestros procesos productivos de los proyectos que se realizan en un taller de tecnología, ya que los precisamos para determinar las actividades que se desarrollan y por lo tanto, intervienen para la posible reordenación de la distribución en planta del taller que se pretende realizar.

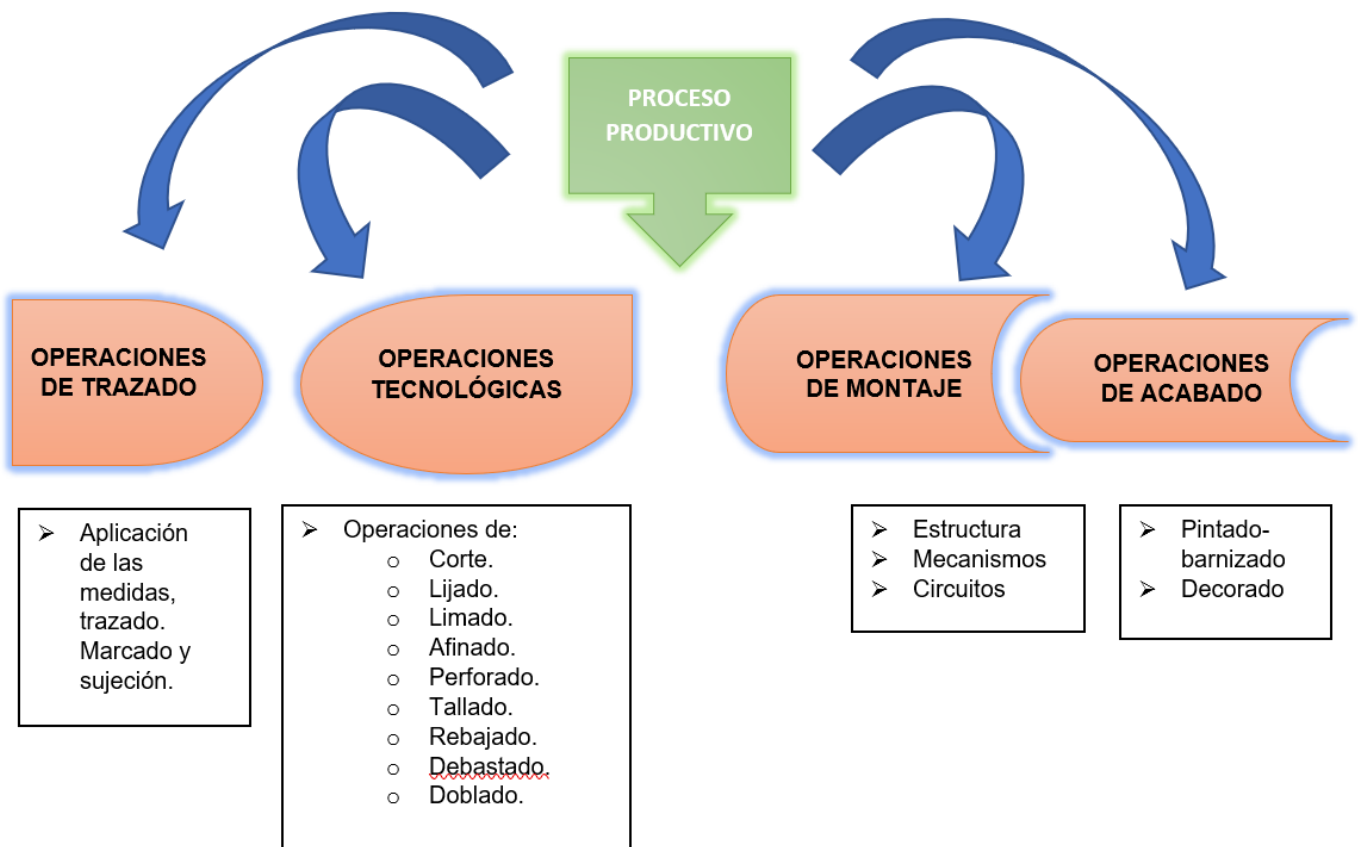


Figura 16.- Diagrama del Proceso Productivo.

FUENTE: Elaboración propia



## **2.9 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO.**

### **2.9.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAL**

En un taller de tecnología se dispone de infinidad de materiales y son muchos los proyectos que se desarrollan cada curso, por ello, es necesario disponer de un lugar adecuado de almacenamiento, tanto para las materias primas como para el material fungible y herramientas en general.

El taller dispone de dos zonas de almacenaje. Uno de los almacenes de los que dispone el aula-taller se usa para almacenar los proyectos que están en fase de construcción y el otro para ubicar las materias primas, el resto de material fungible están en armarios adecuados bajo llave para su control por el profesor/a.

Como se muestra en la siguiente imagen, en el caso de algunas de las herramientas de mano están colgadas en un tablón de herramientas en la zona de mecanizado, y el resto en armarios.

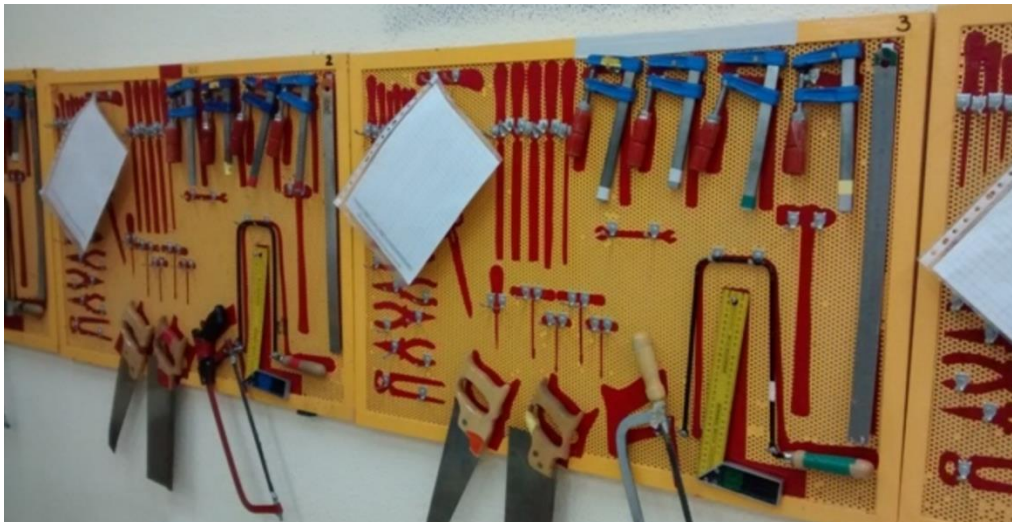


Figura 17.- Panel de herramientas.

FUENTE: Internet. Imágenes

Y por último, las máquinas-herramientas al ser eléctricas, y por tanto peligrosas, deben de quedar fuera del alcance de los alumnos y ser guardadas en armarios, de donde se extraen y usan bajo la supervisión del profesor/a.

La manipulación de los materiales, utensilios de mano y herramientas del aula-taller exige una especial atención por parte del alumnado y del profesorado. La posibilidad de sufrir accidentes aumenta si no se manejan con prudencia, y si no se almacenan y guardan de forma y en un lugar adecuado.





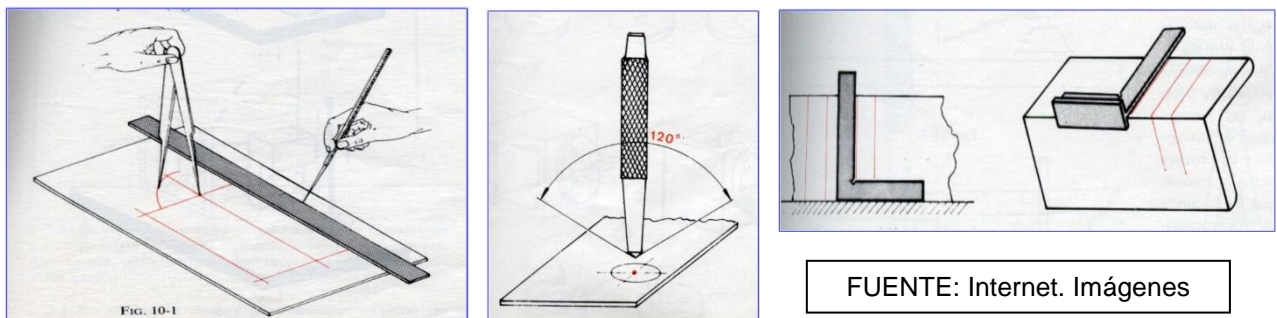
Antes de comenzar con cada una de las siguientes operaciones es muy importante hacer previamente un planificación de los trabajos a desarrollar y para ello realizar un plan de trabajo que incluya todo lo necesario para fabricar cada pieza. Donde se indique qué pieza es ( su nombre), la cantidad de piezas que hay que hacer, el material del que están hechas las piezas, la persona responsable de que la pieza esté bien hecha, las tareas o procesos que hay que seguir para fabricar la pieza y las herramientas y tiempos para hacerlas.

### **2.9.2 OPERACIONES DE TRAZADO.**

Se llama trazar a dibujar el perfil de una pieza sobre el material que se va a emplear en alguna parte del proyecto. Es una operación que requiere mucha precisión pues de ello depende que encajen bien las diferentes piezas que forman la futura maqueta.

Una vez elegido el tipo de material, se debe seleccionar las dimensiones que debe tener el tablero del que se va a obtener las diferentes piezas. Antes de comenzar a cortar las piezas, se debe de tener en cuenta el aprovechamiento del material. Además si se comienza por dibujar las partes rectas de las piezas sobre el borde del tablero, se ahorrará y se podrá emplear ese lado como referencia para trazar las líneas perpendiculares y paralelas a esa cara utilizando la escuadra del panel de herramientas.

Para trazar líneas rectas se podrá utilizar un lapicero blando o, si la madera es blanda, o se trata de un panel metálico podrá hacerse con una **punta de trazar** o un simple clavo. Es preferible utilizar reglas de acero, y si no, se puede utilizar un listón o una regla normal. Para trazar circunferencias, se puede usar un compás normal o de los que hay en el aula de Tecnología, llamado de puntas, que únicamente tiene dos puntas de acero muy duro y puede marcar sobre chapas de acero. Pero previamente se marcará el centro de la circunferencia con un **granete** o clavo. Aunque también está la opción de usar plantillas. En las siguientes imágenes se muestra de ejemplo como se desarrollan estas operaciones:



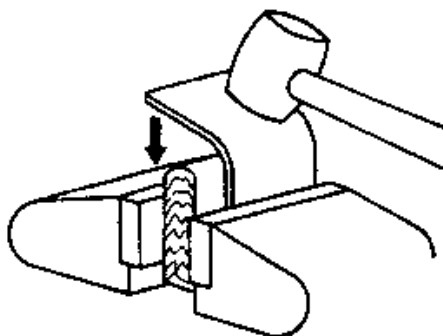
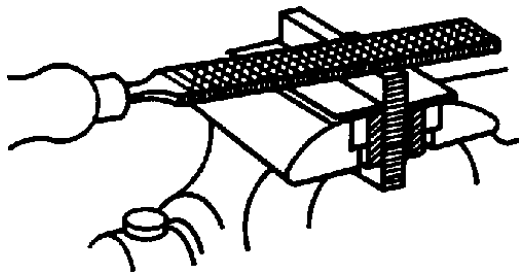
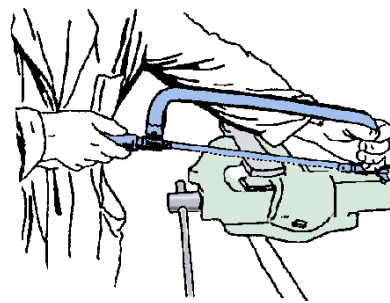
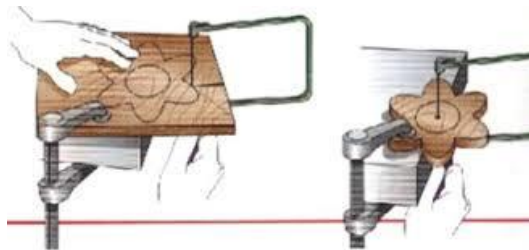
Figuras 18-20.- Operaciones de trazado.



Esta es la única fase del proceso constructivo que puede llevarse a cabo fuera de la zona de los bancos de trabajo, ya que no se requieren herramientas específicas de mecanizado, sino sólo herramientas auxiliares de dibujo que no pueden originar ningún tipo de peligro para el alumn@ o deterioro para el mobiliario del aula-taller.

### **2.9.3 OPERACIONES TECNOLÓGICAS.**

Constituye la fase de mecanizado de la materia prima que se va a usar para hacer los proyectos de tecnología. Conlleva operaciones como: Corte, Lijado, Limado, Afinado, Perforado, Tallado, Rebajado, Debastado, o Doblado. Siendo estas las tareas o procesos que hay que seguir para fabricar las piezas y que se deben de realizar en la zona de los bancos de trabajo, donde se ubican los tornillos de sujeción y junto a la zona donde se sitúa el panel de herramientas manuales y la maquinaria eléctrica. Operaciones como las que se muestran:



Figuras 21-26.- Operaciones Tecnológicas.

FUENTE: Internet. Imágenes



Por otro lado, hay que considerar que esta etapa del proceso viene a ser la fase más peligrosa, ya que se emplea el mayor número de herramientas y se realiza el mayor número de operaciones, por ello, los trabajos tienen que estar más organizados, y por lo tanto, se deben adoptar todas las medidas preventivas y de seguridad posibles y necesarias.

#### **2.9.4 OPERACIONES DE MONTAJE.**

Una vez que se dispone de todas las piezas mecanizadas, se procede a la fase de montaje para formar la estructura mediante la unión de las piezas. Las uniones de las diferentes piezas puede ser fija (pegamentos, ensambles, soldadura, clavos) desmontable (tornillos, tuercas) o incluso móvil (bisagras).

- **Uniones fijas mediante pegamentos:**

En el caso de la **cola**, ésta es un adhesivo líquido que penetra en los poros de la superficie de la madera, es una de las más usadas. En el mercado existen diferentes tipos de cola, cada uno con unas determinadas cualidades.

- ✓ **Cola de contacto.**

Es de adherencia inmediata.

- ✓ **Cola blanca.**

Las piezas tardan en pegarse veinte minutos aproximadamente.

- ✓ **Resinas de dos componentes.**

Son sustancias líquidas.

Ambos componentes se deben mezclar en la misma proporción. El tiempo de secado oscila entre veinte minutos y una hora. Estos productos ofrecen una excelente resistencia al agua.

Como los que se pueden ver en la imagen adjunta:

FUENTE: Internet. Imágenes



Figura 27.- Tipos de pegamentos.

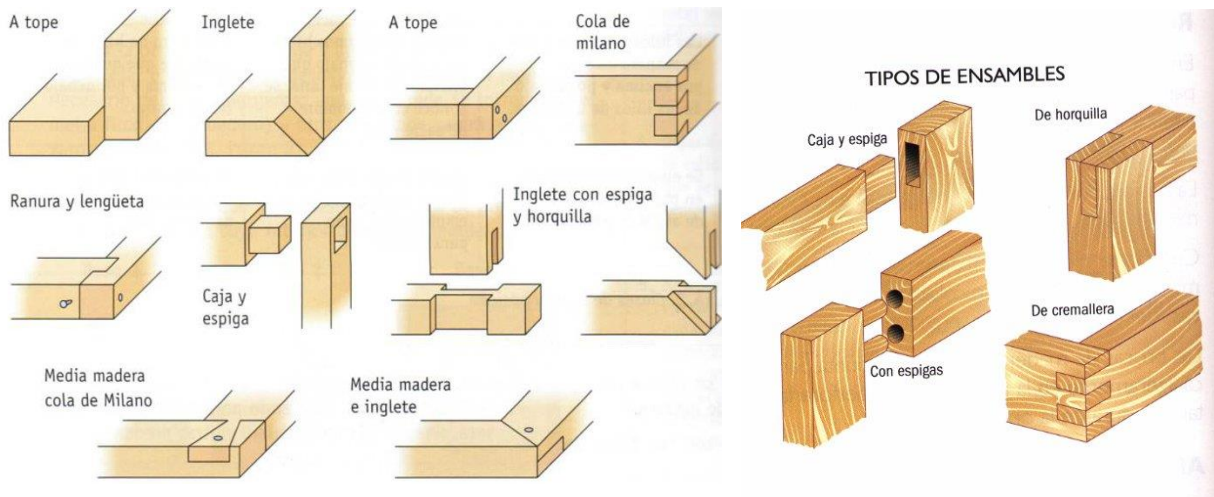
Aunque uno de los pegamentos más utilizados es el de **barra termofusible**, que es aplicado mediante la pistola termofusible que mediante una resistencia caliente y derrite el mismo, facilitando su aplicación gracias a que es de rápido secado y buena resistencia, siendo apto para multitud de materiales.

