

Capítulo 3

Análisis del Planteamiento Sistemático de la Distribución en Planta (S.L.P.)

3. Análisis del Planteamiento Sistemático de la Distribución en Planta (Método S.L.P.)

3.1. El Método S.L.P. (Systematic Layout Planning)

3.1.1. Introducción.

En ciertos casos, parece muy sencillo disponer los equipos industriales sobre una superficie, después de haber realizado varias distribuciones sin realizar un estudio riguroso de la situación hasta conseguir un resultado satisfactorio. No obstante, esta solución llevará asociada generalmente una pérdida de tiempo, molestias al personal o incluso la inutilización de las instalaciones.

Por otra parte, puede conducir a serias equivocaciones en la utilización del espacio disponible o a redistribuciones costosas o a destrucciones de edificios, muros y estructuras de importancia que podrían ser todavía aprovechables.

Esta situación puede evitarse en gran medida dedicando un poco de tiempo a preparar la instalación, lo cual nos permite, a su vez, integrar las sucesivas modificaciones en un conjunto lógico, y llevar a cabo los procesos a partir de una serie de disposiciones progresivas de las instalaciones.

Además, el planteamiento es rentable desde otro punto de vista: es más fácil desplazar modelos sobre un papel o en un programa de diseño gráfico asistido por ordenador que desplazar maquinas e instalaciones en la realidad.

En resumen, se puede decir que los errores que se cometan a la hora de realizar una distribución se verán en la preparación, y esta será más o menos rentable en función de la cantidad de errores que puedan evitarse de cara a la instalación real.

El Método S.L.P. (Systematic Layout Planning) fue desarrollado por Richard Muther que, basándose en las distintas técnicas empleadas por los Ingenieros Industriales, consiguió sistematizar los proyectos de distribución.

Este Método consigue enfocar de forma organizada los proyectos de planteamiento, fijando un cuadro operacional de Fases, una serie de procedimientos, un conjunto de normas que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de un planteamiento.

Esta técnica puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, operaciones manufactureras o almacenes, siendo aplicable en caso de readaptaciones en edificios ya existentes, en nuevos edificios o en el nuevo emplazamiento en planta a proyectar.

A la hora de abordar el problema del Planteamiento de la Distribución en Planta se desprende que, lejos de ser una ciencia exacta, es más bien un arte en el que la pericia y la experiencia juegan un papel fundamental.

En el desarrollo del proyecto se observará que, aunque existe un sustento matemático y analítico de las técnicas de distribución, éste no es complejo y la solución final requiere de elementos imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor.

El proceso racional para preparar el Planteamiento de la Distribución en Planta se muestra en la figura 3.1.

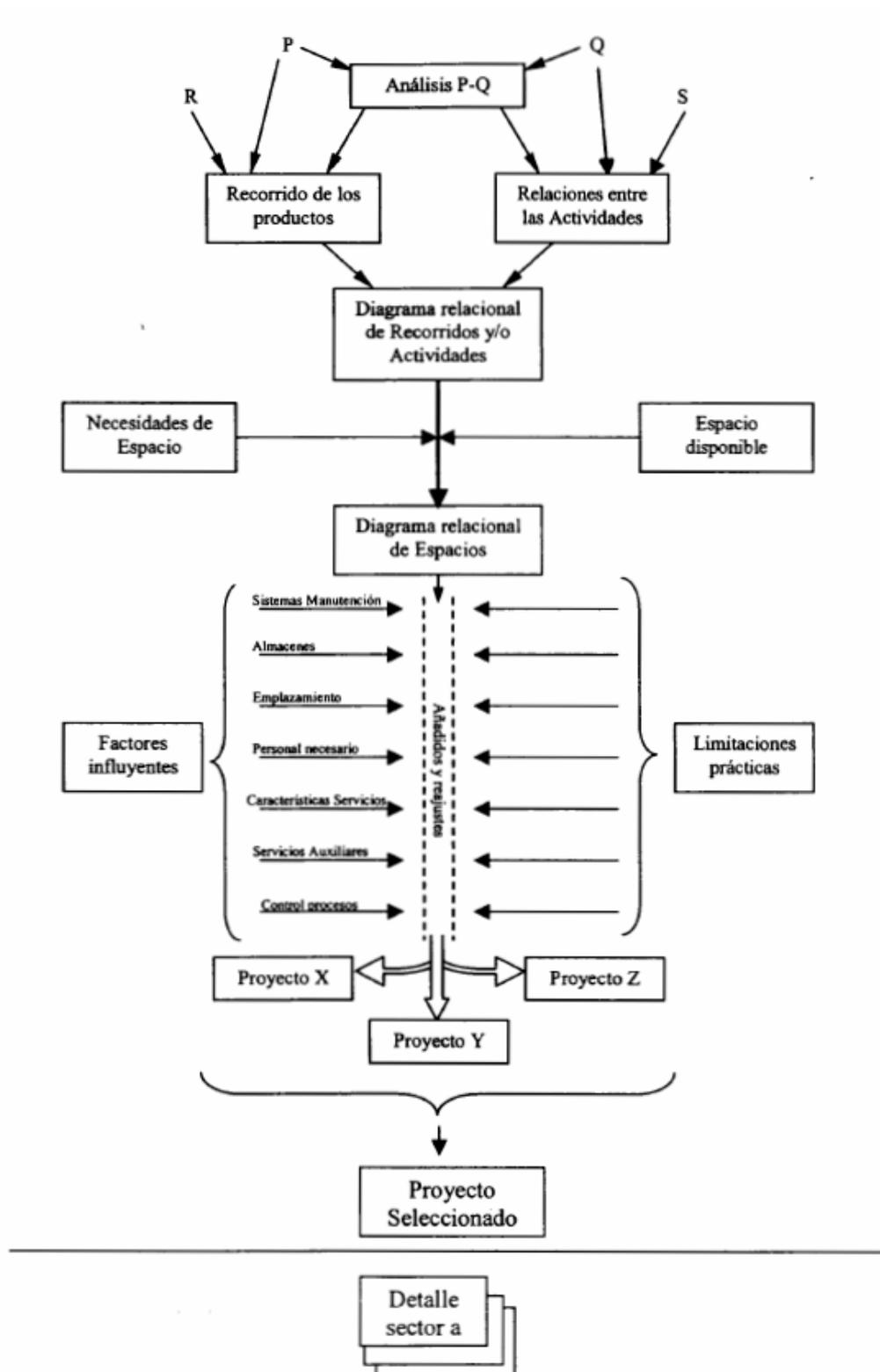


Figura 3.1. Proceso del Planteamiento S.L.P.

3.1.2. Fases del Método S.L.P.

El Planteamiento Sistemático de la Distribución en Planta o Método S.L.P. recorre cuatro Fases desde que se plantea el objetivo inicial hasta que se llega a la realidad física instalada.

- **Fase I: Localización**

Inicialmente es necesario establecer el área que se pretende organizar. No es necesario que sea un emplazamiento nuevo ya que puede tratarse del mismo, que necesita una replanificación, o de un espacio que ha quedado disponible.

No obstante, en la situación que se plantea, el emplazamiento es nuevo. Las instalaciones del Nuevo Taller se ubicarán en la carretera de la esclusa, junto a los Astilleros de Sevilla, disponiendo de 10.000 m² de superficie cubierta (ver Plano 3).

- **Fase II: Planteamiento General**

En esta Fase es preciso disponer globalmente de toda la superficie a plantear, para lo cual se analizan los sectores y los recorridos de forma que la disposición general, los enlaces y el aspecto general de cada sector importante queden determinados.

- **Fase III: Planteamiento Detallado**

A lo largo de esta Fase se determina el emplazamiento efectivo de cada elemento físico (máquina y equipo) de las zonas de planteamiento.

- **Fase IV: Instalación**

Esta Fase comprende la preparación de la instalación, la obtención del conforme de la Dirección y los desplazamientos necesarios de máquinas y equipos.

Estas cuatro Fases deben sucederse una a continuación de la otra y, para la mejora de los resultados obtenidos, deben superponerse una con la siguiente tal como se muestra en la figura 3.2.

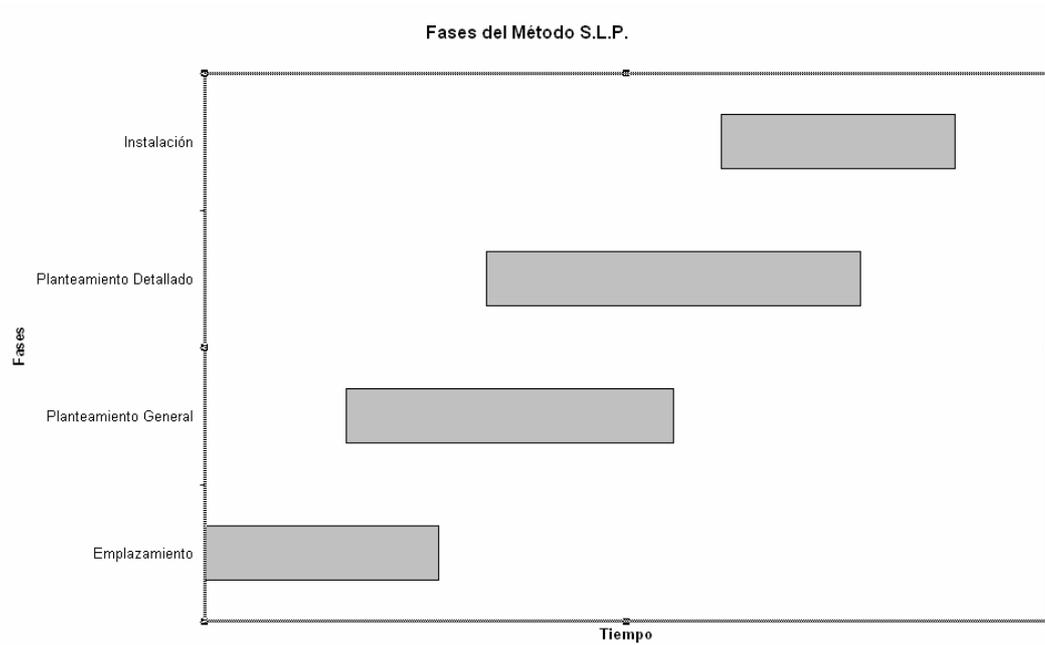


Figura 3.2. Representación gráfica de la superposición en el tiempo de las Fases del Método S.L.P.

En muchos casos, las Fases I y IV pueden ser estudiadas por otros grupos, siendo el responsable del planteamiento el encargado de realizar las Fases II y III. Sin embargo, éste debe tener conocimiento de los estudios realizados por los grupos responsables de las Fases I y IV con el objeto de integrarlos racionalmente en el proyecto global.

3.1.3. Elementos Base del Método S.L.P.

El Método S.L.P. se basa en el estudio de cinco elementos a partir de los cuales se resuelve el problema de la distribución en planta. Cada uno de estos elementos se asocia a una letra, siendo fácil de recordar con la clave del alfabeto de las facilidades de ingeniería de planteamiento: PQRST.

1. El Producto o Material (P) que debe fabricarse, incluyendo materias primas, piezas compradas y productos terminados o semiterminados.
2. La Cantidad o Volumen (Q) de cada variedad de productos o artículos que deben ser fabricados.
3. El Recorrido o Proceso(R), es decir, las operaciones y su secuencia o el orden en el cuál se realizan éstas.
4. Los Servicios Anexos, Actividades de Soporte y Funciones (S) que son necesarios para realizar las operaciones de fabricación y montaje, de manera que las instalaciones y los productos funcionen con normalidad.
5. El Tiempo o Toma de Tiempos (T) que relaciona PQRS y que influye de manera directa sobre estos cuatro elementos, ya que nos permite precisar cuándo deben fabricarse los productos y en qué cantidades, cuánto durará el proceso y qué tipo de máquinas lo acelerarán, qué servicios son necesarios y su situación, porque de ellos dependerá la velocidad a la que el personal se desplace de un punto de trabajo a otro.

Por analogía, estos cinco elementos podrían ser los componentes de una llave que abra la puerta del lugar donde se encuentra la solución al problema de distribución en planta que se plantee.

El elemento más importante de los cinco expuestos para las personas que preparan una distribución en planta es, sin duda alguna, el tiempo.

3.1.4. Procedimiento del Método S.L.P.

En este apartado se describe someramente el procedimiento de Método S.L.P. cuyo esquema se ha mostrado con anterioridad en la figura 3.1 (apartado 3.1.1.).

Inicialmente se realiza el Análisis P-Q que permite tener una visión de la evolución de cara al futuro. Las fluctuaciones periódicas, las cargas máximas y el número de instalaciones también se registran, con objeto de no olvidarlas a la hora de la preparación.

Acto seguido se estudia el Recorrido de los Productos para poder organizar con seguridad el Planteamiento en función de los desplazamientos de los productos dentro de los sectores afectados.

Paralelamente se estudian las Relaciones entre las Actividades, de donde se extrae la necesidad de incluir en el proyecto las zonas de los servicios anexos.

Posteriormente se combinan estos dos estudios resultando el Diagrama Relacional de Recorridos y/o Actividades, donde las distintas actividades, servicios y zonas se orientan geográficamente los unos respecto de los otros, sin tener en cuenta el espacio que cada uno requiere.

Seguidamente se examinan las necesidades de espacio, a partir de las máquinas y de los equipos necesarios tanto para la producción como para las actividades auxiliares. Estas necesidades deben compararse en todo momento con el espacio total disponible.

A continuación se fija sobre el Diagrama Relacional de Actividades la zona destinada a cada actividad, constituyendo el Diagrama Relacional de Espacios. Llegados a este punto es necesario comentar que toda distribución en planta se basa en tres parámetros

1. Relaciones: indica el grado relativo de proximidad deseado o requerido entre máquinas, departamentos o áreas en cuestión.
2. Espacio: determinado por la cantidad, clase y forma o configuración de los equipos a distribuir.
3. Ajuste: arreglo físico de los equipos, maquinaria y servicios, en condiciones reales.

Por tanto, estos tres parámetros constituyen siempre la parte medular de cualquier proyecto de distribución en su Fase de planteamiento. Las relaciones y el espacio están esencialmente unidos en este punto.

El Diagrama Relacional de Espacios es, en esencia, un Planteamiento. No obstante, todavía habrá que adaptarlo a unos Factores Influyentes como pueden ser sistemas de mantenimiento, prácticas operatorias, consideraciones de seguridad, etc. A medida que vayamos introduciendo estos factores, será preciso confrontar las ideas con las posibilidades o Limitaciones Prácticas.

Durante este proceso de examen de Factores Influyentes y Limitaciones Prácticas, se irán examinando y verificando una idea tras otra. Aquellas que tengan algún valor práctico se tendrán en cuenta, descartando las demás.

Finalmente se realizará una valoración a todos los proyectos posibles y viables que queden, resultando un proyecto definitivo que será el Proyecto Seleccionado del Planteamiento General.

Llegados a este punto, la Fase II ha concluido. Un trabajo semejante se llevará a cabo en cada uno de los sectores de la Fase III, realizando la organización detallada de la planta entera.

Según lo comentado anteriormente, la Fase III comienza antes de finalizar la Fase II, lo cuál implica que ciertos detalles correspondientes a la Fase III tendrán que ser analizados aun cuando la Fase II no haya concluido.

3.1.5. Factores que afectan a la distribución.

Los factores que afectan a todas y cada una de las distribuciones en planta que se realicen son los siguientes

- Material

Se considera el factor más importante para la distribución e incluye el diseño, características, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.

- Maquinaria

Después del material, el equipo de proceso y la maquinaria son factores que influyen en orden de importancia. La información que obtengamos de este factor es de gran importancia para efectuar la disposición adecuada.

- Hombres

Como factor que afecta de alguna manera a la distribución en planta, el hombre es el elemento más flexible, adaptándose a cualquier tipo de distribución con un mínimo de problemas. Sin embargo, es muy importante considerar las condiciones de trabajo.

- Manejo de materiales

El movimiento de materiales es tan importante que la mayoría de las industrias tienen un departamento especializado en el manejo de materiales.

- Espera: almacenamiento y retrasos

Se pretenderá reducir siempre los circuitos de flujo de materiales a un costo mínimo. Cuando se detiene un material se tendrá una demora que cuesta dinero y, en este caso, el costo es un factor preponderante.

- Servicios

Se trata de los elementos, actividades y personal que sirven y auxilian a la producción. Se pueden clasificar en tres tipos:

- Servicios de personal
- Servicios de material
- Servicios de maquinaria

- Características del edificio y de la localización

La mayoría de las empresas requieren estructuras industriales expresamente diseñadas de acuerdo con sus procesos específicos de producción. El edificio influirá en la distribución en planta, sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla.

- Cambio

Cualquier cambio que suceda es una parte básica del concepto de mejora. De esta manera, se debe plantear la distribución de modo que se adapte a cualquier cambio de los elementos básicos de la producción, evitando que la distribución resulte obsoleta desde su inicio.

Los elementos a analizar para realizar cambios son:

- Identificar imponderables.
- Definir los límites de influencia de los cambios sobre la distribución en planta.
- Diseñar la distribución de acuerdo con el principio de flexibilidad.

3.2. Planteamiento General del Método S.L.P.

Una vez expuestos el procedimiento a seguir y los conceptos que definen el Método S.L.P., puede comenzarse el análisis de la situación que se presenta en este proyecto.

La Fase I, como se indicó en el apartado 3.1.2., ya está resuelta y se entrará en más detalle una vez se haya llegado a la disposición definitiva.

Con todo, a continuación se inicia la Fase II del Método S.L.P. consistente en diseñar el planteamiento general de la disposición en planta.

3.2.1. Análisis Productos-Cantidades (P-Q)

Como ya se indicó en el apartado 1.3., los equipos fabricados en el Taller se pueden clasificar en tres grupos de productos con características semejantes:

1. Equipos de Baja Tensión.

Fundamentalmente se trata de Cuadros de Control, Bastidores de Relés, Armarios de Protecciones, Centros de Fuerza y Distribución, y Centros de Control de Motores (CCM).

Estos equipos tienen en común:

- Sus dimensiones y peso, provocando que el material mecánico (chapa) sea similar.
- Los materiales eléctricos que se integran, difiriendo alguno de ellos debido a las distintas funciones que desempeñan una vez instalados en planta.
- Su fácil manejabilidad una vez acabados, pudiendo ser divididos en partes capaces de ser desplazadas con el único empleo de una traspaleta, debido a su peso y dimensiones relativamente pequeñas.

La producción anual de estos productos ronda las 80 unidades.

2. Equipos de Media Tensión.

Se trata básicamente de Cabinas de Media Tensión de Interruptores, Salidas a Motor MT, Trafos o Equipos de Medida.

Los factores comunes de estos equipos son:

- Sus dimensiones y peso, provocando que el material mecánico (chapa) sea similar.
- Los materiales eléctricos que se integran, difiriendo alguno de ellos debido a las distintas funciones que desempeñan una vez instalados en planta.
- Se pueden dividir en varias partes. Sin embargo, al concluir la integración de los elementos que los componen se desplazarán mediante un puente grúa debido a que sus dimensiones y su peso son mayores que los de Baja Tensión, dificultando su manejabilidad.

Las unidades producidas al año son 60 aproximadamente.

3. Contenedores.

Son Equipos Modulares compuestos por un conjunto de aparatos que se integran en el interior de una estructura metálica formada por un contenedor o dos acoplados por un costado. Estos equipos son característicos de los proyectos de Salas de Control de Turbinas para Plantas de Ciclo Combinado para la obtención de Energía Eléctrica en lugares de difícil acceso y básicamente se componen de un CCM, fabricado en el Taller, y de material proporcionado por el propio Cliente.

Se caracterizan por:

- En su interior se integran equipos eléctricos completos, realizando el cableado entre ellos.
- Su gran volumen y peso, siendo fundamental el uso de un puente grúa para agilizar su desplazamiento.

Anualmente se fabrican en torno a 20 unidades.

En la figura 3.3 se muestra el gráfico representativo del Análisis P-Q.