- **Uniones fijas ensambles:**

Es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo. Ciertos tipos de ensambladuras emplean grapas, clavos o adhesivos, otras en cambio emplean únicamente **madera**. En las uniones mediante ensambles, antes de unir las piezas, hay que dar la forma



adecuada a la zona de cada una de las piezas por donde se va a producir la unión. Las **uniones** entre piezas de madera son más resistentes, como podemos ver en las siguientes imágenes:

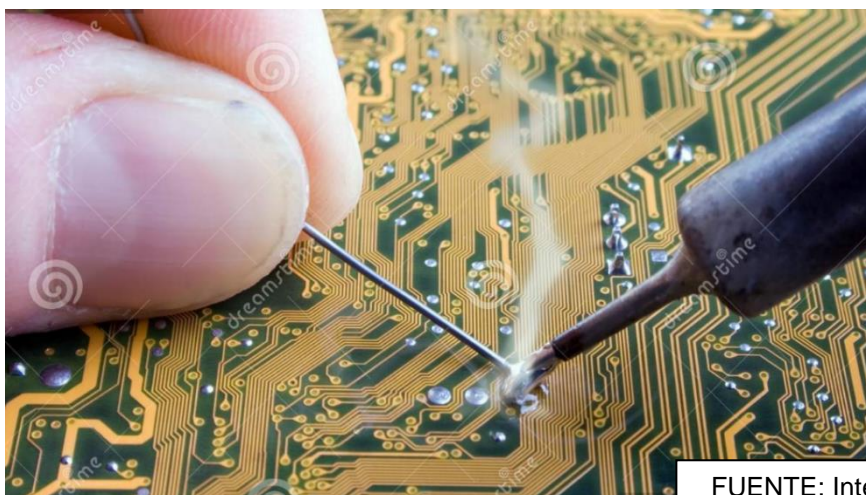


Figuras 28-29.- Tipos de ensamblajes.

FUENTE: Internet. Imágenes

- **Uniones fijas mediante soldaduras:**

Es la unión de materiales por medio de la aplicación de calor y presión sobre sus superficies. Con frecuencia es necesaria la aportación de material, que puede ser de distinta o de la misma naturaleza que el de las piezas que se van a unir. En el primer caso se habla de soldadura heterogénea (blanda o fuerte). Cuando no se utiliza material de aportación o es de la misma naturaleza que el de las piezas que se van a unir, se trata de una soldadura homogénea. Se utiliza principalmente para la unión de componentes eléctricos y electrónicos como podemos ver en la imagen adjunta siguiente:



FUENTE: Internet. Imágenes

Figura 30.- Soldaduras.





### 2.9.5 OPERACIONES DE ACABADO.

- **Uniones fijas mediante clavos:**

El clavado es el método de unión de piezas que no van a requerir ser desmontadas con posterioridad y cuando se requiere gran rigidez. Se aplica, por ejemplo, en trabajos con madera de cierto grosor. Para ello se emplean los clavos de pequeño diámetro con cabeza plana. Cabeza perdida, cilíndrica y ovalada, como se muestra en la imagen adjunta. Realizando su colocación con la ayuda del botador que es una pieza metálica para embutir en la madera las cabezas de los clavos.



FUENTE: Internet. Imágenes

Figura 31.- Tipos de clavos.

- **Uniones desmontables mediante tornillería y tuercas:**

El atornillado es otra forma de unir piezas. Su ventaja, frente al clavado, estriba en la posibilidad de desunir las piezas con mayor facilidad.

Se emplea para ello tornillería y tuercas de acero como se muestra en la imagen adjunta. De forma que un tornillo consta de una varilla roscada y de una cabeza, que puede ser redonda, cilíndrica, hexagonal o avellanada.

Al mismo tiempo que se va montando la estructura se realiza el montaje de los mecanismos y de los circuitos eléctricos, electrónicos o hidráulicos.



FUENTE: Internet. Imágenes

Figura 32.- Tipos de tornillos.



- **Uniones móviles mediante bisagras:**

Una bisagra es un herraje compuesto de dos piezas unidas entre sí por un eje o un mecanismo de forma que fijadas a dos elementos, permiten el giro de uno respecto al otro. Se utilizan principalmente para puertas y tapas, pero pueden tener más aplicaciones, como en el caso de nuestros proyectos de taller. Son muchísimos los tipos de bisagras que existen. Los más comunes para el bricolaje son los siguientes: Bisagras de libro, de piano, desmontables, de pernios, de doble acción, ocultas.....

*Las bisagras de libro*, Son de las más usadas en bricolaje por su sencillez y funcionalidad. Existen multitud de tipos de bisagras de libro (rústicas, de latón, cincadas, etc) y en infinidad de tamaños, pero todas se basan en lo mismo, dos hojas que se abren (como un libro) y que pueden atornillarse a los cantos o a los laterales de los tableros a unir, según el tipo de bisagra y según queramos como sea la apertura. Son las que comúnmente usaremos para nuestros trabajos, tales como las mostradas a continuación:

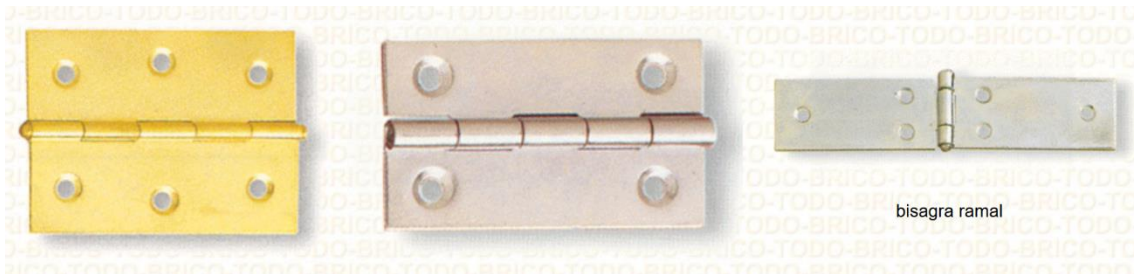


Figura 33.- Tipos de bisagras.

FUENTE: Internet. Imágenes



Los acabados son el conjunto de operaciones a las que se somete a los materiales para embellecerlos dándoles un acabado estético y protegerlos.

Como por ejemplo: Pulir, pintar o barnizar.

La aplicación de las pinturas puede ser a pistola (aunque esta es una forma muy poco común en el taller pues requiere de un compresor), con latas de sprays o a brocha, siendo estas últimas las más usadas, como se puede ver en la siguiente imagen:



Figura 34.- Operación de acabado.

FUENTE: Internet. Imágenes

En el caso de la brocha, es un utensilio compuesto por un mechón de cerdas o fibras que va sujeto al extremo de una varilla. Se fabrica de distintos tamaños y calidades.

Estas cerdas pueden ser de ardilla, buey, cerdo, tejón, comadreja, o marta. No obstante, todas ellas están siendo sustituidas paulatinamente por materiales sintéticos.

También se utilizan para pintar los rodillos, como se puede constatar entre los utensilios mostrados en la imagen:



Figura 35.- Tipos de brochas.

FUENTE: Internet. Imágenes



## MÉTODOS

### 2.10 METODOLOGÍA S.L.P.

Para resolver nuestro problema de distribución en planta del taller de tecnología vamos a emplear el **“Systematic Layout Planning” S.L.P**, desarrollado por Muther (1961).

El procedimiento consiste en fijar:

- Un cuadro operacional de fases.
- Una serie de procedimientos que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación.
- Las relaciones existentes entre ellos.

El proceso a seguir es:

- Identificación de las Actividades y Medios Auxiliares.
- Realización de la Tabla Relacional de Actividades.
- Desarrollo del diagrama Relacional de Recorridos y Actividades (Representación Nodal).
- Determinación de los Espacios-Superficies.
- Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios-Superficies.
- Generación de alternativas.
- Evaluación y selección de la mejor Distribución en Planta.

Es por ello, una metodología organizada y sistemática.

Para abordar el problema hay que pasar por las siguientes fases:

- 1º.- Definición del problema.
- 2º.- Análisis del problema.
- 3º.- Síntesis (generación de alternativas)
- 4º.- Evaluación de las alternativas.
- 5º.- Selección del diseño idóneo.
- 6º.- Implementación y seguimiento.





## 2.11 TIPO BÁSICO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Nuestro tipo de distribución en planta del taller viene a ser una combinación de varios tipos, ya que por un lado tenemos el desplazamiento del material y por otro el de los alumnos, durante el proceso de producción. En nuestro caso será una “**Distribución de un Sistema de Construcción Flexible**”, ya que es una combinación de una *distribución en línea* (el material está en movimiento) y *en proceso* (las operaciones similares y el equipo de alumnos se agrupan de acuerdo con todo el proceso que llevan a cabo).

Teniendo en cuenta que el tipo de movimiento de los medios directos de producción es una **fabricación de utillaje de poca cantidad** (donde el movimiento principal se produce en los alumnos y el material) y el tipo de operación de producción es **la elaboración y fabricación de proyectos tecnológicos**.

## 2.12 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LA METODOLOGÍA S.L.P.

Los elementos que constituyen la base y la llave de entrada de nuestra distribución en planta son cinco:

### **Producto (P), Cantidad (Q), Recorrido (R), Servicios (S) y Tiempo (T).**

Debemos de tener suficiente información de todos ellos para abordar el problema de la implantación.

**Producto (P):** Materias primas, material fungible, piezas compradas, el producto fabricado tanto en curso como ya terminado y los residuos. Clasificamos los productos en grupos de características semejantes ya que disponemos de una gran variedad.

**Cantidad (Q):** Tanto en cuanto los proyectos ya elaborados, como a la del material utilizado. Pero como la cantidad y variedad es muy diversa se han de usar diferentes unidades de medida.

**Recorrido (R):** Consideraremos cada una de las fases del proceso productivo definido con anterioridad.

**Servicios (S):** En nuestro caso la única zona de servicio es el almacén que se precisa para el acopio de material.

**Tiempo (T):** Nos va a influir en los otros cuatro elementos. Y este viene condicionado por el calendario del curso escolar.

En el siguiente diagrama se puede ver la relación entre ellos:



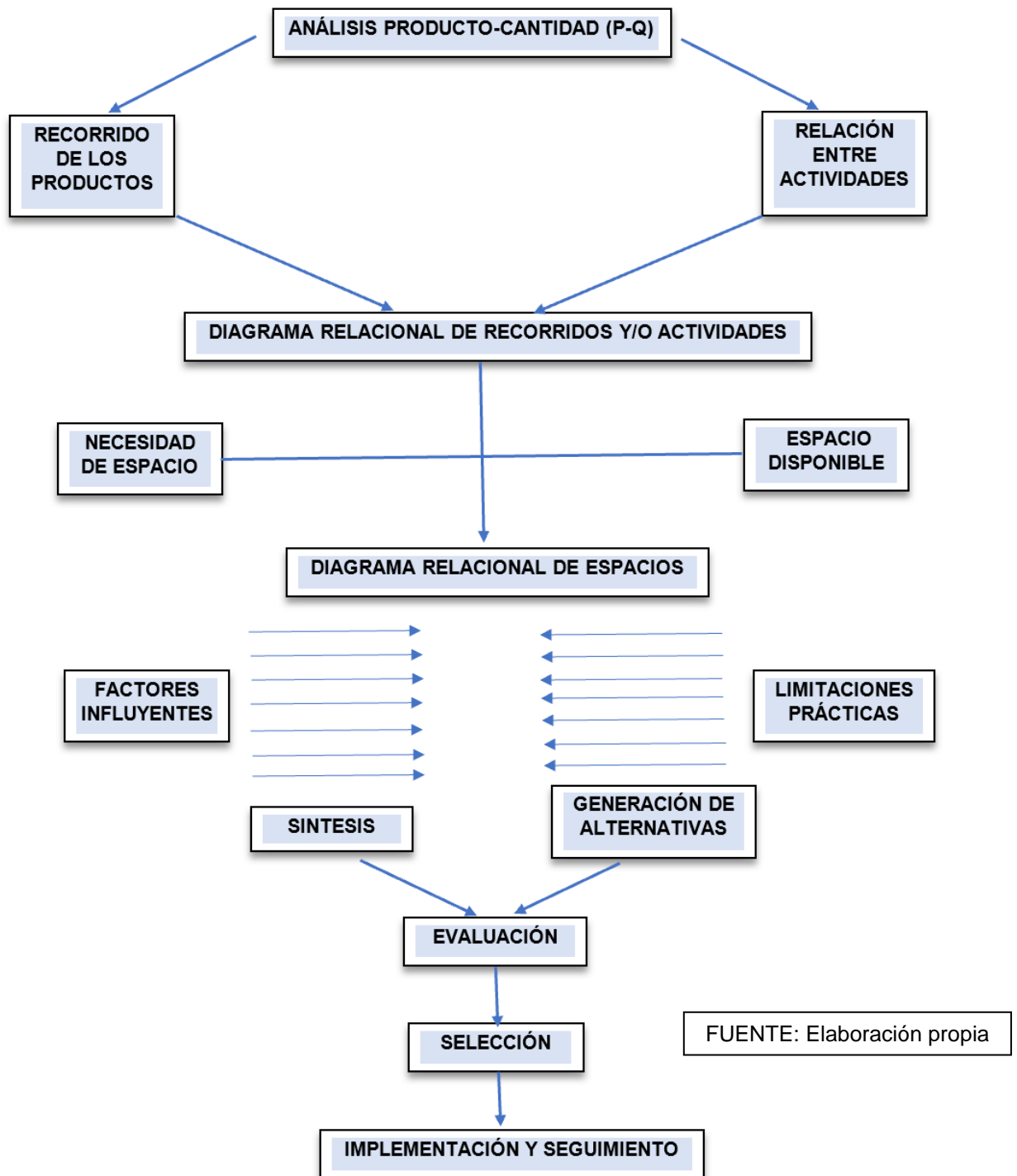


Figura 36.- Diagrama de las fases del método S.L.P



### 2.13 FASES QUE COMPONEN ESTE MÉTODO.

#### Análisis producto-cantidad (p-q):

Cuenta con las siguientes etapas:

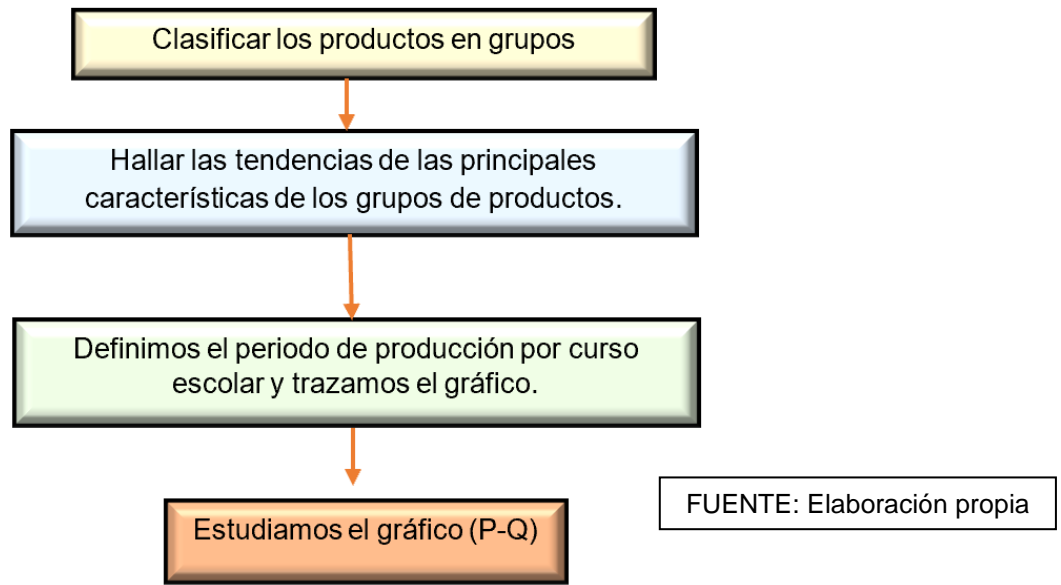


Figura 37.- Etapas en el análisis de producto-cantidad.