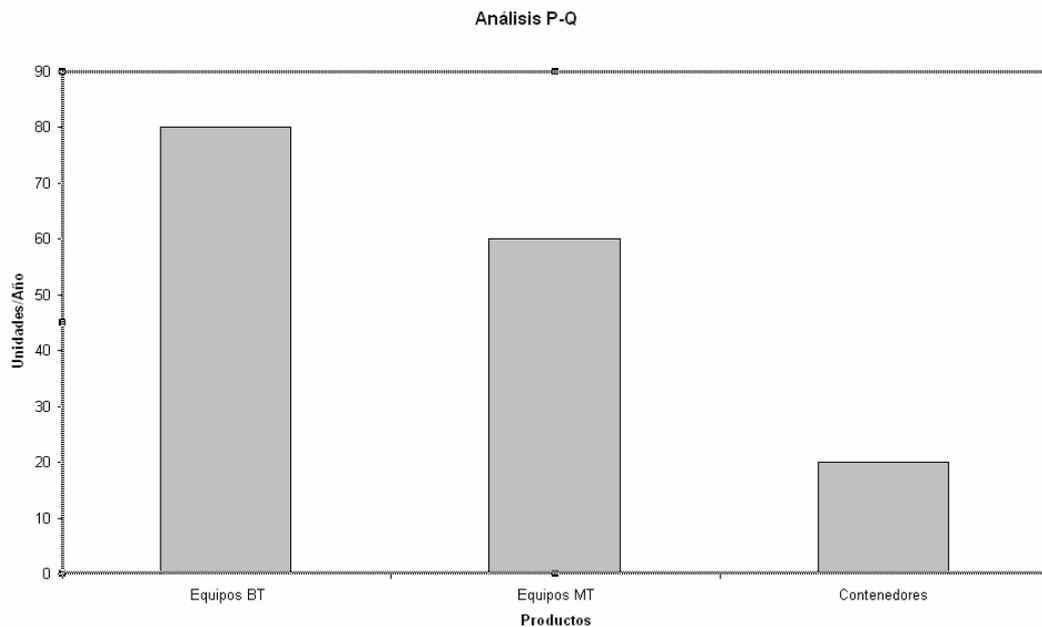


Figura 3.3. Representación gráfica del Análisis P-Q.

3.2.2. Recorrido de los Productos.

El Recorrido indica cómo se fabrica el producto, es decir, el proceso técnico establecido esencialmente, eligiendo una gama de operaciones que nos permiten reducir todo lo posible el tiempo empleado en el proceso de producción.

El análisis del Recorrido de los Productos implica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales a lo largo de diversas etapas del proceso. Estos desplazamientos de materiales deben evitar retornos o contracorrientes.

Este análisis es la base en que se fundamenta la preparación de Método S.L.P. cuando los movimientos de los materiales representan una parte importante del proceso, o cuando los volúmenes, los materiales o los pesos en juego son considerables.

En el presente proyecto se dan las condiciones mencionadas en el párrafo anterior, ya que los procesos de fabricación existentes en el Taller son, fundamentalmente, procesos de integración de materiales. Sólo en el caso del cobre se produce algún tipo de transformación, como pueden ser el corte, mecanizado, plateado y/o enfundado.

Esto implica que los Servicios Anexos (que comprende el mantenimiento, las reparaciones, el utillaje, los vestuarios y sanitarios, el Servicio Médico, las oficinas, los muelles de carga y descarga, de recepción y expedición, y las zonas de almacenes) se consideren simplemente como unos Factores Influyentes.

El análisis P-Q ha determinado la existencia de tres grupos de productos claramente diferenciados. El proceso de producción de cada uno de ellos, a su vez, se puede dividir en varios flujos referidos a los distintos tipos de materiales que los forman. A continuación se muestran todos los flujos que se producen en el Taller, que ya se han descrito con anterioridad en el apartado 2.2, así como el significado de los símbolos empleados.

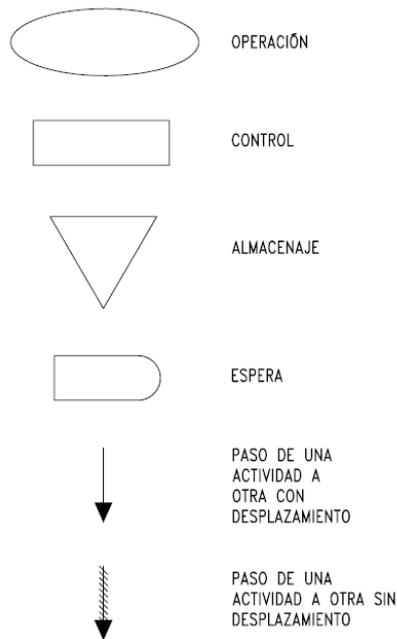


Figura 3.4. Símbolos representativos de cada actividad empleada en los flujos.

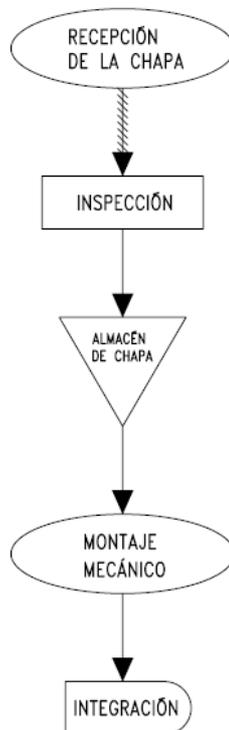


Figura 3.5. Flujo del Proceso de Montaje Mecánico de los Equipos de Baja Tensión.

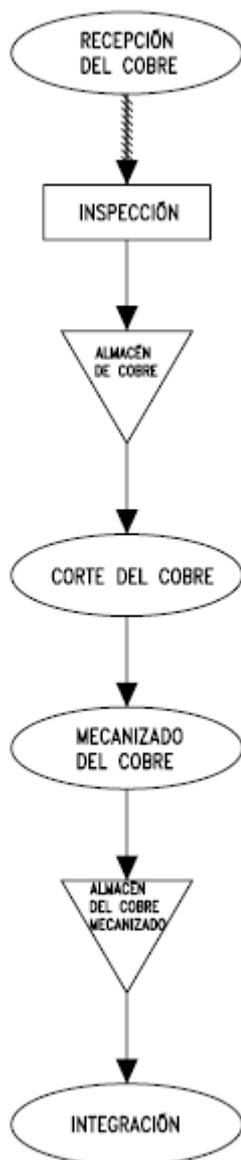


Figura 3.6. Flujo del Proceso del Cobre de los Equipos de Baja Tensión.

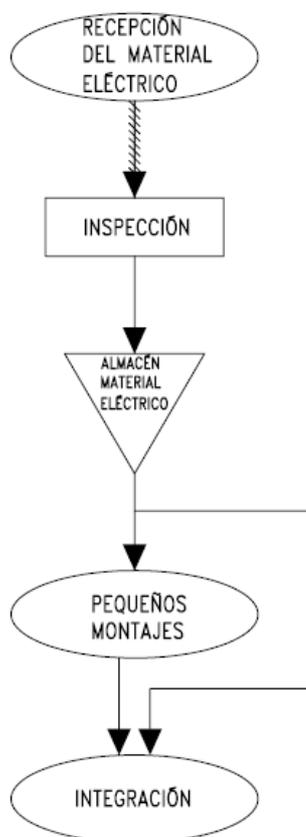


Figura 3.7. Flujo del Proceso de Montaje Eléctrico de los Equipos de Baja Tensión.

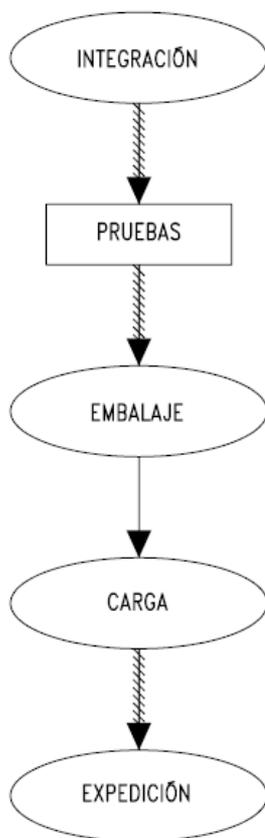


Figura 3.8. Flujo del Proceso de Expedición de los Equipos de Baja Tensión.

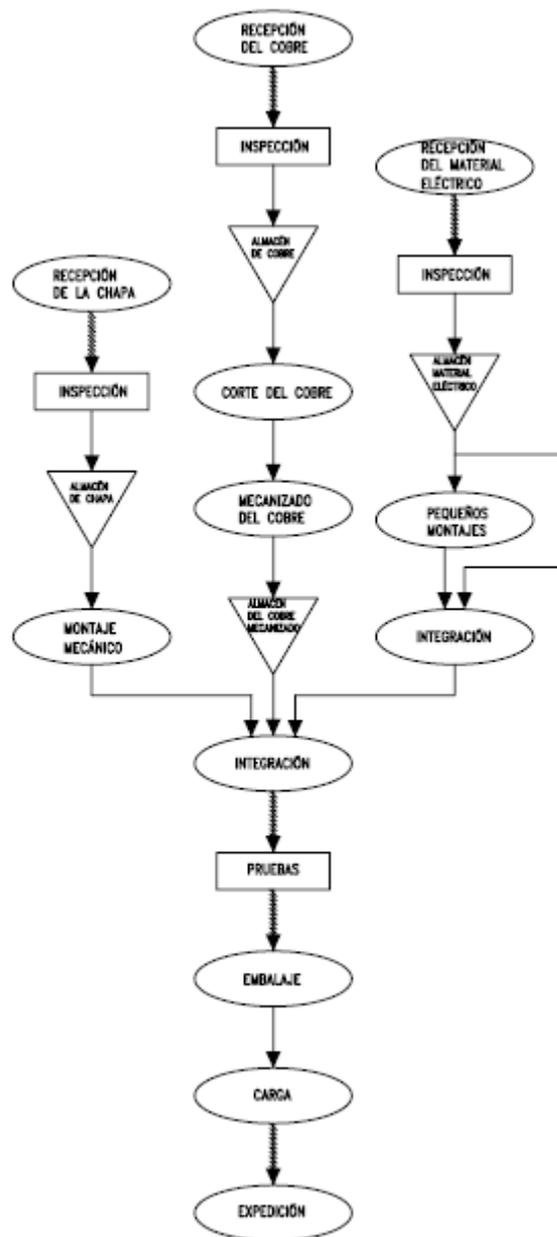


Figura 3.9. Flujo del Proceso completo de Integración de los Equipos de Baja Tensión.