En el siguiente gráfico representamos la producción de una amplia variedad de proyectos que se desarrollan en el taller, todos ellos de naturaleza muy diferente, y producidos en medianas cantidades. Lo que nos muestra como hemos dicho con anterioridad una **distribución en proceso**, no hay ningún producto destacable por encima de los demás.

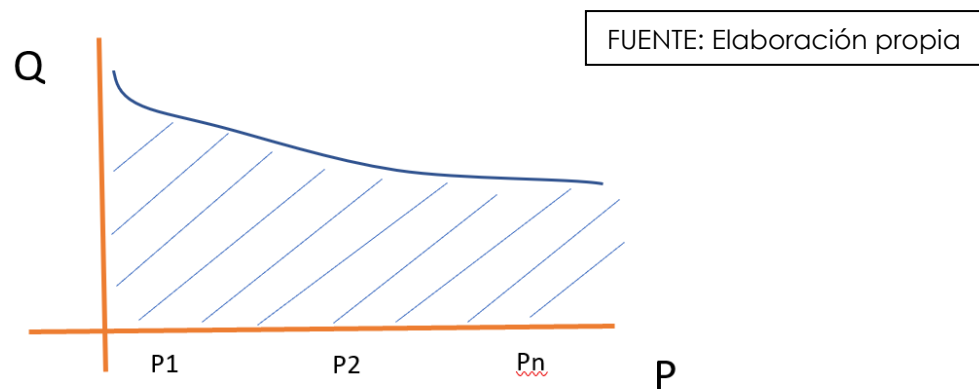


Figura 38.- Gráfico de la producción de los proyectos de taller.



**Análisis del recorrido de los productos:** Es la base en la que se funda la distribución e implica la determinación de los movimientos de los materiales a lo largo de las diversas etapas del proceso.

Según el número y la cantidad de los productos, el análisis del recorrido de los productos se puede realizar de tres formas:

- Diagrama de recorrido sencillo: Cuando hay uno o muy pocos productos en grandes cantidades.
- Diagrama multiproducto: Cuando hay pocos productos.
- Tabla matricial: Cuando hay multitud de productos diferentes.

**Relación entre actividades:** Es la fase en la que se establece las relaciones de proximidad entre las actividades, refiriéndose no sólo a las productivas sino también a todas aquellas que son precisas para el desarrollo del proceso productivo.

Para establecer esta relación se utiliza la “Tabla Relacional de Actividades”, a través de la cual las actividades se cruzan en las casillas. Y las relaciones entre las actividades deben de registrarse por unos criterios o motivos.

**Diagrama relacional de recorridos y actividades:** Representa las relaciones existentes entre las actividades y la importancia de la proximidad relativa de cada una de ellas. Muther establece para la realización de este diagrama unas normas de trazado.

**Necesidad y disponibilidad de los espacios: Determinación de los espacios-superficies:** A continuación se procede a definir la necesidad de las superficies para cada actividad y a ver la disponibilidad de espacios que realmente existe, haciendo un reajuste entre ambas.

**Diagrama relacional de espacios-superficies:** Se obtiene a partir del diagrama relacional de actividades. Se representa de igual forma, pero los símbolos que representan las actividades están dibujados a escala.

**Síntesis generación de alternativas:** A partir del diagrama de superficies se pueden obtener varias alternativas.

**Evaluación y selección:** Para determinar la evaluación se utiliza la metodología de multicriterio, empleando diversos criterios para la evaluación.



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 RELACIÓN ENTRE ACTIVIDADES.

Dentro del taller existen una serie de actividades consideradas como directamente productivas, siendo aquellas en las que los materiales, herramienta/maquinaria y alumn@s se ven directamente involucrados. Y para establecer las relaciones que existen entre ellas hemos usado el análisis de recorrido. No obstante, para estudiar la relación existente con los Medios auxiliares de Producción, recurrimos a la **“Tabla Relacional de Actividades”**, la cual es un cuadro organizado en diagonal en el que aparecen las relaciones entre cada actividad y todas las demás actividades.

Puesto que se precisa un procedimiento sistemático que nos permita relacionar las actividades, identificando y caracterizando esas relaciones e integrando los servicios considerados no directamente productivos, como en nuestro caso puede ser el almacén o la zona de aula.

#### 3.2 ANÁLISIS DEL RECORRIDO DE LOS PRODUCTOS.

En proceso de distribución en planta se inicia con la definición de nuestro proceso productivo, es decir, identificando las actividades que intervienen en nuestro taller, y que suponen el manejo, transformación o tratamiento de materias primas y manipulación de productos. Y una vez identificadas estas actividades hemos hecho una ordenación secuencial de las mismas, llegándose así a obtener nuestro análisis de recorrido de productos, entre dichas actividades.

El Análisis del Recorrido de los Productos nos ha implicado la determinación de la secuencia de los movimientos del material a lo largo de diversas etapas del proceso, a la par que la intensidad o amplitud de esos desplazamientos.

En el caso que nos ocupa se va a llevar a cabo el análisis del recorrido a través de un **“diagrama de recorrido sencillo”**, puesto que en cada clase se lleva a cabo la producción de varios proyectos iguales pero en los que se emplean grandes cantidades de materiales.

En cuyo caso nos basaríamos en el diagrama del Proceso Productivo siguiente:



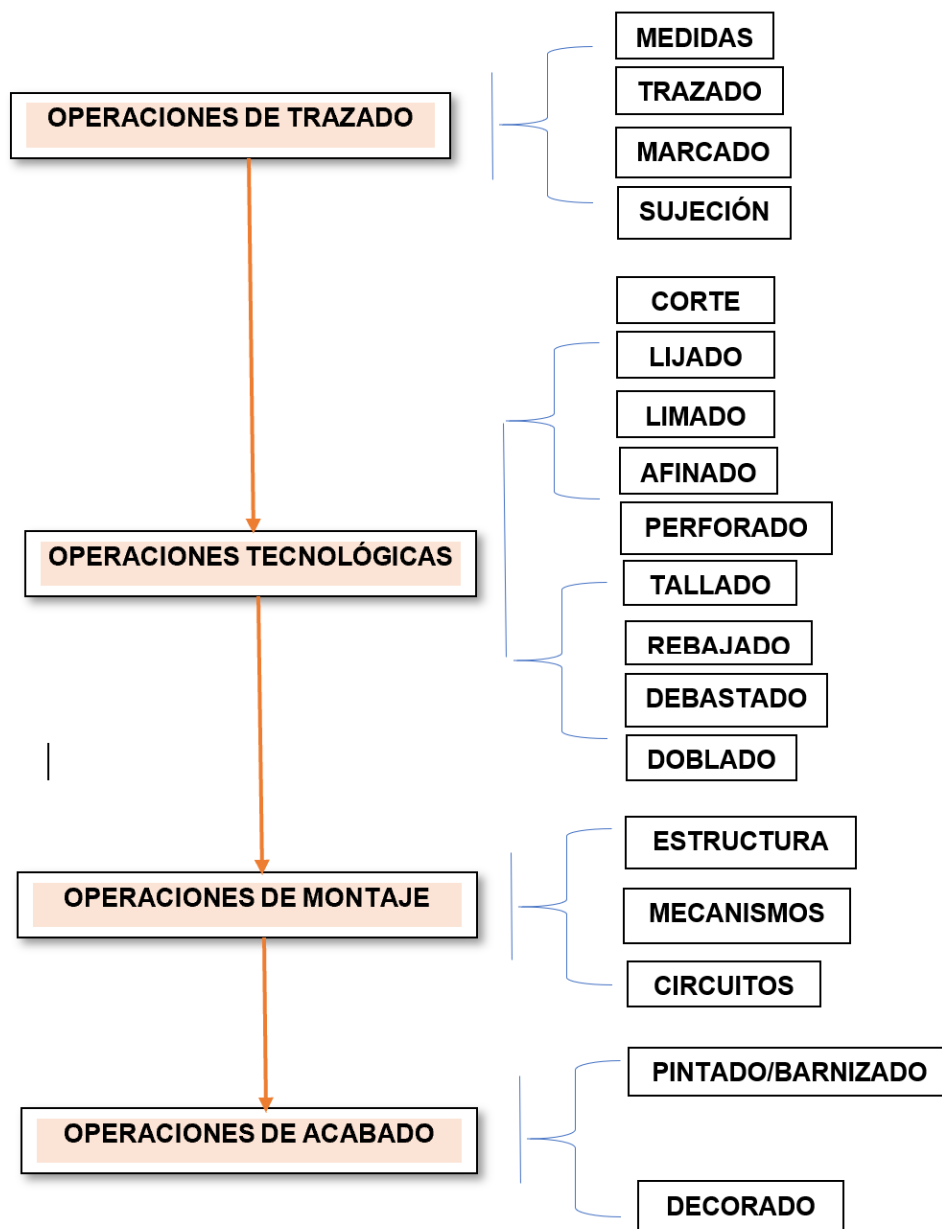


Figura 39.- Diagrama del Proceso Productivo

FUENTE: Elaboración propia



### 3.3 TABLA RELACIONAL DE ACTIVIDADES.

Para conocer la relación entre actividades hemos realizado la Tabla Relacional de Actividades, en la que figuran todas las actividades que se desarrollan en el proceso productivo e incluso las que sin formar parte de dicho sistema son necesarias para que funcione correctamente el proceso, como por ejemplo la zona de almacenaje de materia prima, zona de almacenamiento de material fungible, zona de almacenaje de proyectos, zona del cuadro de herramientas, zona de maquinaria y zona lavadero.

En esta tabla aparecen las relaciones de proximidad de cada una de las zonas con las demás, de una forma normalizada y justificada. Para ver cuál es la relación existente entre dos actividades basta con desplazarse a través de las líneas oblicuas correspondientes a cada una de ellas hasta encontrar la primera casilla común. Esa casilla está dividida en dos partes iguales por una línea horizontal. En la parte superior se indica la intensidad de proximidad elegida mediante un código, que para ayudar a su visualización se utiliza un código de colores y en la parte inferior se señalan los motivos por los que se ha considerado la necesidad de proximidad.

Para caracterizar las relaciones entre las actividades hemos establecido:

a) La lista de actividades y zonas de servicios:

<b>Actividades:</b>	Operaciones de trazado Operaciones Tecnológicas Operaciones de Montaje Operaciones de Acabado
<b>Medios</b>	Zona almacén de materia prima
<b>Auxiliares de producción:</b>	Zona almacén de material fungible Zona almacén de proyectos Zona panel de herramientas manuales Zona maquinaria Zona lavadero Zona aula



b) El conjunto de criterios o aspectos bajo los cuales hemos estudiado la necesidad de proximidad entre las diferentes actividades:

<b>CÓDIGO</b>	<b>MOTIVO</b>
1	Flujo de material
2	Utilización de accesorios y material común
3	Limpeza y olores
4	Necesidad de uso de equipos
5	Necesidad de inspección y control
6	Proximidad en el proceso
7	Ruido
8	Importancia del contacto directo
9	Orden y organización
10	Necesidad de uso de maquinaria

Figura 40.- Cuadro de criterios para el estudio de las necesidades de proximidad.

c) Una escala de relación para evaluar esa necesidad de proximidad entre algunas de las actividades, para poder así cuantificarlo con un baremo homogéneo. Usándose la escala de valoración propuesta por Muther:

FUENTE: Elaboración propia

<b>RELACIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>COLOR</b>
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Naranja
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	Amarillo
X	Rechazable	Marrón

Figura 41.- Cuadro de escala de valoración.

FUENTE: Elaboración propia







Al configurar esta Tabla Relacional se ha avanzado en el análisis del problema y se ha permitido considerar principios que hasta ahora no se habían tenido en cuenta, como el de la seguridad, confort y la integración, que ahora se hacen patentes al cualificar las relaciones. Hay que recordar que el Análisis del Recorrido se basa en el principio de circulación y mínima distancia.

### **3.4 DIAGRAMA RELACIONAL DE RECORRIDOS Y ACTIVIDADES.**

Se va a partir de la Tabla Relacional de Actividades, obtenida gracias al análisis conjunto del recorrido de materiales y productos, junto con el estudio de las relaciones entre las Actividades, se realiza el diagrama nodal mediante la representación de un grafo, que va a establecer la disposición relativa de la secuencia de actividades y la importancia de su proximidad.

Muther (1968) lo denomina “**Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades**”.

Puesto que hemos **optado por valorar en partes iguales la intensidad del recorrido de los productos y los valores relacionales de la Tabla Relacional de Actividades.**

Nuestro diagrama no presenta demasiada complejidad ya que no existe un número excesivo de actividades o medios auxiliares, contamos sólo con 11 entre ambos.

El objetivo es encontrar un grafo en el que se muestren las relaciones existentes entre las diferentes actividades intentando que no existan cruzamientos, al menos entre las líneas que representen las relaciones de mayor intensidad, lo que en teoría de grafos se denomina el Grafo Planar Ponderado Maximal. Este planteamiento obedece a dos principios básicos de la distribución en planta: El principio de circulación o flujo de materiales y el de la mínima distancia.

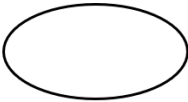


Establecemos dos puntos esenciales para el trazado del diagrama:

- 1.- Un Conjunto sencillo de símbolos para identificar las actividades.
- 2.- Un método para indicar la proximidad relativa de las actividades.



Para ello emplearemos:

a) **Un símbolo por cada tipo de actividad**, integrando los Medios Auxiliares de producción y siguiendo este esquema:

SIMBOLO	TIPO DE ACTIVIDAD
	ZONA DE SERVICIO
	OPERACIÓN PRODUCTIVA
	ZONA DE ALMACÉN

FUENTE: Elaboración propia.

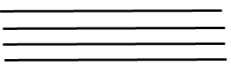
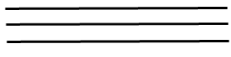
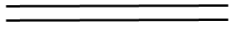


Figura 43.- Simbología de cada tipo de actividad.

b) **Una cifra convencional por cada actividad**, que se inscribe en el símbolo que corresponde a cada actividad y esta corresponde a la línea en la que se encuentra la actividad en la Tabla Relacional de Actividades. Como indicamos a continuación.

1. Operaciones de trazado
2. Operaciones Tecnológicas
3. Operaciones de Montaje
4. Operaciones de Acabado
5. Zona almacén de materia prima
6. Zona almacén de material fungible
7. Zona almacén de proyectos
8. Zona panel de herramientas manuales
9. Zona maquinaria
10. Zona lavadero
11. Zona aula



c) **Un número de trazos para indicar la intensidad de recorrido o de la relación.** Siguiendo el cuadro de leyenda gráfica siguiente:

RELACIÓN	NÚMERO DE TRAZOS
A	
E	
I	
O	
U	
X	

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 44.- Simbología de trazos para la intensidad del recorrido/relación entre actividades.

d) Cabe la posibilidad del empleo de colores convencionales para la misma relación. Pero no vamos a hacer uso de estos.

Para proceder a su representación se dispone en primer lugar la actividad o medio auxiliar de servicio que tenga más relaciones A y mínima distancia. Una vez dispuesto la primera actividad o medio auxiliar, se colocan a su alrededor el resto dependiendo del tipo de relación que tengan unos con otros y su recorrido. Se empezará siempre por las relaciones tipo A existentes entre los ya colocados. En caso de no existir ya más relaciones tipo A se pasaría a las de tipo E, I, O, U y X. Se emplea simbología distinta y las relaciones entre ellos se representan con líneas. Dentro de la figura representada vendrá el número que lo identifica. Cuanto más importante sea la relación, más líneas tendrá. Tras la inclusión de todas las relaciones, aparecen líneas cortas que muestran las relaciones de tipo A, las líneas largas la relación X (que en nuestro caso no existe ninguna) y por último se muestran las relaciones intermedias con una longitud de línea media.



El resultado se muestra en el siguiente diagrama:

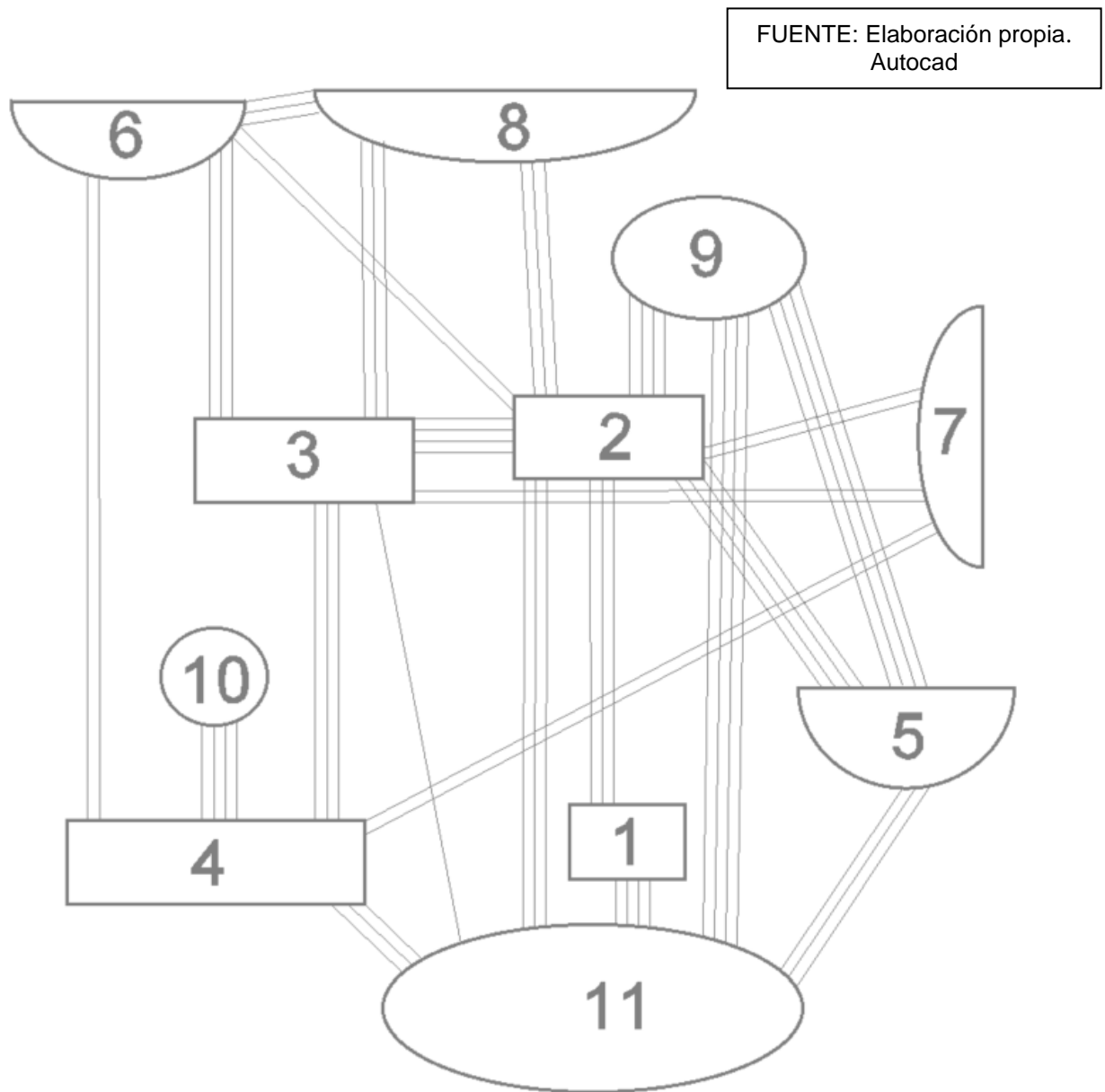


Figura 45.- Primer diagrama relacional de recorridos y actividades.

En el siguiente cuadro se hace referencia a la leyenda utilizada en el diagrama anterior:

LEYENDA	
1. OPERACIONES DE TRAZADO	6. ZONA ALMACÉN DE MATERIAL FUNGIBLE
2. OPERACIONES TECNOLÓGICAS	7. ZONA ALMACÉN DE PROYECTOS
3. OPERACIONES DE MONTAJE	8. ZONA PANEL DE HERRAMIENTAS MANUALES
4. OPERACIONES DE ACABADO	9. ZONA MAQUINARIA
5. ZONA ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	10. ZONA LAVADERO
	11. ZONA AULA

Figura 46.- Cuadro de leyenda.

FUENTE: Elaboración propia.

Para el trazado de este diagrama se ha tenido en cuenta el factor emplazamiento, buscando un gráfico que nos muestre la disposición ideal de las diferentes actividades. Puesto que el gráfico está basado en datos reales, al ser ya una planta existente, y por ello se ha partido de un plano real a escala que hemos dibujado en Autocad, tras obtener las medidas de la planta del taller y se ha establecido las relaciones entre las actividades sobre éste, incluyendo ya, de alguna manera la distribución más o menos real.

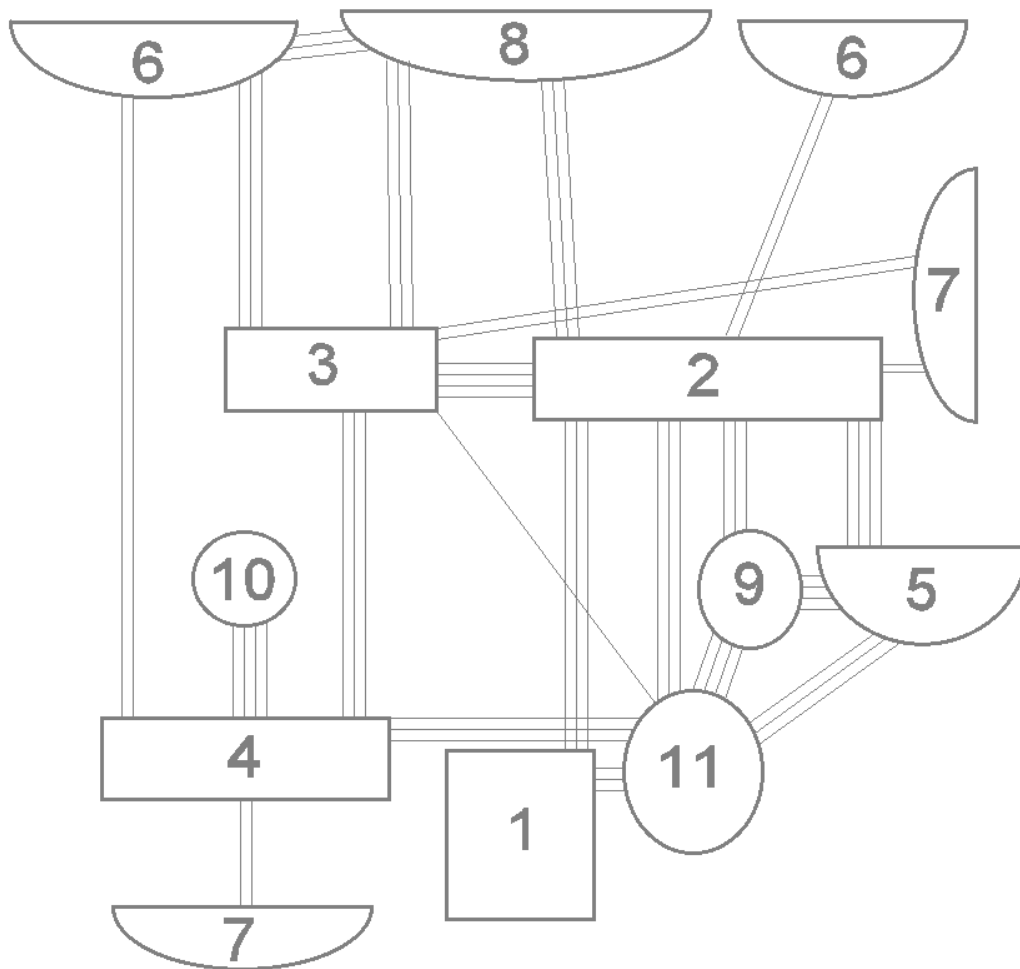
Por otro lado, el objetivo ha sido encontrar un grafo en el que se muestren las relaciones existentes entre las diferentes actividades y medios auxiliares, pero que existan los menos cruzamientos posibles, al menos entre las líneas que muestran las relaciones de mayor intensidad.

Como podemos observar en el grafo, la zona de almacén de proyectos interfiere en la operación de acabados y de montajes. Podemos ver que se cruza con varias actividades, con lo cual se va a rehacer el diagrama dividiendo esta zona en dos. Y con la zona de almacén de material fungible hacemos lo mismo.

Del mismo modo que vemos con claridad que la zona actual donde se ubica la maquinaria no es la adecuada, ya que queda lejos de la supervisión y control que debe de ejercerse desde el aula. Así como la zona del aula, donde se ubica la mesa del profesor, debe de cambiar de posición con respecto a su situación inicial para facilitar la supervisión del resto de actividades que se desarrollan en el taller.



Haciendo estos cambios el diagrama queda del siguiente modo:



FUENTE: Elaboración propia.  
Autocad

Figura 47.- Segundo diagrama relacional de recorridos y actividades.





### **3.5 DETERMINACIÓN DE LOS ESPACIOS-SUPERFICIES.**

El siguiente apartado se ha realizado siguiendo las recomendaciones existentes en los libros de referencia que mencionamos:

- Como nos indica [Neufert \(2013\)](#), a través de él obtenemos de información principal sobre todas las cuestiones relacionadas con el proyecto de edificación.
- Como indican los Documentos Básico de Seguridad [DB-SUA \(2006\)](#) y [DHR-SUA. \(2006\)](#), estos son el marco normativo que nos establece y desarrolla las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, permitiendo demostrar que se satisfacen los requisitos básicos de la edificación que establece la Ley.
- Como establece la [Ley 31/1995](#) y el [Decreto 486/1997](#), de los que obtenemos las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.)
- Según [Muther \(1968\)](#), queda establecida la ordenación de los elementos de un sistema de producción industrial.
- Según el [Real Decreto 1004/1991](#), por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan enseñanzas de régimen general no universitarias.

Como punto de partida previo se ha elaborado un inventario lo más completo posible de maquinarias, instalaciones, etc., con las dimensiones de las mismas, para determinar el espacio real que nos ocupa y las necesidades reales, además de determinar las actividades que requieren más espacio y las distancias de seguridad necesarias entre los puestos de trabajo. En nuestro caso, al tratarse de pocas actividades y de una instalación con recursos sencillos no se hace preciso utilizar las hojas de datos que incluyan las dimensiones y características

Partimos de los siguientes datos:

El trabajo que se realiza en un aula-taller de tecnología no puede llevarse a cabo en un aula convencional, ya que estas no disponen de las herramientas, materiales ni bancos de trabajo adecuados para desarrollar proyectos técnicos escolares propios de esta materia. Se requiere un aula-taller adecuada para tal efecto.



Según nos establece Neufert (2013) *“una aula general que no sea de un uso especial debe de disponer de una superficie  $\leq 1,8$  a  $2 \text{ m}^2/\text{alumno}$ , y un volumen de aire  $\leq 5$  a  $6 \text{ m}^3/\text{alumno}$ , y en el caso de salas de enseñanza técnica se requiere un mínimo de  $2 \text{ m}^2/\text{puesto}$ ”* (consideración que tendremos en cuenta en la zonas de realización de operaciones tecnológicas y de montaje), *“debiendo de ubicarse preferentemente en la planta baja y de forma que el ruido que se generan no molesten al resto de las aulas. Considerando las zonas de trabajo de acuerdo a su similitud a la técnica de la madera”*.

Según la normativa establecida (Real Decreto 1004/1991), éste debe de tener una dimensión mínima de  $100 \text{ m}^2$  de superficie, y a su vez esta aula-taller en estudio actualmente dispone de 3 áreas diferenciadas, pero integradas:

- ✓ **AULA:** Donde se imparte las clases teóricas y donde transcurre gran parte del tiempo lectivo y tienen lugar la mayor parte de las tareas: el profesorado explica, los alumnos y las alumnas proponen soluciones, dibujan, consultan libros, debaten sus ideas, planifican, exponen informes, etc. Dispone de mesas tipo bancos, taburetes, pizarra de tiza, y pantalla extensible para el retroproyector (ubicado en techo). Dispone de  $50 \text{ m}^2$ .
- ✓ **TALLER:** Es la zona en la que se realizan trabajos técnicos que requieren el uso de herramientas y maquinaria, o de equipos de instalación fija. Muchos de estos trabajos son ruidosos o polvorientos y pueden resultar molestos. Por esta razón conviene que los espacios del aula y el taller estén separados, pero a la vez que se pueda facilitar el control, por parte del profesor o profesora, de las tareas que se realicen en ambas zonas de forma simultánea. Es la zona de bancos metálicos con taburetes con maquinaria junto a los paneles de pared con herramientas y zona de lavadero-fregadero. Dispone de  $35 \text{ m}^2$ .
- ✓ **ALMACENES:** sirve para guardar los materiales y componentes que se usan en el área, los instrumentos delicados y aquellos equipos o herramientas que requieren de un cuidado especial. Las actividades propias del mantenimiento y el servicio del almacén ofrecen, además, algunas posibilidades de interés didáctico ligadas al orden, la planificación y la organización del trabajo. Nosotros disponemos de dos; uno de ellos es destinado para guardar materiales y otro los trabajos que se van realizando a lo largo del curso escolar. Entre ambos se dispone de  $20 \text{ m}^2$ .



Como se puede observar se destina mayor espacio al área de aula que al propio taller en sí, cuando en realidad en el taller de tecnología no se imparten clases teóricas. Sólo será durante las operaciones de trazado cuando el alumnado permanezca ubicado como en un aula general.

Tenemos que considerar que la zona que más espacio requiere es donde se realizan las operaciones tecnológicas pues es el área donde las medidas de seguridad de separación entre los bancos de trabajo para el manejo de herramientas y materiales deben de cumplirse, requiriéndose por ellos un mayor distanciamiento entre los puestos de trabajo.

Por otro lado el taller dispone de dos almacenes, siendo sólo necesario 1 de ellos para tan sólo el acopio de materia prima. Los proyectos que se van elaborando se pueden ubicar en estantes sustentados de las paredes junto a las zonas de trabajo, siendo esto mucho más cómodo para los alumnos y además, de este modo gran parte que ocupa la zona de almacenaje puede ser cedida a las restantes zonas del proceso productivo.