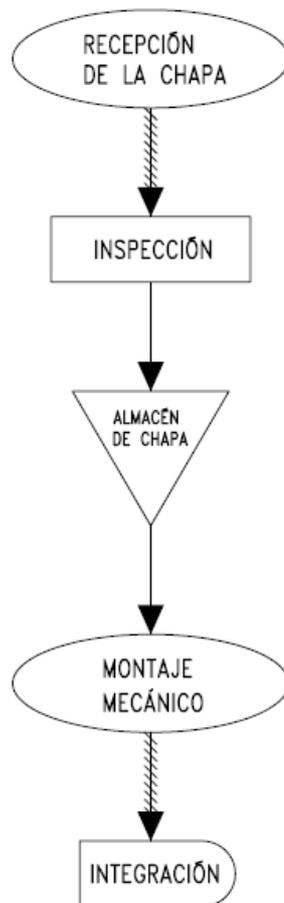


Figura 3.10. Flujo del Proceso de Montaje Mecánico de los Equipos de Media Tensión.

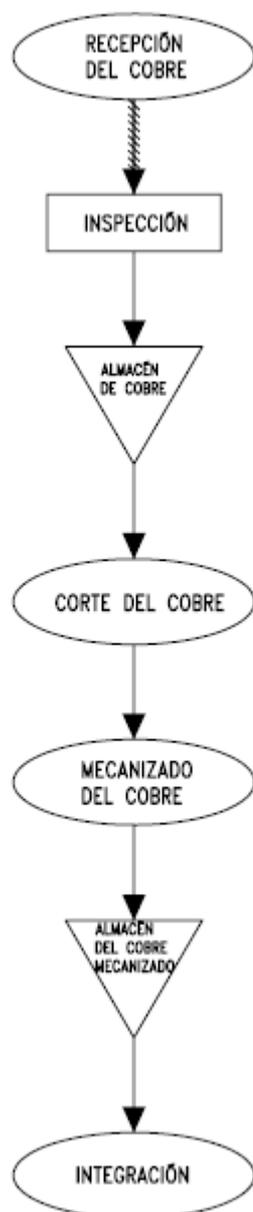


Figura 3.11. Flujo del Proceso del Cobre de los Equipos de Media Tensión.

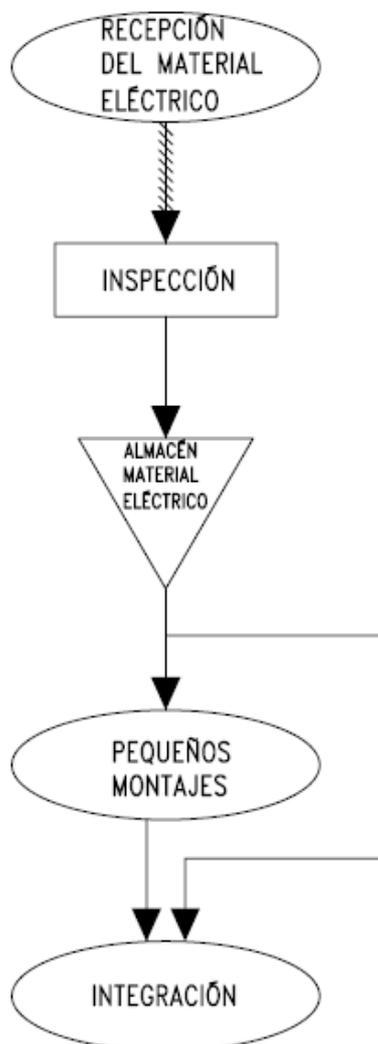


Figura 3.12. Flujo del Proceso de Montaje Eléctrico de los Equipos de Media Tensión.

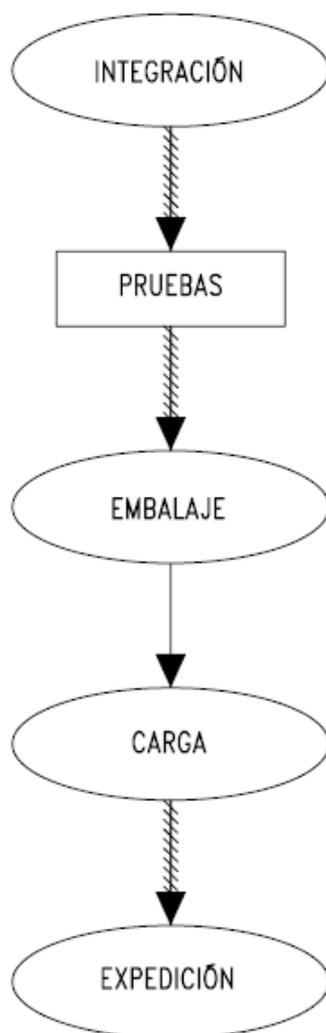


Figura 3.13. Flujo del Proceso de Expedición de los Equipos de Media Tensión.

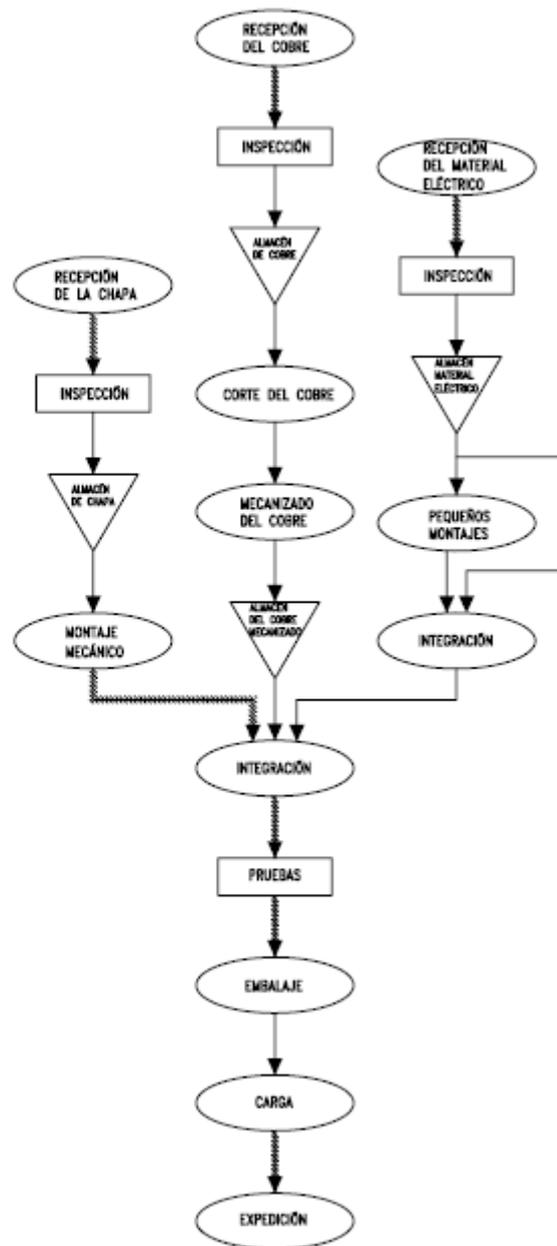


Figura 3.14. Flujo del Proceso completo de Integración de los Equipos de Media Tensión.

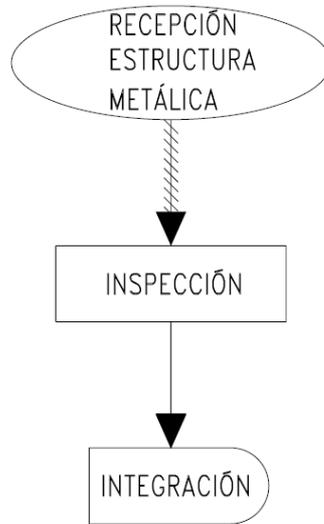


Figura 3.15. Flujo del Proceso de la Estructura Metálica de los Contenedores.

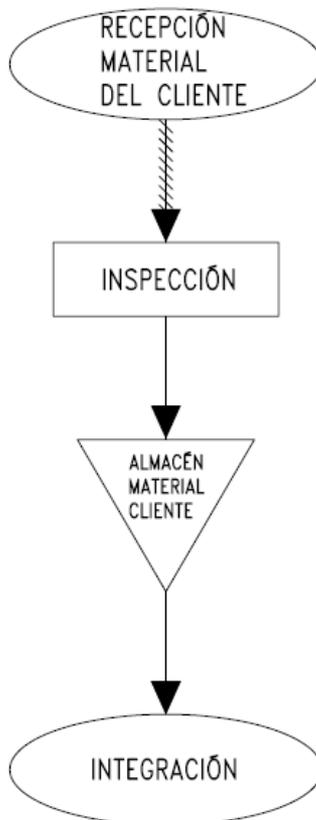


Figura 3.16. Flujo del Proceso de los Materiales Suministrados por el Cliente para los Contenedores.

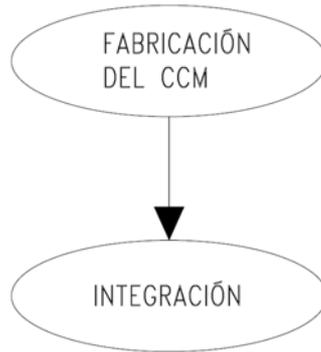


Figura 3.17. Flujo del Proceso de Integración del CCM en el Contenedor.

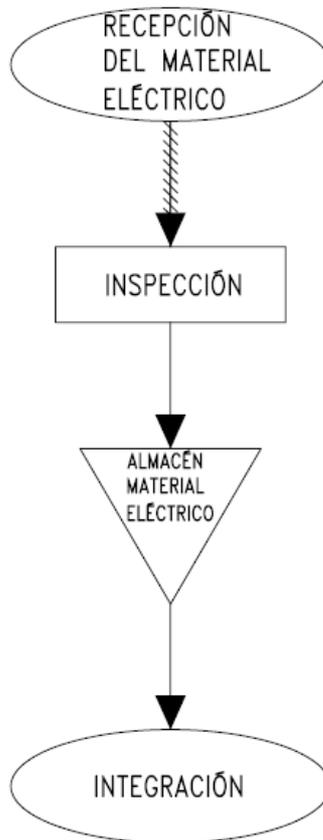


Figura 3.18. Flujo del Proceso de Montaje Eléctrico de los Contenedores.

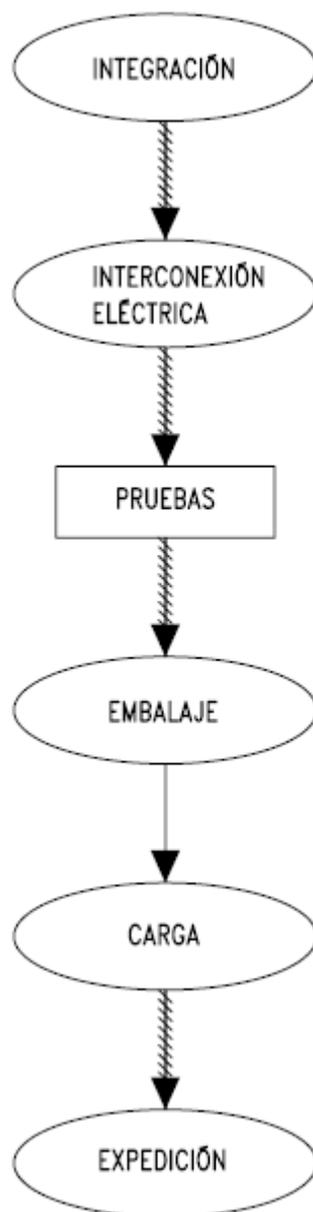


Figura 3.19. Flujo del Proceso de Expedición de los Contenedores.

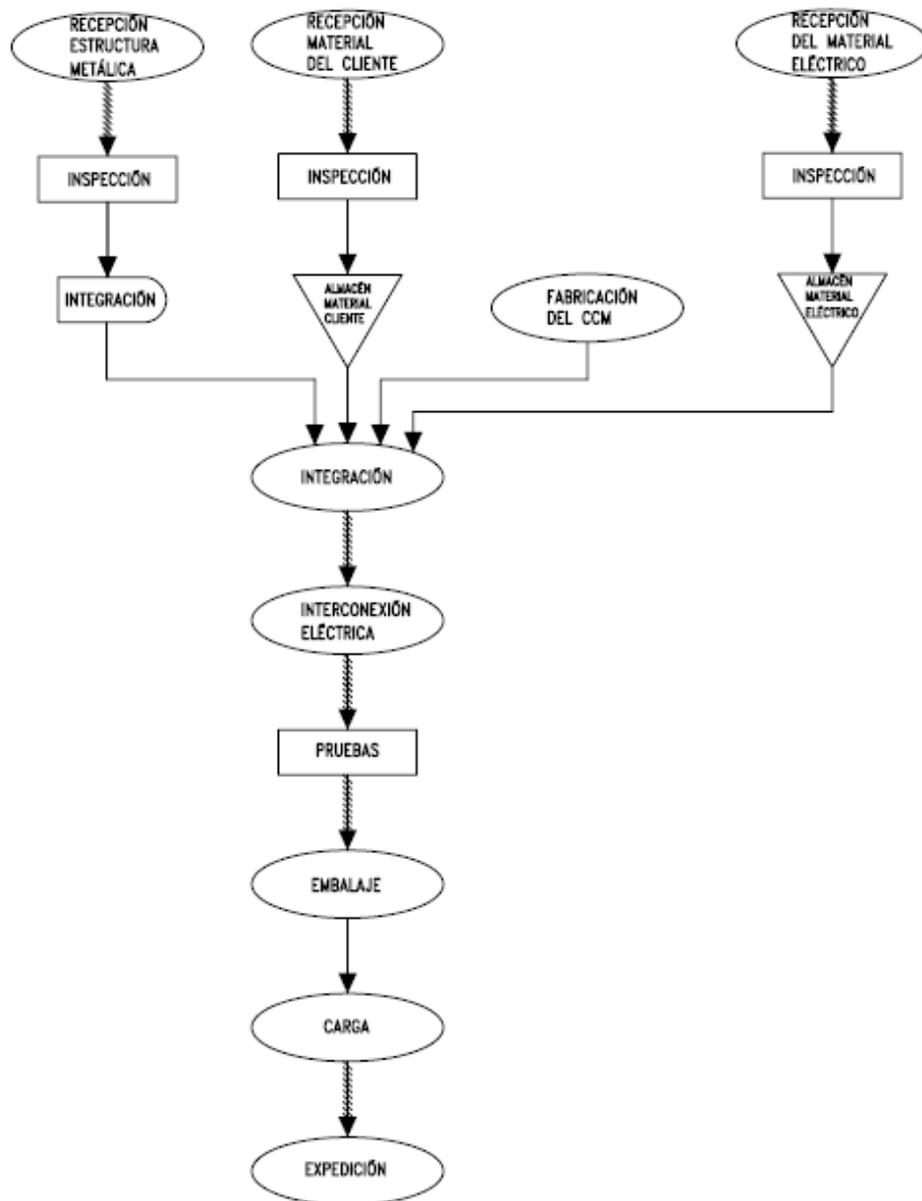


Figura 3.20. Flujo del Proceso completo de Integración de los Contenedores.

3.2.3. Relaciones entre Actividades.

El Recorrido de los Productos no es un factor que determina el emplazamiento del proceso de operaciones. Simplemente indica sobre un gráfico la secuencia de operaciones, determinando cuáles son los departamentos que necesitan estar próximos.

Pero el recorrido de los materiales sólo es uno de los factores causales; hay muchos otros que pueden actuar en sentido inverso y provocar adaptaciones. Es decir, la influencia de algunos factores puede tener tanta importancia como el recorrido de los materiales y ambos aspectos deben aunarse lo mejor posible.

Esto se puede conseguir mediante la realización de un análisis de las Relaciones entre Actividades que, además, integre los Servicios Auxiliares al Recorrido de los Productos. Los resultados de este análisis se representan en la Tabla de Relaciones en la que quedan reflejadas las actividades y sus relaciones mutuas. Además evalúa la importancia de la proximidad entre las actividades, apoyándose sobre una codificación apropiada.

La Tabla de Relaciones se presenta con el siguiente formato:

- En la columna de la izquierda se colocan las actividades.
- Las sucesivas columnas van reduciendo su tamaño progresivamente hasta que desaparece, quedando una estructura triangular. Cada celda de este triángulo se divide en dos, indicando en la parte superior la proximidad requerida entre las dos actividades afectadas y en la parte inferior el motivo de esta proximidad.

La escala de valores para la proximidad de las actividades queda indicada por las letras

- A ≡ Absolutamente necesaria
- E ≡ Especialmente necesaria
- I ≡ Importante
- O ≡ Ordinaria
- U ≡ Sin importancia
- X ≡ No deseable

Los motivos de la proximidad de las distintas actividades que se colocan en la parte inferior de cada celda antes mencionada se indican mediante una codificación numérica que se suele mostrar junto a la Tabla de Relaciones.

A la hora de definir las actividades se ha tomado como referencia las existentes en el Taller Actual. No obstante, se pretenden mejorar ciertos aspectos desde el inicio del nuevo planteamiento como, por ejemplo, conseguir que todos los materiales suministrados por los diversos proveedores se recepcionen en un único punto.

Parece lógico, sin embargo, que pueda diferenciarse de los demás materiales, con respecto a la recepción de éstos, la estructura metálica de los contenedores debido a su gran peso y volumen. Por tanto, la recepción de éstas se considerará por separado de inicio y se podrá descartar esta opción si el análisis que se realice así lo estima.

Además, teniendo en cuenta que las nuevas instalaciones ya están proyectadas, se considerarán las restricciones que de ello de deriven como, por ejemplo, las puertas de la nave que irán asociadas a la recepción de materiales y a la expedición de los equipos terminados.

Los resultados del análisis se muestran en la figura 3.21. Los valores de proximidad se han codificado además por colores con objeto de ayudar a la identificación de cada uno de ellos.

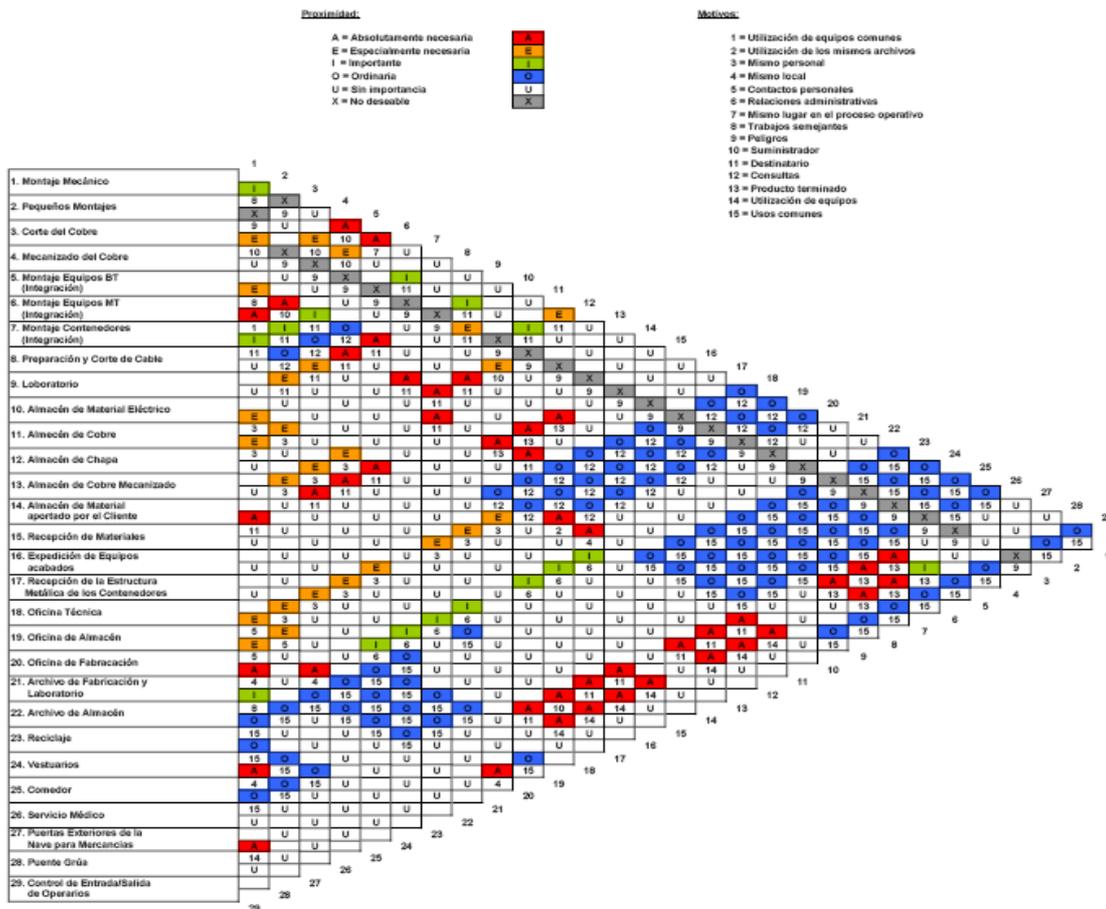


Figura 3.21. Tabla de Relaciones entre Actividades.