Para la determinación de los espacios reales necesarios hemos utilizado la combinación de varios procedimientos, entre el método de las **Normas de Espacio** y del **Método del Cálculo**, puesto que el primero no constituye del todo un método preciso al no existir estándares del todo fiables, a diferencia del segundo método.

➤ Con el método de las **Normas de Espacio** la estimación de la superficie la obtenemos a través de estándares que se obtienen a base de sumar todas las superficies correspondientes de los diferentes elementos del sistema productivo y en el caso que sea necesario multiplicar por los coeficientes que nos permitan considerar ciertos aspectos como las zonas comunes de los pasillos, que no es nuestro caso.

Lo aplicaremos en zonas de medios auxiliares.

➤ En cambio el **Método del Cálculo** implica el fraccionamiento de cada actividad en subsectores y elementos de superficie total. Se trata por ello de determinar el número de elementos necesarios, en base a una previsión, y por otro lado, de determinar el espacio ocupado por cada uno de esos elementos. De tal forma que es necesario saber el volumen de producción junto con el ritmo de trabajo de los alumnos (que no es constante), para saber así el número de puestos necesarios en cada área para el desarrollo de las actividades. Lo tendremos en cuenta principalmente en las zonas de mayor actividad donde se desarrollan las operaciones de mecanizado.



En la determinación de las superficies hemos considerado:

- La **Superficie Estática (S<sub>s</sub>)** (instalaciones, muebles y maquinaria).
- La **Superficie de Gravitación (S<sub>g</sub>)** (utilizada alrededor de los puestos de trabajo por los alumnos y del material acopiado durante el curso escolar), la cual determinamos haciendo uso de la siguiente formula:

$S_g = S_s \times N$	<b>(1)</b>
----------------------	------------

**Siendo:**

S<sub>g</sub>= Superficie de Gravitación. (m<sup>2</sup>)

S<sub>s</sub>= Superficie Estática. (m<sup>2</sup>)

N= número de elementos alrededor de los que se trabaja. (ud)

- La **Superficie de Evolución (S<sub>e</sub>)** (reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal y el manutención), la cual la determinamos haciendo uso de la siguiente formula:

$S_e = (S_s + S_g) \times K$	<b>(2)</b>
------------------------------	------------

**Siendo:**

S<sub>e</sub>= Superficie de Evolución. (m<sup>2</sup>)

S<sub>s</sub>= Superficie Estática. (m<sup>2</sup>)

S<sub>g</sub>= Superficie de Gravitación (m<sup>2</sup>)

**K** dependerá de la actividad que en nuestro caso es de **mecanizado en ciertas áreas** y por lo tanto su valor oscila **entre 1,5-2**.

En nuestro caso existen zonas como las de Operaciones de trazado o de almacén de materia prima donde sólo se consideraran los estándares. Del mismo modo que no se considera en la materia prima o material de desecho que se ubica junto al puesto del alumno, durante su actividad de trabajo, puesto que no se trata nunca de un acopio muy grande.

Dentro de la nueva planta de distribución vamos a requerir las siguientes superficies para las distintas actividades y medios auxiliares:

- **Zona para las Operaciones de Trazado- Zona Aula:**

Es la primera operación del proceso productivo que realizan los alumnos. No se requiere de bancos específicos de trabajo, pero sí de mesas para dibujar. Debiendo de ubicarse a la entrada del taller, en la misma zona del aula junto a la mesa del profesor, ya que requiere de supervisión constante además de explicaciones teóricas en determinados momentos.



Consta de los siguientes elementos:

- 1 Mesa del profesor de 1,00 x 0,50 m
- 4 Mesas tipo banco de 1,50 x 0,60 m (considerando que en un momento concreto del inicio de la producción tenemos la capacidad máxima de 32 alumnos y que cada uno requiere un espacio mínimo de 0,50 m<sup>2</sup> de mesa, para poder dibujar y por tanto en cada mesa pueden sentarse 8 alumnos).
- 32 taburetes regulables en altura de 0,28 m de diámetro.

Los taburetes ocupan una superficie de aproximadamente 2 m<sup>2</sup> y las mesas tipo banco y la del profesor ocupan una superficie de 4,10 m<sup>2</sup>, y a su alrededor se requiere una distancia entre alumnos de 0,60 m, ya que no se trata de zonas de trabajo con el uso de herramientas y material, en las que se requiere más distanciamiento entre los puestos de trabajo. Por ello, no llevamos a cabo el método de cálculo, y sólo seguiremos las normas de estándares.

Por ello se ha realizado una estimación de **20 m<sup>2</sup>** de superficie.

- **Zona para las Operaciones Tecnológicas:**

Conforme la Ley de PRL (Ley 31/1995, de 8 de noviembre) y considerando que se trata de un centro educativo, en el Real Decreto 486/1997 se refiere a materias tan importantes como las siguientes:

#### *Espacios de trabajo y zonas peligrosas*

Las siguientes dimensiones mínimas deben respetarse principalmente en esta zona de trabajo, y hacemos por ello una adaptación a nuestro taller:

- *3 metros de altura, aunque podrá reducirse a 2,5 m.*
- *2 metros cuadrados de superficie libre.*
- *10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.*

*La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar. Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.*



Tras las Operaciones de Trazado constituye la segunda fase del proceso productivo en el desarrollo de los proyectos de aula, siendo la más importante de todas ellas, ya que debido a las operaciones de mecanizado que se desarrollan en este espacio se requiere del uso de herramientas y maquinaria específica, además de bancos metálicos de trabajo. Junto con ser la zona en la que más tiempo permanecen trabajando los alumnos a lo largo del desarrollo del proyecto.

Consta de los siguientes elementos:

- 3 Mesas metálicas tipo banco de 1,20 x 0,60 m. Donde se dispondrán de 2 tornillos de mesa en cada extremo. (Considerando que en esta fase de la producción tendremos no más de un 50% del número máximo de alumnos, así que se calcula unos 18 alumnos como máximo. Requiriéndose un mayor espacio de trabajo y por tanto, en cada mesa pueden sentarse no más de 6 alumnos).
- 18 Taburetes regulables en altura de 0,28 m de diámetro.
- 1 Banco de trabajo metálico de 1,00 x 0.5 para ubicación del taladro eléctrico sobre el mismo y ubicación del almacenaje del resto de herramientas eléctricas en estantes y mueble.
- 1 Armario de material fungible de 2,00 x 0,80 m.
- 2 Paneles de 1,20 x 1,00 m, sobre la pared para el almacén de herramientas manuales. (No ocupando espacio sobre la superficie de esta zona al situarse sobre la pared).
- 1 Estantería de 3 baldas con 3ml, para el almacenamiento de proyectos. (No ocupando espacio sobre la superficie de esta zona al situarse sobre la pared).

Debido a las actividades que se desarrollan en esta zona se requiere su proximidad a todos los medios de servicio tales como, almacén de materia prima, almacén de material fungible, almacén de herramientas y almacén de proyectos. Esto la convierte en una de las áreas de trabajo más importantes.

Por otro lado al desarrollarse en ella todas las operaciones de mecanizado esto hace que sea la zona donde más ruido se origina y por ello debe de situarse alejada de la zona de entrada.

Además se deben reservar mesas fuertes y bancos de trabajo resistentes en los que el alumnado pueda sujetar piezas, golpear, serrar, soldar, cortar materiales diversos...



La Zona de Maquinaria se encuentra ubicada dentro de ella, siendo el taladro eléctrico de pie la principal herramienta eléctrica que deba de ubicarse en un banco de trabajo más pequeño destinado sólo para dicho fin, y cercano a la mesa del profesor para una absoluta supervisión durante el uso del mismo, al considerarse dentro de las herramientas más peligrosas.

Los taburetes ocupan aproximadamente  $1 \text{ m}^2$ , el armario para almacenar el material fungible  $1,60 \text{ m}^2$ , las mesas metálicas y el banco de trabajo ocupan una superficie total de  $2,66 \text{ m}^2$  y el distanciamiento entre las mesas debe de permitir  $1,5$  metros mínimo de separación entre los alumnos de diferentes mesas, para que garantice una seguridad durante el manejo de material que sobresale de la mesa, no invadiendo así la zona de paso.

Aplicando el método de cálculo :

Superficie estática (bancos+taburetes+armario):  $S_s = 5.26 \text{ m}^2$

Superficie de Gravitación:  $S_g = S_s \times N$   $S_g = 5.26 \times 4 = 21,04 \text{ m}^2$

Superficie de Evolución:  $S_e = (S_s + S_g) \times K$   $S_e = (5.26+21,04) \times 1,5 = 39,45 \text{ m}^2$

Conforme a todas estas consideraciones se ha realizado una estimación de  **$38 \text{ m}^2$**  de superficie, pues tenemos limitaciones de superficie que nos condicionan. En cualquier caso esta superficie nos permite disponer de  $2 \text{ m}^2/\text{puesto}$ , como nos limita la Ley de PRL.

( $38 \text{ m}^2$  de superficie/ $18$  puestos =  $2,11 \text{ m}^2$ .)

- **Zona para Almacén de Materia Prima:**

Actualmente el taller consta de dos almacenes, pero la necesidad en realidad es menor, con lo cual esta es una de las zonas en las que se puede reducir espacio sin detrimento de su necesidad y si en mejora del área de operaciones tecnológicas, la cual requiere más superficie por el trabajo que se desarrolla en la misma.

Actualmente resulta difícil aplicar el método de cálculo en esta zona ya que no se sabe con exactitud el material que se ha de ubicar, así que se aplica la norma de estándares.

No obstante se dispondrá en su interior de una estantería en la cual se pueden colocar tres baldas en altura. La estantería consiste en 2 módulos de  $300 \text{ cm}$  de longitud, una profundidad de  $50 \text{ cm}$ , y una altura de  $250 \text{ cm}$ . Con una capacidad de carga de  $1.000 \text{ Kg}$ . Se dejará un espacio entre la estantería y la pared de  $3 \text{ cm}$ .

Por este motivo se estima que es suficiente con  **$7 \text{ m}^2$**  de superficie.





- **Zona para las Operaciones de Montaje:**

Tras las Operaciones Tecnológicas constituye la tercera fase del proceso productivo en el desarrollo de los proyectos de aula, y en ella se requiere precisión para el montaje tanto de la estructura como de los circuitos que constituyen los proyectos.

Consta de los siguientes elementos:

- 3 Mesas metálicas tipo banco de 1,20 x 0,60 m. (considerando que en esta fase de la producción tendremos aproximadamente 1/3 del número máximo de alumnos, así que se calcula unos 12 alumnos como máximo. Y al igual que sucede en la fase anterior se requiere un mayor espacio de trabajo sobre la propia mesa y por tanto, en cada mesa pueden sentarse no más de 6 alumnos).
- 12 Taburetes regulables en altura de 0,28 m de diámetro.
- 1 Armario de material fungible de 2,00 x 0,80 m.

Debido a las actividades que se desarrollan en esta zona se requiere su proximidad a otros medios auxiliares tales como, almacén de material fungible y almacén de herramientas.

Los taburetes ocupan aproximadamente 0,75 m<sup>2</sup>, el armario para almacenar el material fungible 1,60 m<sup>2</sup> y las mesas metálicas ocupan una superficie total de 2,16 m<sup>2</sup> y el distanciamiento entre las mesas no tiene que ser como en la fase anterior de operaciones tecnológicas, pero en cualquier caso debe de garantizarse unas mínimas condiciones de confort.

Aplicando el método de cálculo, pero sin considerar la superficie de evolución ya que no se requiere las mismas condiciones de manutención que en anterior fase:

Superficie estática (bancos+taburetes+armario):  $S_s = 4,51 \text{ m}^2$

Superficie de Gravitación:  $S_g = S_s \times N$        $S_g = 4,51 \times 4 = 18,04 \text{ m}^2$

No obstante se considera una mayor superficie de la calculada, siendo la estimación de **20 m<sup>2</sup>** de superficie.

- **Zona para las Operaciones de Acabado:**

Tras las Operaciones de Montaje constituye la cuarta fase del proceso productivo en el desarrollo de los proyectos de aula, y en ella se requiere perfeccionamiento.

Al igual que en la fase anterior consta de los siguientes elementos:

- 3 Mesas metálicas tipo banco de 1,20 x 0,60 m. (considerando que en esta fase de la producción tendremos aproximadamente 1/3 del número máximo de alumnos, así que



se calcula unos 12 alumnos como máximo. Y al igual que sucede en la fase anterior se requiere un mayor espacio de trabajo sobre la propia mesa y por tanto, en cada mesa pueden sentarse no más de 6 alumnos).

- 12 Taburetes regulables en altura de 0,28 m de diámetro.
- 1 fregadero de 2 senos, con mueble en su parte inferior para ubicar productos y con una dimensión de 0,80 x 0,45 m.
- 1 Estantería de 3 baldas con 3ml, para el almacenamiento de proyectos. (No ocupando espacio sobre la superficie de esta zona al situarse sobre la pared).

Debido a las actividades que se desarrollan en esta zona se requiere su proximidad a otros medios auxiliares tales como, zona de lavadero y almacén de proyectos. También es necesario asegurar una ventilación suficiente, ya que algunos procesos técnicos pueden generar polvo y olores molestos, debido a los productos de acabado que se usan.

Los taburetes ocupan aproximadamente 0,75 m<sup>2</sup>, el fregadero 0,36 m<sup>2</sup> y las mesas metálicas ocupan una superficie total de 2,16 m<sup>2</sup> y el distanciamiento entre las mesas no tiene que ser como en la fase de operaciones tecnológicas, pero en cualquier caso debe de garantizarse unas mínimas condiciones de confort.

Aplicando el método de cálculo, pero sin considerar la superficie de evolución ya que no se requiere las mismas condiciones de mantenimiento que en la 1ª fase:

Superficie estática (bancos + taburetes + fregadero):  $S_s = 3,27 \text{ m}^2$

Superficie de Gravitación:  $S_g = S_s \times N$        $S_g = 3,27 \times 4 = 13,08 \text{ m}^2$

Se estima una superficie de la calculada, siendo la estimación de **15 m<sup>2</sup>** de superficie.

- **Zona para Almacén de Material Fungible:**

Se dispone del mismo número de armarios que desde el inicio, pero se ha de cambiar su ubicación a las zonas donde se requieren, como son a las zonas de Operaciones Tecnológicas y de Montaje.

Consisten en 2 Armarios de material fungible de 2,00 x 0,80 m. Se aplica la norma de estándares y se consideran ubicados dentro de las zonas que los albergan.

- **Zona para Almacén de Proyectos:**

En la planta de distribución inicial existía un almacén para tal fin, pero dada la necesidad de liberar espacio para otras zonas en las que se desarrollan las actividades de producción se ha



eliminado y sustituido por dos estanterías de 3 baldas de 3 ml cada una. No ocupando espacio sobre la superficie real de la planta al situarse sobre la pared.

- **Zona Panel de Herramientas:**

Consiste en 2 Paneles de 1,20 x 1,00 m, sobre la pared para el almacén de herramientas manuales. No ocupando espacio sobre la superficie al situarse sobre la pared.

- **Zona Maquinaria:**

Consta de un banco de trabajo metálico de 1,00 x 0.5 para la ubicación del taladro eléctrico sobre el mismo y del almacenaje del resto de herramientas eléctricas en estantes y mueble. Se sitúa en el interior de la Zona de Operaciones Tecnológicas, con lo cual ya se ha calculado la superficie estática que ocupa.

- **Zona Lavadero:**

Consta de 1 fregadero de 2 senos, con mueble en su parte inferior para ubicar productos y con una dimensión de 0,80 x 0,45 m. Y se sitúa en el interior de la Zona de Operaciones de Acabados, con lo cual ya se ha calculado la superficie estática que ocupa.