3.2.4. Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades.

Una vez establecida la Tabla de Relaciones se procede a realizar un gráfico que represente de forma más visual los datos recogidos en ésta. Es preciso traducir la tabla de las informaciones que nos muestra la secuencia de las actividades y la importancia relativa de la proximidad de cada una de las actividades con respecto a la otra, en una disposición sobre el terreno.

Las figuras 3.22 y 3.23 muestran la lista de las normas utilizadas para el trazado del Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades, que son las siguientes:

1. Un símbolo por tipo de actividad.
2. Una cifra convencional para cada actividad, a ser posible coincidente con las indicadas en la Tabla de Relaciones.
3. Un número de trazos para el valor de la aproximación. Cuanta mayor aproximación requieran, se representarán más trazos.
4. Un color convencional para el valor de la aproximación. Se suele emplear el mismo que en la Tabla de Relaciones.

Letra	Proximidad	Color	Número de líneas
A	Absolutamente necesaria	Rojo	4 rectas
E	Especialmente importante	Naranja	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Ordinaria	Azul	1 recta
U	Sin importancia	----	----
X	No deseable	Pardo	1 zigzag

Figura 3.22. Código de las proximidades.

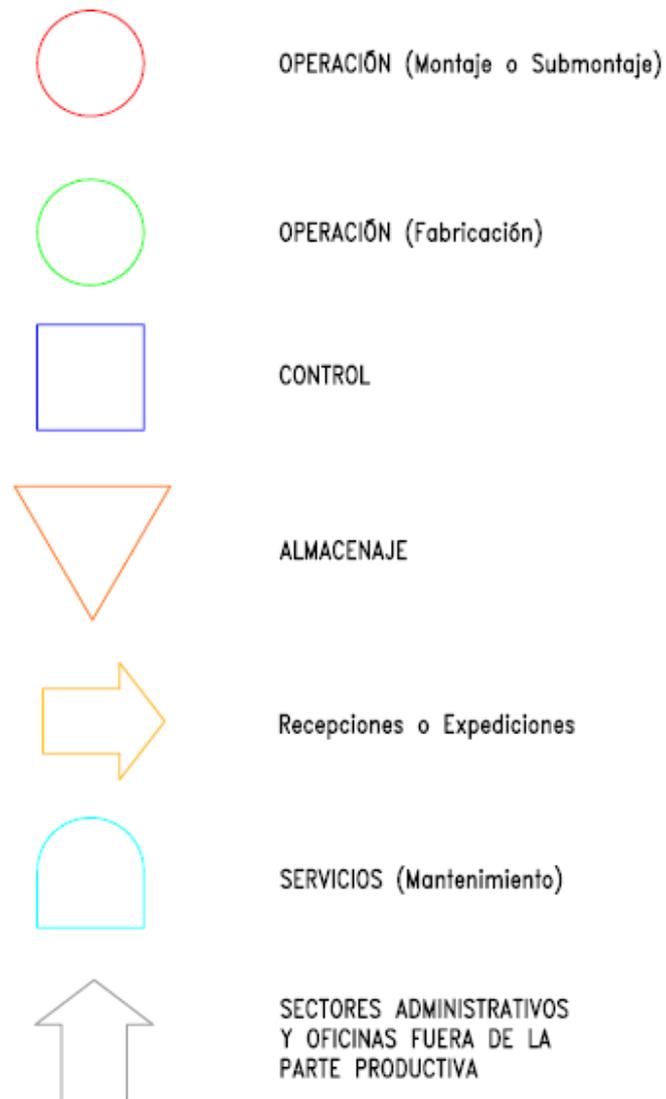


Figura 3.23. Símbolos para cada tipo de Actividad.

Durante el proceso llevado a cabo no se ha tenido en cuenta el factor emplazamiento real con objeto de obtener, mediante el Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades, una disposición ideal de las distintas actividades realizadas en el Taller. De esta forma se evita tener ideas preconcebidas desde el inicio del estudio. Lógicamente, después habrá que adecuar la disposición ideal a las restricciones del emplazamiento asignado.

Para facilitar la realización del diagrama se procede del siguiente modo:

- 1) Se identifica cada actividad con el mismo número que aparece en la Tabla de Relaciones.
- 2) Se realiza una lista en la cuál se ordenen las relaciones entre actividades por proximidades.
- 3) Se comienza a dibujar el diagrama a partir de las relaciones que aparecen en la lista de proximidad "absolutamente necesaria", siguiendo con las de proximidad "especialmente importante" y así sucesivamente hasta completarlo.

A continuación se muestran los resultados de cada uno de estos pasos:

- 1) Las actividades consideradas en el Diagrama Relacional son las siguientes:
 1. Montaje Mecánico
 2. Pequeños Montajes
 3. Corte del Cobre
 4. Mecanizado del Cobre
 5. Montaje Equipos BT (Integración)
 6. Montaje Equipos MT (Integración)
 7. Montaje Contenedores (Integración)
 8. Preparación y Corte de Cable
 9. Laboratorio
 10. Almacén de Material Eléctrico
 11. Almacén de Cobre
 12. Almacén de Chapa
 13. Almacén de Cobre Mecanizado
 14. Almacén de Material Aportado por el Cliente
 15. Recepción de Materiales
 16. Expedición de Equipos acabados
 17. Recepción de la Estructura Metálica de los Contenedores
 18. Oficina Técnica
 19. Oficina de Almacén
 20. Oficina de Fabricación
 21. Archivo de Fabricación y Laboratorio
 22. Archivo de Almacén
 23. Reciclaje
 24. Vestuarios
 25. Comedor
 26. Servicio Médico
 27. Puertas Exteriores de la Nave para Mercancías
 28. Puente Grúa
 29. Control de Entrada/Salida de Operarios

2) La tabla de relaciones entre actividades ordenadas por proximidades es la que se muestra a continuación:

Proximidad "Absolutamente necesaria" (A)

- 5 con 1, 7, 10, 13, 16 y 27
- 6 con 1, 7, 10, 12, 13, 16, 27 y 28
- 7 con 14, 16, 17, 27 y 28
- 9 con 20 y 21
- 15 con 10, 11, 12, 27 y 28
- 19 con 22
- 20 con 21 y 29
- 24 con 25
- 27 con 10, 11, 12, 14, 16, 17 y 28
- 28 con 10, 11, 12, 14, 16 y 17

Proximidad "Especialmente necesaria" (E)

- 2 con 5 y 6
- 4 con 3, 13
- 5 con 6
- 10 con 7, 8, 11, 12, 14 y 19
- 11 con 3, 12, 14 y 19
- 12 con 1, 14 y 19
- 18 con 19 y 20
- 19 con 14, 15 y 16

Proximidad "Importante" (I)

- 2 con 1, 8, 10 y 12
- 5 con 8 y 28
- 8 con 6 y 7
- 22 con 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17 y 21

Proximidad "Ordinaria" (O)

- 9 con 5, 6 y 7
- 18 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9
- 19 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9
- 20 con 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8
- 23 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 17, 18, 19, 20, 21 y 22
- 24 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, 19, 20 y 23
- 25 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, 19, 20 y 23
- 26 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, 19, 20, 23, 24 y 25
- 29 con 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 19

Proximidad "No deseable" (X)

- 3 con 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 29
- 3) Considerando todas las actividades, el Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades resultante es el indicado en la figura 3.24.

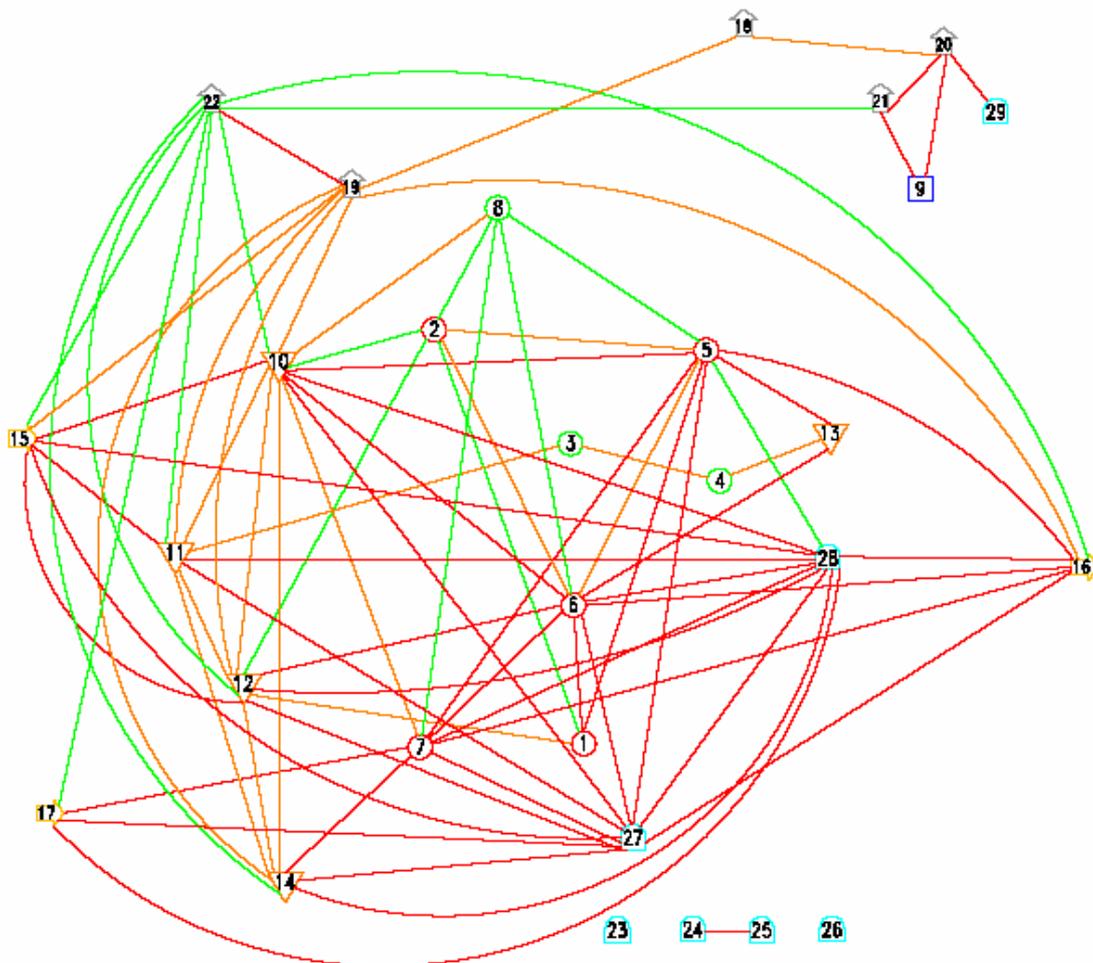


Figura 3.24. Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades inicial.

Como se puede observar, el resultado es poco clarificador debido a la gran cantidad de relaciones entre actividades. Por este motivo se ha trazado, para cada una de las relaciones entre actividades, una sola recta con su color correspondiente a la proximidad que indica el Diagrama Relacional de Actividades. Asimismo, se ha obviado representar las relaciones de proximidad "ordinarias" (O) y "no deseable" (X), ya que sólo contribuirían a dificultar la visualización de los distintos procesos, objetivo principal de este diagrama.

Con objeto de clarificar el Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades, se realiza otro en el cuál sólo se tengan en cuenta las relaciones entre las actividades propias del Taller, es decir, las 17 primeras de la lista. El resultado, representado en la figura 3.25, es más útil, además de ser sencillo de interpretar. No obstante, se sigue trazando una sola recta por cada relación entre actividades.

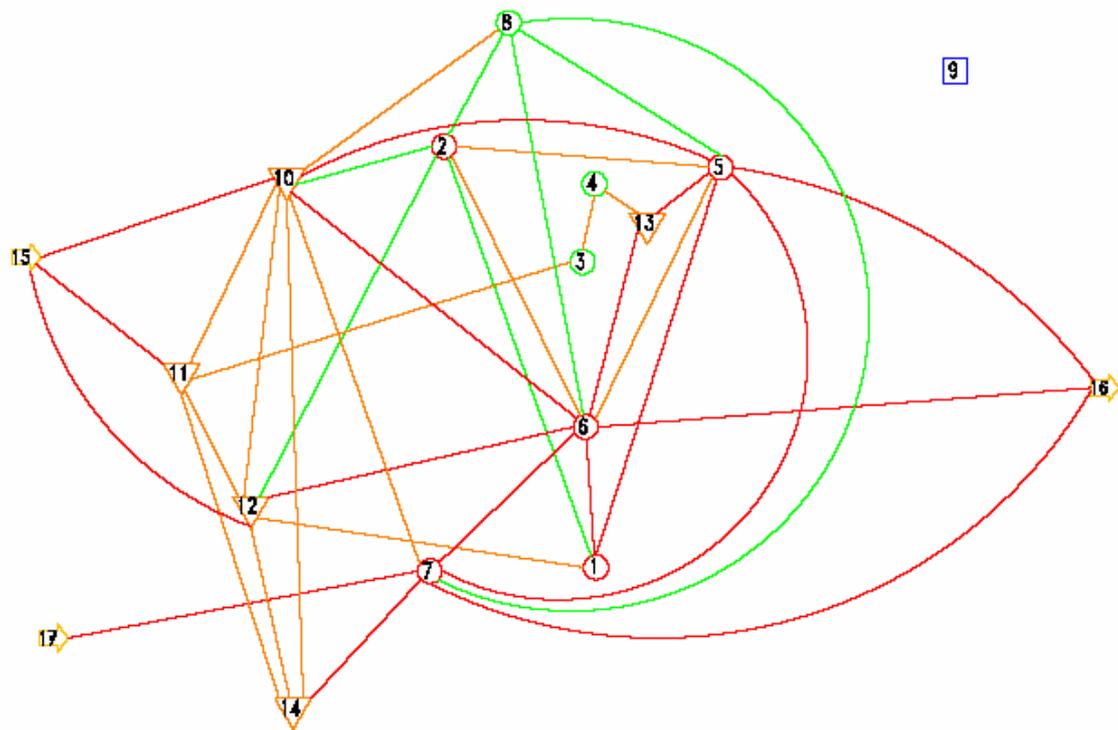


Figura 3.25. Diagrama Relacional de Recorridos y Actividades definitivo.

Cabe mencionar que todas las relaciones de proximidad “no deseable” (X) afectan a la actividad 3 (Corte del Cobre), debido a que las pequeñas partículas que se desprenden de ésta pueden provocar arcos eléctricos en el interior de los equipos fabricados, en el caso de llegar hasta allí.

Este problema se puede resolver aislando la zona de corte del cobre. De este modo, la actividad 3 no se encontrará tan limitada y podrá situarse en la nueva distribución sin tantas restricciones.

3.2.5. Determinación de los Espacios.

Hasta ahora no se ha tenido en cuenta el espacio que ocupará cada una de las actividades ni el espacio disponible en las nuevas instalaciones. De partida se tomarán como referencia los datos de superficie del Taller Actual ya indicados en la figura 2.1 (apartado 2.1.), realizando alguna modificación en caso de ser necesario.

En este sentido, se puede decir que la superficie dedicada al Montaje de Contenedores será menor que la indicada en esa tabla (2.600 m²) debido a que en el Taller Actual el desplazamiento de los Contenedores se realiza a cota 0, siendo necesario un gran espacio para moverlos.

Pues bien, en las nuevas instalaciones se dispondrá de un puente grúa de gran capacidad de carga y a una altura suficiente para permitir el desplazamiento de los Contenedores por encima de otros que se encuentren sobre el suelo. Además, se podrán apilar en dos alturas. Esto implica que el área destinada al Montaje de Contenedores en el Nuevo Taller sea de 1.200 m².

El estudio detallado de los espacios ocupados por cada actividad se realizará posteriormente cuando se realice el planteamiento detallado de la distribución en planta elegida.

Al tratarse de un traslado de instalaciones donde la planta del Nuevo Taller ya está definida se puede decir que el espacio disponible en él es superior al necesario actualmente. Esto se debe a la previsión de ampliación de la producción que se tiene a medio plazo. No obstante, es necesario establecer una distribución inicial para la producción actual, teniendo en cuenta que en un futuro se realizará una redistribución de modo que ésta no sea muy drástica.

3.2.6. Diagrama Relacional de Espacios.

Como se ha comentado anteriormente, el emplazamiento de las nuevas instalaciones ya está decidido, disponiéndose del plano en planta de éstas (ver plano 3). Por tanto, el Diagrama Relacional de Espacios se realizará directamente sobre el plano con el fin de reducir el tiempo de preparación del planteamiento. Se admitirán desde el principio las características y la configuración del espacio disponible, situando el Diagrama Relacional de Espacios dentro de sus límites reales.

A partir de este paso del Método S.L.P. surgirán varias soluciones o proyectos que serán confrontados, con objeto de alcanzar una nueva configuración que englobe los mejores aspectos de cada alternativa.

La estructura de las nuevas instalaciones tiene dos zonas claramente diferenciadas:

1. Una nave de 135*60 m² donde se realizarán todas las actividades propias del Taller, así como donde se ubicarán las oficinas y archivos de fabricación y de almacén.
2. Una superficie de 1.300 m² destinada a Oficina Técnica que contará con Salas de Reuniones, Cafetería, Archivo, etc.

El estudio realizado se centra en la distribución de la nave, siendo conveniente conocer las limitaciones que presenta antes de realizar el Diagrama Relacional de Espacios. Así las cosas, la distancia entre pilares es de 7,5 m en sentido longitudinal y de 20 m en sentido transversal, quedando dividida en tres sectores.

La altura es de 5 m en los dos sectores más próximos a la zona de Oficina Técnica, variando en el sector más alejado (8,5 m) donde irá el puente grúa. Esta disposición se ha tomado de cara a la seguridad ya que los desplazamientos de materiales por este medio deben realizarse donde exista menos presencia y/o tránsito de personal.

Existen cuatro puertas destinadas a la entrada de materiales y la salida de equipos terminados, tres de ellas situadas en el sector donde se encuentra el puente grúa y la otra situada en el sector central.

Una vez definida la nave, se analizan los diagramas realizados anteriormente con objeto de elaborar el Diagrama Relacional de espacios considerando las relaciones entre las distintas actividades.

Cabe destacar la necesidad de ubicar la zona de Montaje de Contenedores y de Montaje de Cabinas (Equipos de Media Tensión) en el sector del puente grúa, así como la recepción de materiales y la expedición de equipos terminados. De ahí que este sector disponga de tres puertas al exterior. Por otro lado, la Oficina de Taller debe situarse junto a la entrada/salida de los operarios para su control y parece conveniente que el Laboratorio se encuentre al otro lado de esta puerta.

Con todo, las distintas soluciones al planteamiento encontradas se muestran a continuación en las figuras 3.26, 3.27 y 3.28.