Quedando finalmente, las siguientes superficies necesarias para la realización de los trabajos:

SUPERFICIES DE ZONAS DE TRABAJO	
1. OPERACIONES DE TRAZADO	20 M <sup>2</sup>
2. OPERACIONES TECNOLÓGICAS	38 M <sup>2</sup>
3. OPERACIONES DE MONTAJE	20 M <sup>2</sup>
4. OPERACIONES DE ACABADO	15 M <sup>2</sup>
5. ZONA ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	7 M <sup>2</sup>
SUPERFICIE TOTAL DEL AULA-TALLER	100 M <sup>2</sup>

Figura 48.- Cuadro resumen de superficies de zonas de trabajo.



### 3.6 DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS.

Dada la siguiente planta de distribución ya existente, para hacer la implantación de la nueva distribución reduciremos las necesidades allí donde pueda hacerse con el mínimo perjuicio total. No la llevaremos a cabo por una simple proporcionalidad entre todos los sectores que intervienen. Así que hemos tenido que valorar y clasificar cada uno de los sectores para determinar así cuales podían ser reducidos o divididos para ser distribuidos, puesto que nuestra necesidad no casaba del todo con la disponibilidad.

Una vez determinadas las necesidades de espacio para cada actividad tenemos que confrontar el resultado con las disponibilidades reales, como se muestra en el plano de distribución actual:

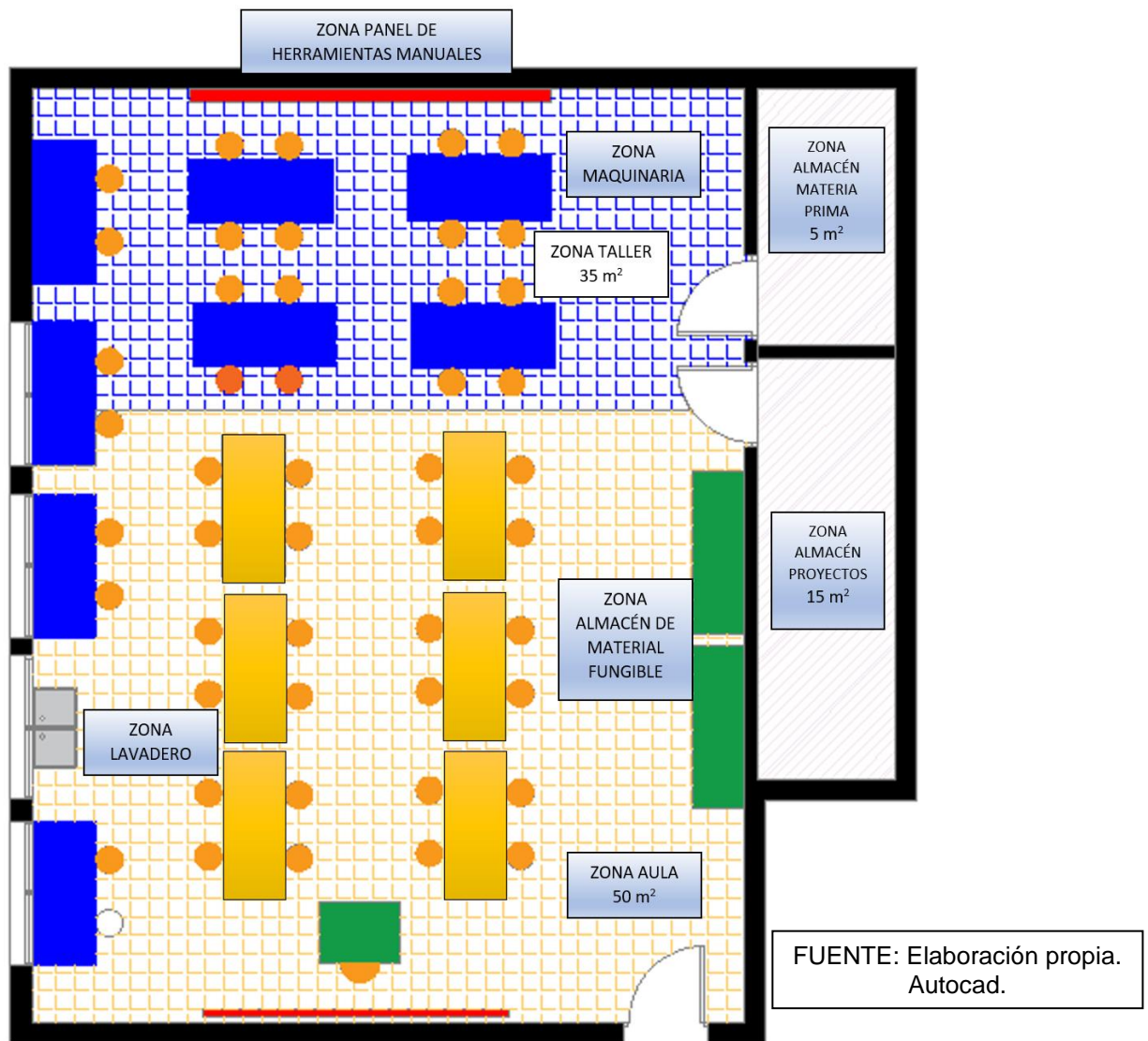


Figura 49.- Planta actual de distribución del taller de tecnología.



### **3.7 DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIOS-SUPERFICIES.**

Se obtiene colocando en el Diagrama Relacional de Actividades cada zona con la superficie anteriormente definida.

Basándonos en los métodos **ALDEP** y **CORELAP** (Santamarina et al., 1995) de generación de Layouts, hemos intentado seguir la secuencia simulando los programas, para comparar los resultados.

Hemos comenzado eligiendo una actividad, en nuestro caso hemos seleccionado la que mayor intensidad relacional posee pero nos hubiese dado igual elegir una de forma aleatoria, por ello hemos elegido la Zona de Operaciones Tecnológicas, siendo la primera que hemos ubicado en la planta. Después hemos revisado la Tabla Relacional de Actividades, que hemos obtenido a partir de S.L.P, en busca de alguna actividad cuyo ratio de aproximación con la seleccionada sea mayor o igual que un valor de preferencia previamente establecido, que suele ser de intensidades relacionales A o E de la Tabla de relacional de Actividades. De este modo la que ha cumplido con ello la hemos ubicado en la planta, como son: Zona de Maquinaria, Zona de Operaciones de Montaje, Almacén de Materia Prima, Zona de Aula, Zona de Operaciones de Trazado y cuadro de herramientas. Así que no ha sido necesario elegir ninguna otra actividad de forma aleatoria. De este modo hemos continuado el proceso hasta que ha quedado completamente determinada la secuencia en la que todas las actividades han sido distribuidas en la planta.

En cuanto a la estrategia que hemos seguido para la colocación de las actividades en planta, al seguir el método **ALDEP** con un recorrido en zig-zag, partimos desde la esquina superior izquierda para la colocación de la primera actividad, que se realiza comenzando desde el punto de partida que hemos indicado y haciendo una aproximación a escala en unidades del área correspondiente de cada actividad. En cuanto al método **CORELAP** tenemos que estudiar dos parámetros: el ratio de ubicación y la longitud del contorno.

La puntuación de Layout se evalúa sumando los valores numéricos de los ratios de proximidad entre actividades adyacentes, de forma que cuanto mayor ha sido ésta, mayor ha sido el número de actividades con elevada intensidad relacional que están en posición adyacente. En cambio no nos basamos en el método de **CRAFT** ya que nuestra distribución y actividades no se prestan al intercambio al no disponer de áreas similares.

Por otro lado, hemos intentado de igual modo aplicar la técnica de algoritmos de corte, contando con la superficie inicial sobre la que realizamos diferentes cortes horizontales y verticales, quedando a cada lado cada una de las actividades agrupadas por afinidad.



En nuestro caso un primer corte vertical nos agrupa por un lado las operaciones de trazado con las tecnológicas y por otro las operaciones de montaje con las de acabado.

Agrupándolas por afinidad se ha podido determinar las actividades quedan en cada lado, como se muestra en el siguiente diagrama adjunto. En cualquier caso, todos estos métodos nos llevan a los mismos resultados.

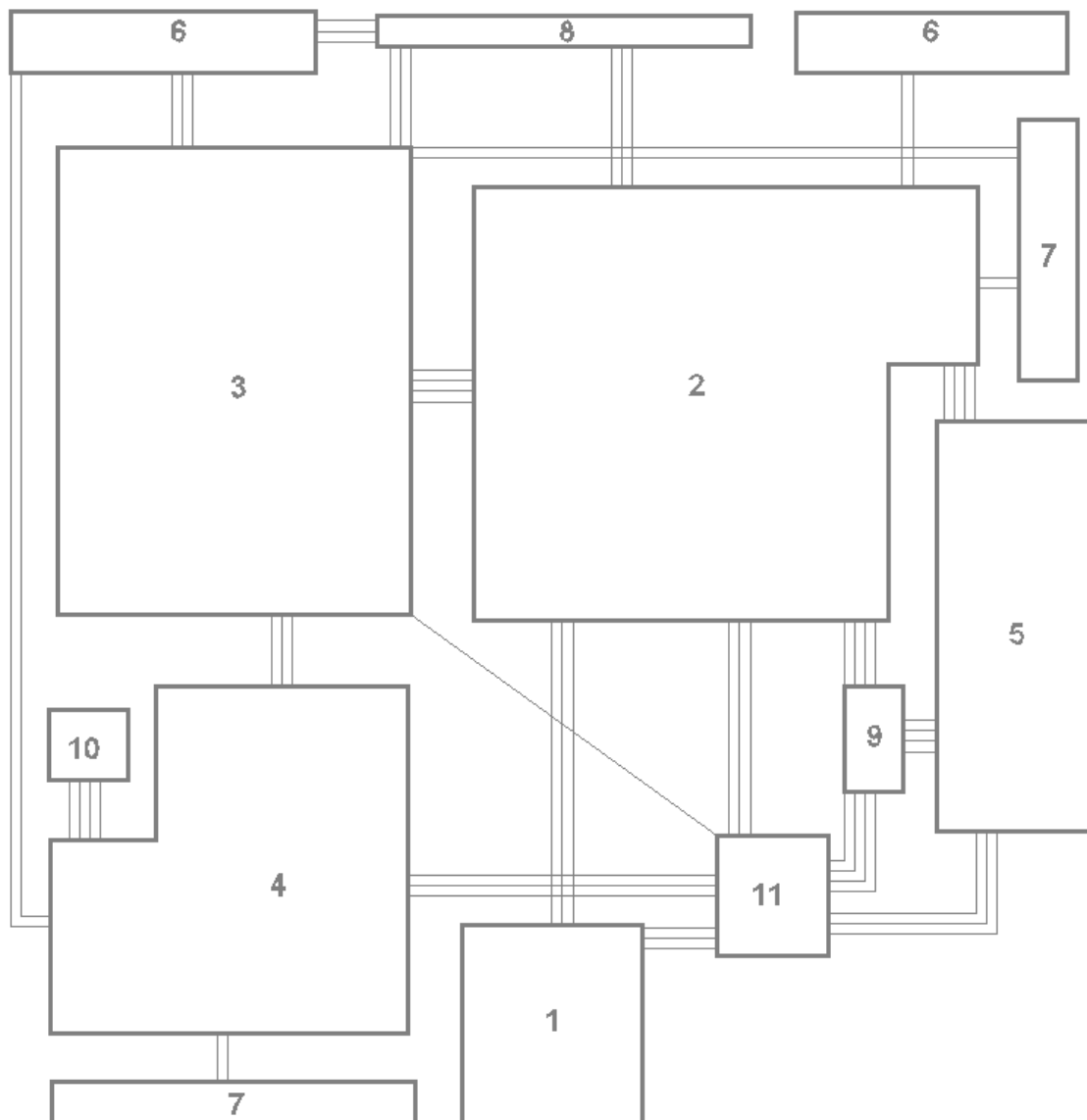


Figura 50.- Diagrama relacional de superficies.

FUENTE: Elaboración propia.  
Autocad



Los símbolos representativos de cada actividad los hemos dibujado a escala, siendo la superficie asignada a cada símbolo proporcional a la que realmente se necesita. De hecho hemos utilizado el plano de la planta dibujado en autocad a escala para realizar este diagrama, puesto que este diagrama es nuestro punto de partida para generar un conjunto de distribuciones y no una representación esquemática de la distribución.

### **3.8 FACTORES QUE AFECTAN A LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

Una vez que hemos construido el Diagrama Relacional de Espacios ya podríamos crear diversas alternativas al problema planteado.

Pero como nos indica [Muther \(1981\)](#), cabe discutir si se deben de tener en cuenta los siguientes factores:

- Factor 1: Material.
- Factor 2: El alumno.
- Factor 3: Herramientas-Maquinaria.
- Factor 4: Movimiento.
- Factor 5: Espera.
- Factor 6: Servicio.
- Factor 7: Aula-Taller.
- Factor 8: Cambio.

Ordenados en función de su importancia. Y aunque muchos de ellos ya los hemos incluido en la Tabla Relacional de Recorridos-Actividades, consideramos que en cualquier caso la producción se puede expresar como el resultado de la aplicación de la organización sobre el conjunto de factores que intervienen, como se muestra en el gráfico siguiente que se adjunta.





De forma que si se consigue organizar estos elementos, de manera que el trabajo en el taller sea eficaz, se conseguirán más proyectos eficaces, ya que la organización tiene un efecto eficaz sobre la construcción de los mismos.

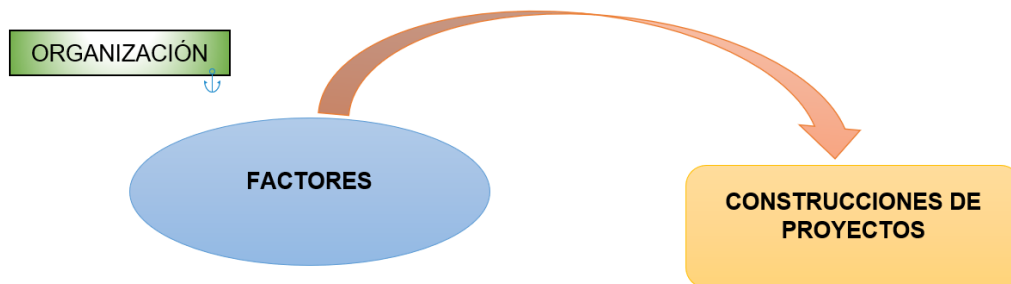


Figura 51.- Diagrama del efecto de la organización sobre la construcción.

FUENTE: Elaboración propia

**- Factor 1: Material:**

Para nuestra actividad en el taller el material junto con los alumnos es uno de los factores más importantes a considerar. Por ello hemos tenido en cuenta zonas de almacenaje, tanto para la materia prima como para los materiales en curso, los materiales fungibles como medio auxiliar-accesorio y para los productos acabados. En cuanto al material de desecho cada día se realiza la limpieza del taller y recogida de los mismos antes de la finalización de la clase.

**- Factor 2: El alumno:**

Aunque los alumnos son mucho más flexibles que los materiales o herramientas y maquinaria eso no ha implicado su libre circulación por el taller, puesto que en nuestra distribución es esencial considerar la seguridad del alumnado. Por este motivo este ha sido para nosotros el factor más importante a considerar.

**- Factor 3: Herramientas-Maquinaria:**

Se ha considerado una correcta ubicación de la misma, junto a las áreas que las precisan para el proceso de producción.

**- Factor 4: Movimiento:**

La distribución y el manejo del material por el taller, así como el desplazamiento de los alumnos tras finalizar y pasar de unas operaciones a otras es importante a considerar. Por este motivo es



fundamental situar las zonas de trabajo, que se enlazan en el proceso, una a continuación de la otra siguiendo un patrón de circulación, para evitar el mayor número de movimientos y cruces entre actividades.

**- Factor 5: Espera:**

Si se produce la situación de espera o demora para el paso de unas zonas a otras deberá ser de forma organizada. Cuando se trate de la espera de materia prima se ubicará en el almacén y cuando sea el de proyectos se ubicarán en los estantes destinados al almacén de los mismos.

**- Factor 6: Servicio:**

Estos son los Medios auxiliares necesarios para la mantener la producción. Como son la zona de lavadero, del panel de herramientas, banco de trabajo de maquinaria o armarios de material fungible.

**- Factor 7: Aula-Taller:**

Tenemos que considerar que partimos de una planta ya existente, lo cual nos afecta a la distribución en gran medida ya que limita las posibilidades.

**- Factor 8: Cambio:**

Las condiciones y los ritmos de trabajo van cambiando y afectan por ello a la distribución. De ahí que se hayamos ido pensando en una mayor opcionalidad.

### **3.9 LIMITACIONES PRÁCTICAS.**

A medida que se ha ido estudiando los diferentes factores de influencia, han ido apareciendo nuevas ideas para disponer el espacio, pero se han tenido que ir confrontando con las limitaciones reales existentes y como consecuencia se ha llegado a apenas generaciones de alternativas, puesto que el número de restricciones a tener en cuenta ha ido limitando los resultados alternativos.

### **3.10 SINTESIS GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

El Diagrama Relacional cumple las condiciones impuestas en la Tabla Relacional y partiendo de él se procede a diseñar las diversas alternativas de distribución en planta.

Se colocan primero las actividades unidas por un mayor grado de proximidad como es el caso de la actividad de operaciones tecnológicas y a continuación se distribuyen las actividades con menor grado de proximidad y así sucesivamente



De esta forma se generan las dos alternativas siguientes, que son muy similares dadas las limitaciones existentes y que las actividades principales del proceso productivo no admiten otra reubicación:

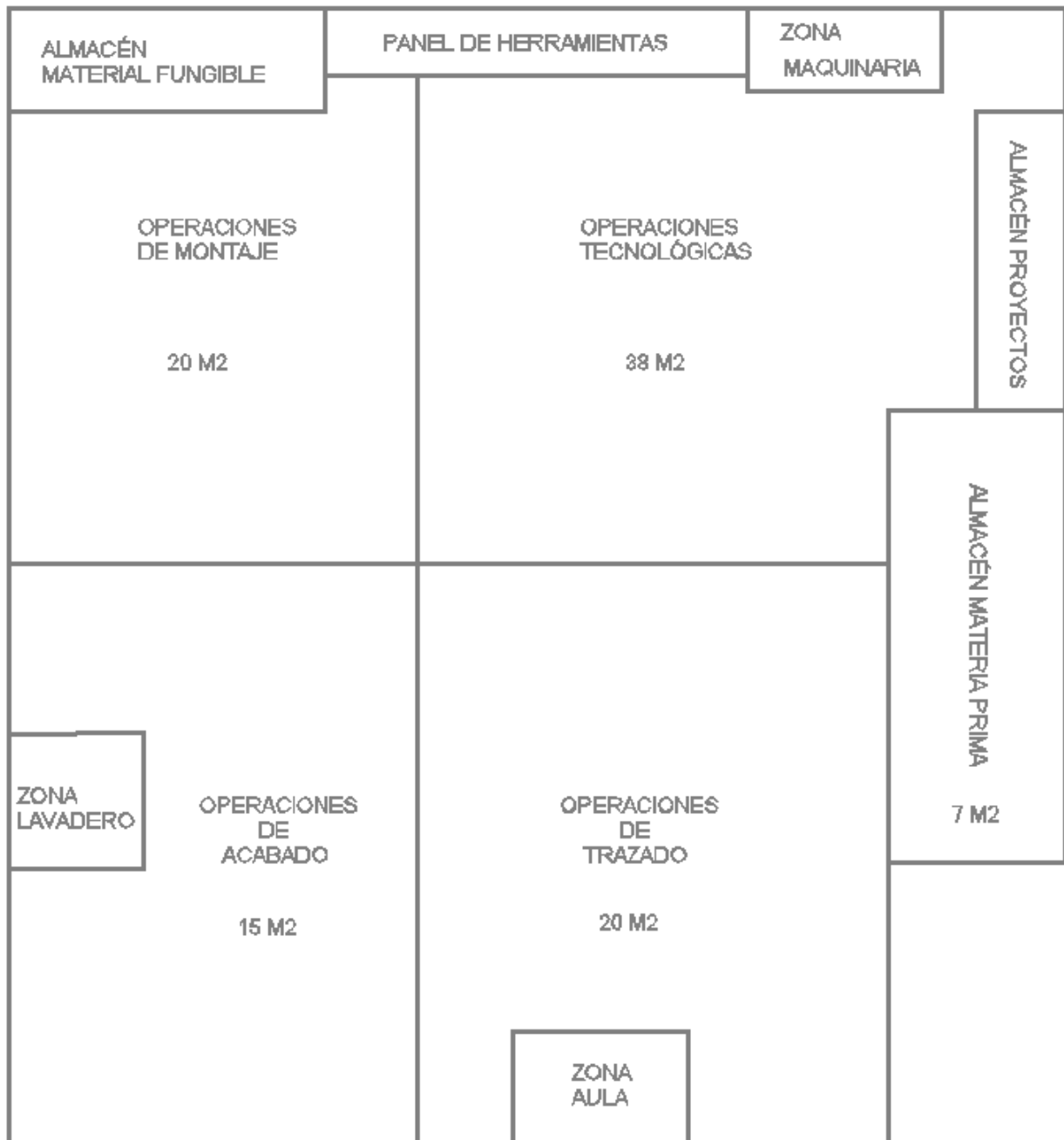


Figura 51.- Boceto 1 de distribución de actividades en planta.

FUENTE: Elaboración propia. Autocad



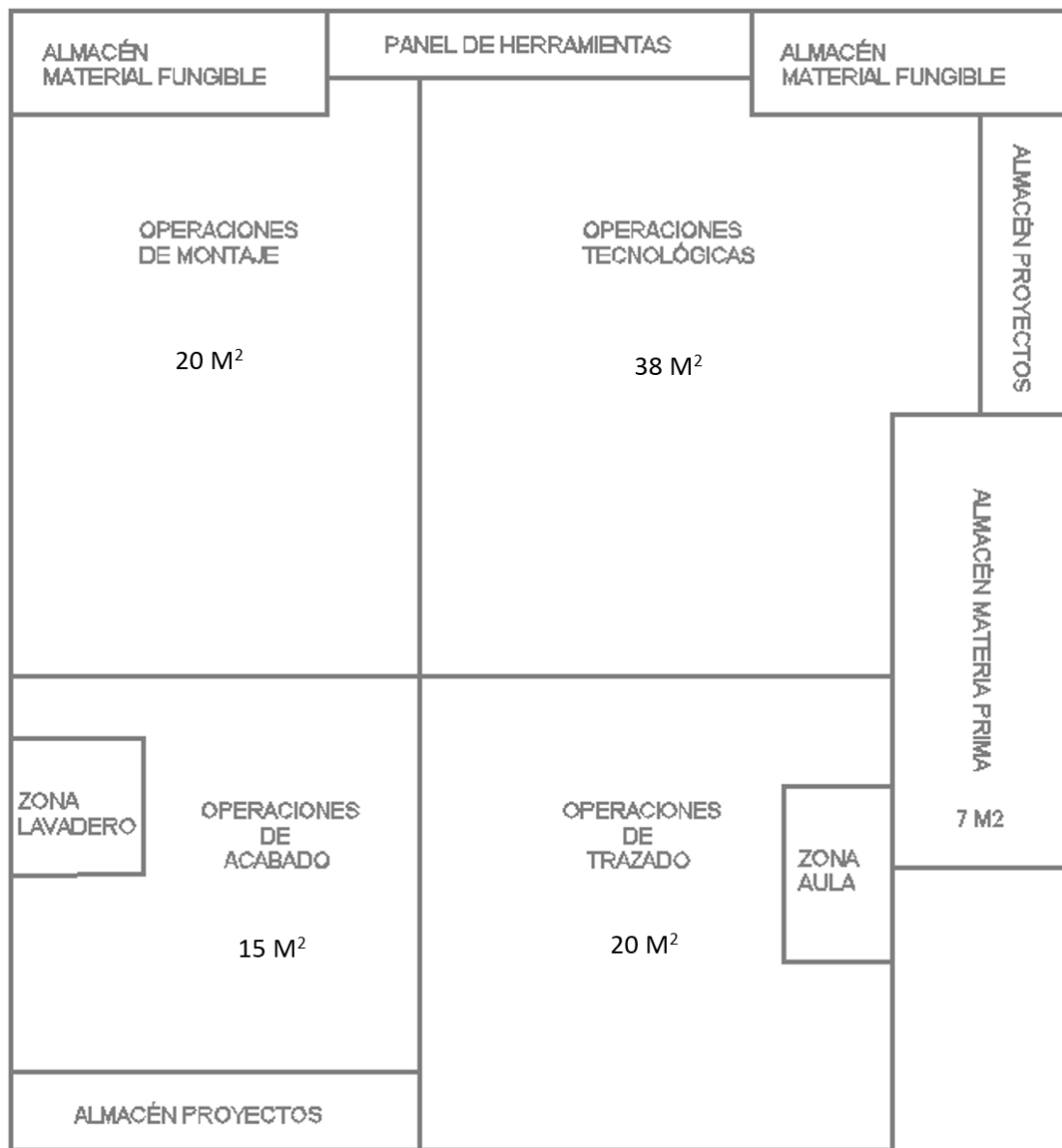


Figura 52.- Boceto 1 de distribución de actividades en planta.

FUENTE: Elaboración propia. Autocad



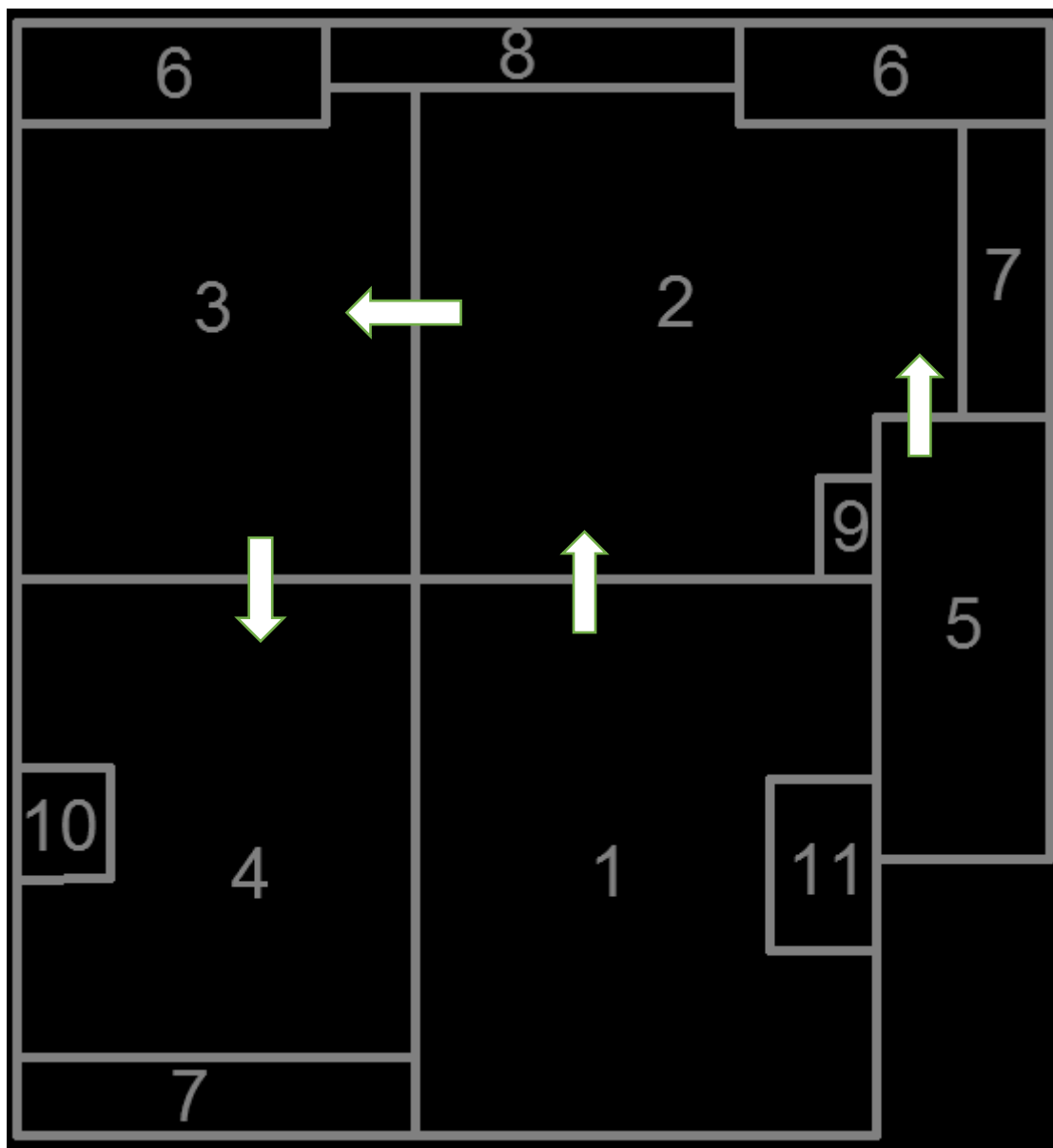


Figura 53.- Boceto 2 de distribución de actividades en planta, con el flujo de circulación de materiales y alumnos.

FUENTE: Elaboración propia.  
Autocad



En el siguiente cuadro se muestra la leyenda usada en los bocetos anteriores:

LEYENDA	
1. OPERACIONES DE TRAZADO	6. ZONA ALMACÉN DE MATERIAL FUNGIBLE
2. OPERACIONES TECNOLÓGICAS	7. ZONA ALMACÉN DE PROYECTOS
3. OPERACIONES DE MONTAJE	8. ZONA PANEL DE HERRAMIENTAS MANUALES
4. OPERACIONES DE ACABADO	9. ZONA MAQUINARIA
5. ZONA ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	10. ZONA LAVADERO
	11. ZONA AULA

Figura 54.- Cuadro resumen con leyenda.

FUENTE: Elaboración propia

### 3.11 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.

Si nos hubiéramos centrado en un criterio de optimización meramente cuantitativo, como es el caso de considerar el coste derivado del recorrido del material se hubiera tenido sólo en cuenta que es directamente proporcional a la distancia recorrida, no obstante en nuestro caso no hubiera tenido sentido la consideración de este coste al tratarse de alumnado, además de haber pasado por alto consideraciones tan importantes como la necesidad de separación entre ciertas actividades por motivos de olores, debiendo por ello existir más ventilación en ciertas zonas que en otras como es el caso de la Zona de Operaciones de Acabados, o motivos de ruidos elevados por el uso de cierta maquinaria como ocurre en la Zona de Operaciones Tecnológicas, en general cualquier cuestión relacionada con la seguridad e higiene durante el desarrollo de la actividad. Pero por otro lado, si sólo se consideran los criterios cualitativos hay una gran subjetividad a la hora de valorar las necesidades de proximidad entre las actividades.



Segun Muther (1961), en su método S.L.P usado, se ha hecho un estudio de las relaciones entre las actividades, pero ha dejado a criterio nuestro la realización de las valoraciones.

Nosotros la necesidad de proximidad entre actividades y por tanto, la implantación la hemos estudiado en base a la intensidad relacional considerada bajo ciertos criterios.

Y tenemos que considerar que esta evaluación no sólo la tenemos que hacer como paso previo a la materialización de la alternativa de diseño, sino con posterioridad durante su fase de funcionamiento.

Para la evaluación se han considerado tres cuestiones que atiende a los criterios evaluadores, para una Evaluación Multicriterio:

1.- DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS EVALUADORES DE RELEVANCIA. (En base a los cuales evaluaremos la calidad de las alternativas).

2.- DETERMINACIÓN DE LOS COSTES RELACIONALES BAJO CADA CRITERIO EVALUADOR. (Determinaremos un sistema que nos permita cuantificar de forma objetiva, la puntuación que cada alternativa adquiere bajo cada uno de los criterios evaluadores)

3.- METODOLOGÍA MULTICRITERIO. (Estableceremos una metodología que permita determinar la alternativa más adecuada bajo el efecto combinado de todos los factores evaluadores).

En nuestro caso como hemos optado por un método de generación de alternativas manual, con la metodología SLP, no se ha realizado ninguna discriminación, si no que previamente algunas de las opciones se han desestimado al considerar la existencia de factores limitantes y de las dos que han quedado hemos realizado la valoración de la idoneidad de las mismas. Por tanto, se ha recurrido a evaluar la calidad de las diferentes soluciones encontradas en base a los criterios que hemos considerado relevantes.





### 3.11.1 DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS EVALUADORES DE RELEVANCIA.

Los criterios que se han tomado en consideración para evaluar las alternativas, han sido los siguientes:

CONCEPTO	CRITERIO
MINIMIZACIÓN DE RECORRIDOS	1
FACILIDAD DE SUPERVISIÓN DESDE EL AULA	2
SEGURIDAD Y CONFORT DEL ALUMNADO	3
OPTIMIZACIÓN DE ESPACIOS	4

Figura 55.- Tabla de criterios de evaluación de relevancia layouts.

### 3.11.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTES RELACIONALES BAJO CADA CRITERIO EVALUADOR.

Para evaluar las intensidades relacionales, bajo cada uno de esos criterios que hemos establecido, hemos utilizado una serie de indicadores pero no cuantificables. En nuestro caso para la determinación de la distancia recorrida por los materiales en cada una de las propuestas, hemos utilizado *“la distancia entre actividades”*, en cuanto a la supervisión de las actividades a *“la experiencia profesional de los docentes propios de la materia”*, en la seguridad del alumnado no hemos basado en la *“normativa existente sobre prevención de riesgos”* y por ultimo para optimizar los espacios *“normativa constructiva”*. Lo que nos manifiesta la importancia de la *“opinión de los expertos”*, eliminando así nuestra subjetividad.

#### LAS RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS COMO CRITERIO EVALUADOR.

En nuestro caso nos hemos encontrado con la situación de la implantación en una edificación ya existente, por lo que nos hemos encontrado con la restricción de espacios ya asignados y por ello las restricciones geométricas impuestas no han llegado a cumplirse del todo. A pesar de ello hemos conseguido dar solución al problema de la implantación buscando la solución más beneficiosa. Y por ello esta limitación la hemos transformado en un criterio evaluador de *“optimización de espacios”* para así determinar la calidad de las dos alternativas que hemos obtenido.



### **3.11.3 METODOLOGÍA MULTICRITERIO.**

Ahora nos hace falta establecer una metodología que nos permita, de forma eficaz, evaluar y seleccionar la alternativa más adecuada, atendiendo a todos los criterios evaluadores que hemos determinado anteriormente.

Por esta razón utilizamos en la evaluación y selección de nuestra alternativa los métodos de naturaleza multicriterio. Estos nos permiten evaluar la puntuación de la distribución preexistente y poder compararla con la que cada alternativa obtiene respecto de cada uno de los criterios evaluadores, para poder proceder a la selección.

Las premisas que hemos seguido para asentar estos métodos son las siguientes:

- a) Contamos con la elaboración de varias alternativas de implantación, de entre las que hemos de seleccionar una de ellas.
  
- b) Pretendemos la selección de la implantación más satisfactoria desde la mayoría de los puntos de vista, criterios o factores considerados, sabiendo que por cada uno de estos factores vamos a juzgar, distinguir y apreciar cada implantación.

Por ello entre los diversos métodos que existen, hemos usado el siguiente:

#### SUMA. VERSIÓN SIMPLE:

1.- Se han establecido los distintos criterios considerándolos todos igualmente importantes y relevantes, como se ha establecido con anterioridad. De forma que a nuestra distribución actual y a cada alternativa le hemos asignado una calificación para evaluar su calidad, desde cada punto de vista o criterio.



2.- Se han ponderado los criterios evaluadores: traduciendo las intensidades relacionales por medio de una escala numérica con la que se asigna una puntuación a cada criterio evaluador. Dichos criterios se han evaluado del 0 a 5 en la actual situación y en cada uno de los bocetos generados, como aparece en la tabla siguiente:

CRITERIO	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE PARTIDA	BOCETO 1	BOCETO 2
1	1	2	5
2	1	3	5
3	2	4	5
4	2	4	4
TOTAL	6	13	19

Figura 56.- Tabla de evaluación multicriterio.

3.- Se ha realizado la evaluación multicriterio de cada caso de las alternativas de distribución en planta, sumando los valores numéricos de los ratios de proximidad entre actividades adyacentes de cada uno de los tres diseños. Para ello utilizamos la Tabla Relacional de Actividades y los diseños generados.

4.- La suma de todas las calificaciones asignadas a cada alternativa representa la puntuación conseguida por ésta y la que ha conseguido la máxima puntuación es la seleccionada. Como podemos observar en la tabla de la figura 56, **la alternativa de mayor validez sería la 2**, frente a la 1.

En la siguiente figura 57 dejamos representada la nueva planta de distribución que obtenemos tras aplicar el proceso de optimización de distribución en planta en el aula-taller de tecnología del centro educativo que ha sido objeto de estudio en este TFM.



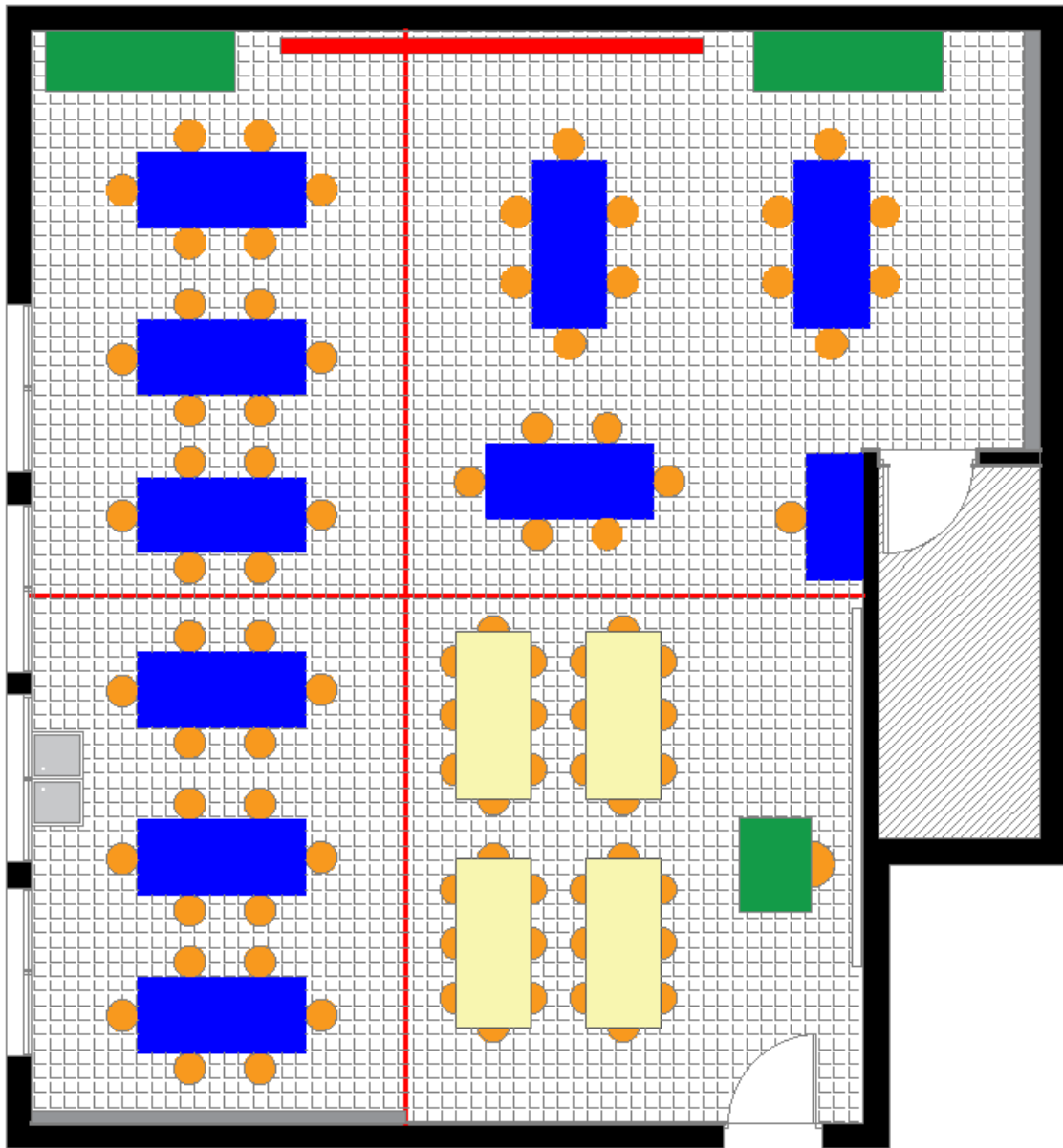


Figura 57.- Planta final de distribución del taller de tecnología

FUENTE: Elaboración propia.  
Autocad.



#### 4. DISCUSIÓN

En este apartado se procede a la comparación de cada una de las alternativas con el caso base, argumentando las mejoras en relación con el anterior.

Como se observa en la Figura 49, la planta base de partida cuenta con una distribución en planta bastante desordenada, sin áreas diferenciadas, lo cual no permite una continuidad organizada del proceso productivo. Las actividades se realizan entremezcladas, sin orden e interfiriendo unas con otras, ya que los alumn@s precisan pasar constantemente de unas zonas a otras, para coger material, herramientas o para la ubicación de sus proyectos, debido a la incorrecta ubicación de las zonas de trabajo y auxiliares. Por otro lado las zonas que requieren mayor supervisión no están accesibles y cercanas para el profesor.

En las dos figuras 51 y 52, se muestran las dos posibilidades de distribución de la planta del taller de tecnología que hemos obtenido, tras la optimización.

Por otro lado, las alternativas generadas, cumplen completamente los criterios establecidos en la tabla relacional de actividades y en comparación con el caso base, estas incluyen ciertas mejoras.

Cabría discutir y evaluar cual es la más ventajosa:

**Boceto 1. (Figura 51)** - Se obtiene siguiendo estrictamente el primer Diagrama Relacional de Actividades obtenido. Las zonas de trabajo quedan organizadas dando lugar a una menor distancia de recorridos, pero se genera una distribución en planta que plantea el cruce de actividades, al ser precisos ciertos medios auxiliares de similares características en varias zonas productivas. Aunque la línea principal de producción está ordenada, se observa un mayor aprovechamiento del espacio, una mayor facilidad de trabajo para los alumnos con respecto al caso base y en definitiva más viable, el diseño genera dificultades.

**Boceto 2. (Figura 52)**- Se obtiene a partir del Boceto 1, colocando doble armario de material fungible en zona de operaciones tecnológicas y de montaje, así como doble almacén de proyectos en zonas de operaciones tecnológicas y de acabado, dado el gran distanciamiento que existe entre ambas que impide ser compartido, y por último el cambio de la ubicación de la zona de uso de maquinaria, para cumplir así con uno de los criterios de proximidad establecidos para la supervisión y control de esta zona. Por ello esta alternativa queda seleccionada como la más eficaz y refleja claramente una optimización con respecto al caso base, como se ha discutido anteriormente.



Por último, sería discutible la posibilidad de la creación de un pasillo entre las diversas zonas de trabajo, porque aunque generaría una mayor seguridad, confort, comunicaría a todas las zonas de trabajo entre sí de un modo más práctico y mejoraría la circulación de una forma más fluida, sin embargo existe una gran limitación de superficie total, por lo que no se ha estimado conveniente.

## **5. CONCLUSIONES**

Con la realización de este trabajo, se han alcanzado los objetivos que se proponían, y por tanto pueden extraerse las siguientes conclusiones:

Con la aplicación del método S.L.P. se han generado dos alternativas que han cumplido las relaciones entre actividades establecidas con este método, dando lugar a una solución para el problema planteado, aportando mejoras con respecto a la distribución del caso base de partida.

Se concluye también que la alternativa seleccionada como solución, ha optimizado en gran medida la planta ya existente, puesto que si comparamos cada una de las alternativas con la planta de distribución preexistente de la que partimos, podemos ver la considerable mejora en más de 3 veces su valor con respecto a la alternativa más favorable, lo que equivale a un 300% más de su valor.

Además se confirma que la aplicación de la metodología S.L.P de Muther permite optimizar una planta de distribución diferente a la de una industria, que en nuestro caso ha sido la de un centro educativo. Por dicho motivo, una de las principales conclusiones es la de que éste método ha sido muy eficiente para el propósito al que lo hemos destinado, y por tanto que se puede aplicar en cualquier problema de diseño de distribución en planta existente en diferentes sectores.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer a mi tutor D. José Pérez Alonso su confianza depositada en mi propuesta de TFM, junto con su apoyo y ayuda durante la realización del mismo. Al igual que a mi familia por el tiempo que no les he dedicado al encontrarme inmersa en este trabajo, agradeciendo de este modo su comprensión.



## 7. REFERENCIAS

- Apple, J.M., 1977. Plant layout and material handling. John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- DB-HR. 2006. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico, Protección frente al Ruido (DB-HR). Ministerio de la vivienda. Madrid.
- DB-SUA. 2006. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico, Seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA). Ministerio de la vivienda. Madrid.
- De Cos, M. de 1995. Teoría General del Proyecto: Dirección de Proyectos/ Project Management. Editorial Síntesis, S.A., Madrid.
- Decreto 486/1997. 1997. Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Madrid.
- Francis, R.L., Mcginnis, L.F., White, J.A., 1992. Facility Layout and Location: An Analytical Approach, second ed. Prentice – Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, U.S.A.
- Ley 31/1995. 1995. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Jefatura del Estado. Madrid.
- Moore, J.M., 1962. Plant layout and desing. Macmillan Publishing Co. Inc.
- Muther, R. 1981. Distribución en planta. McGraw-Hill Company, New York.
- Muther, R. 1968. Planificación y proyección de la empresa industrial (Método S.L.P.). Técnicos Asociados S.A., Barcelona.
- Muther, R. 1961. Systematic Layout Planning. Industrial Education Institute, Boston, U.S.A.
- Neufert, E. 2013. Arte de proyectar en Arquitectura. 16ª edición, Editorial Gustavo Gili. 568 pp. Barcelona.
- Real Decreto 1004/1991. 1991. Real Decreto 1004/1991, de 14 de junio, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan enseñanzas de régimen general no universitarias. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Santamarina, M. C., Hospitaler, A., Cano J.J., Contero, M. 1995. Distribución en Planta. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. 211 pp. Valencia.



## Resumen:

La distribución en planta, implantación o "Layout" surge ante la necesidad de ordenación de los elementos y zonas de trabajo de un área de producción industrial, para poder así diseñar de la mejor manera y de la forma más económica la estructura y el proceso productivo de estas actividades, así como de la forma más cómoda y segura para sus trabajadores.

Con este trabajo se pretende hacer una aplicación de la distribución en planta en un sector diferente para el que ha sido diseñado. En nuestro caso lo vamos a aplicar a un centro educativo llevando a cabo la reordenación de un determinado espacio ya existente, como es un Aula-Taller de Tecnología.

Los resultados nos mostraran la posibilidad de aplicar e interpretar este sistema en otras áreas muy distintas, demostrándonos la enorme utilidad de este sistema S.L.P "Systematic Layout Planning"