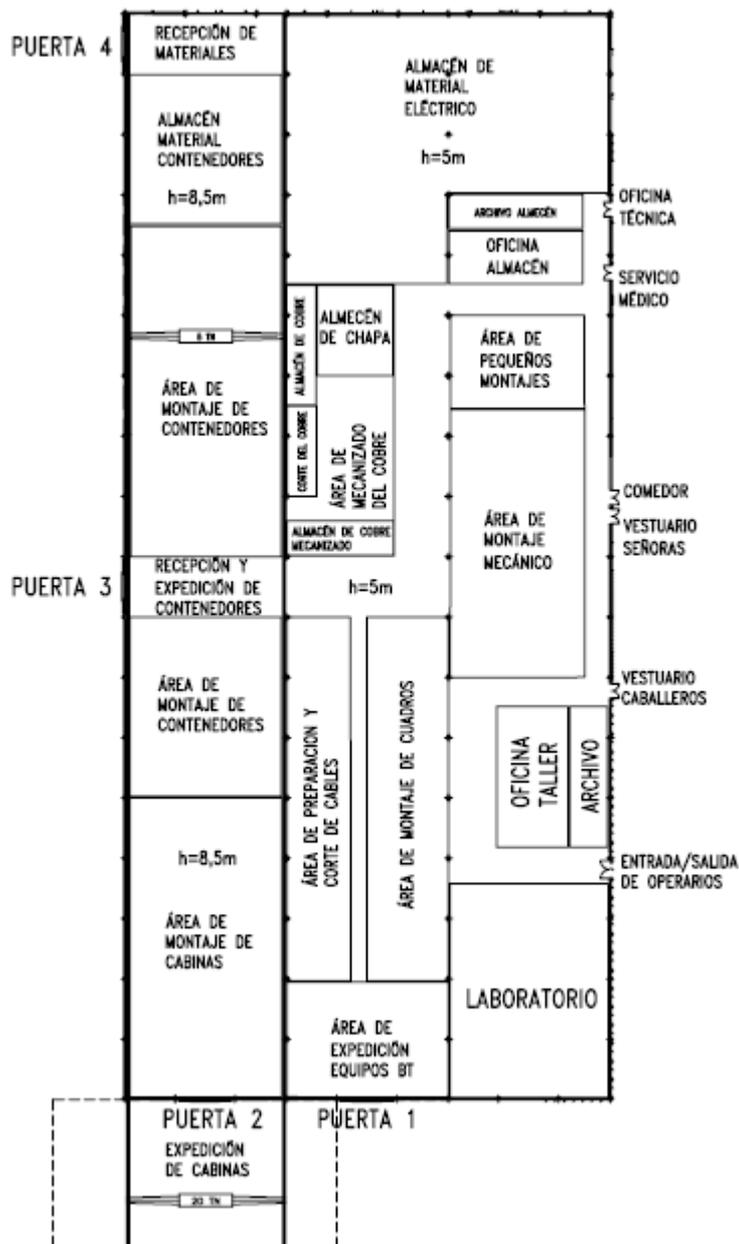


Figura 3.26. Diagrama Relacional de Espacios: Alternativa 1.

La Alternativa 1 realiza la recepción de los materiales por la puerta 4 de modo que los flujos de materiales sean lineales, sin que se produzcan retrocesos en cada uno de los procesos. El almacén del material aportado por el cliente para los contenedores se sitúa junto esta puerta, ya que se trata de material pesado, y su transporte se agiliza empleando el puente grúa. Además, el área de montaje de contenedores se ubica a continuación de dicho almacén disponiendo de la puerta 3 para la recepción y expedición de estos equipos. Este aspecto es necesario debido a que se trata de equipos modulares de grandes dimensiones y peso. No obstante, el principal inconveniente que se aprecia en esta disposición es la localización de los almacenes de cobre y de chapa, que se encuentran en el sector central y muy lejos de la zona donde se reciben.

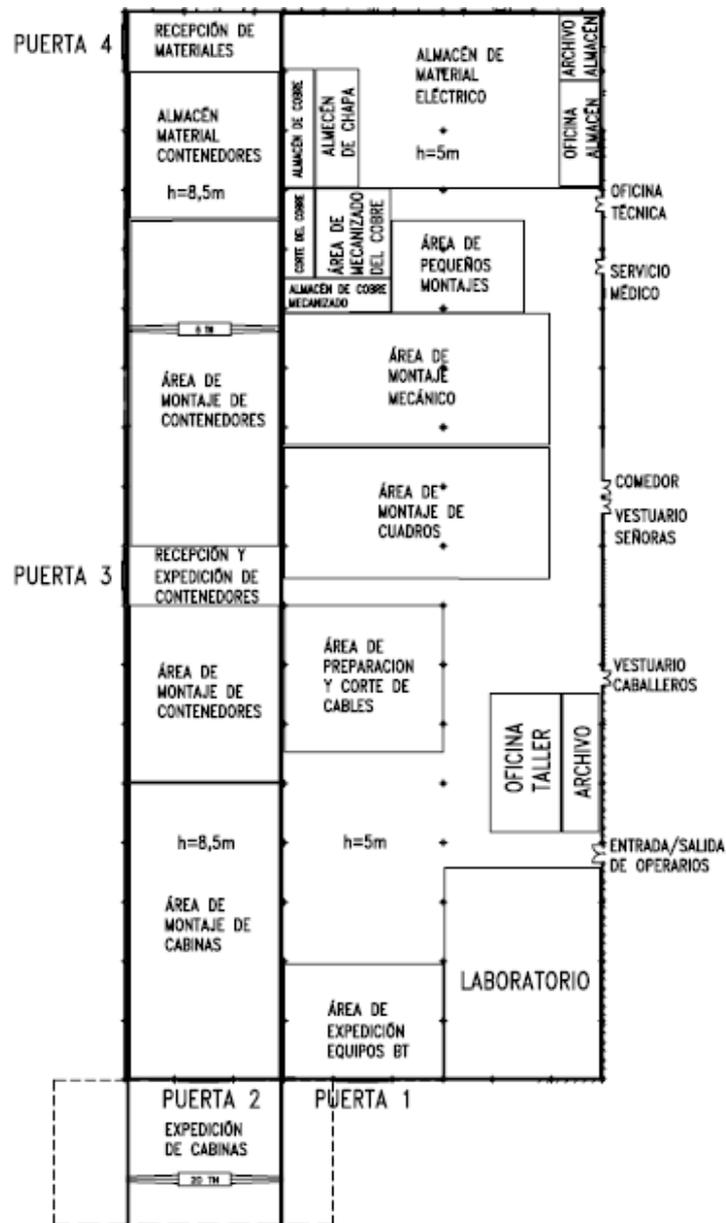


Figura 3.27. Diagrama Relacional de Espacios: Alternativa 2.

En la Alternativa 2 se ha considerado la reducción de la superficie destinada al almacenaje de material eléctrico aumentando la altura de las estanterías. Los almacenes de cobre y de chapa se han aproximado a la puerta 4, intentando mantener lineales los flujos de materiales. Otro factor a destacar es que se ha despejado la región cercana a las puertas de la Oficina Técnica, Servicio Médico, Comedor y Vestuarios. El espacio que queda sin actividad será empleado en la futura ampliación de la producción.

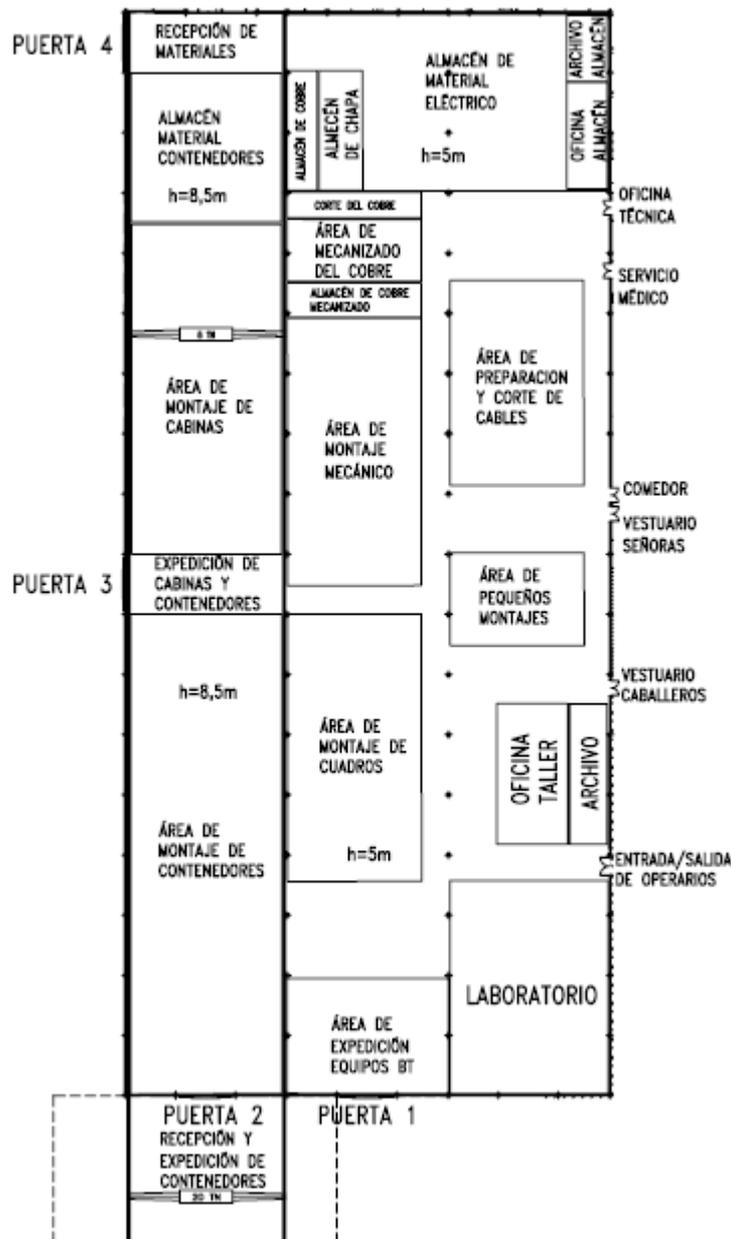


Figura 3.28. Diagrama Relacional de Espacios: Alternativa 3.

En la Alternativa 3 se ha optado por aproximar el área de montaje de cabinas a la zona de almacenaje ya que la necesidad de chapa y de material eléctrico por parte de los equipos de media tensión sin montar es muy grande. De esta forma, el montaje de los contenedores se realizará entre las puertas 2 y 3, que se emplearán para la recepción y expedición de éstos.

Cabe destacar que la puerta 2 dispone de una marquesina que facilita la carga y descarga de los camiones evitando que tengan que maniobrar para situarse debajo del puente grúa.

Por último, destacar que la proximidad del área de montaje de cuadros con la de montaje de contenedores acorta la distancia a recorrer por el CCM que se ha de integrar en éstos.

Los diagramas que se muestran en este apartado han sido realizados utilizando un programa gráfico de diseño, permitiendo modificaciones rápidamente. De este modo, los diagramas que se presentan han sido fruto de las sucesivas observaciones que se han ido plasmando en el gráfico de forma real.

La confrontación de las tres alternativas proporcionará una nueva combinación que contendrá las cualidades de cada una de ellas.

3.2.7. Elección del Planteamiento.

En este punto del proceso se tienen tres posibles planteamientos, alguno de los cuales puede llegar a ser satisfactorio. Sin embargo, la mejor opción resultará de confrontarlos, de modo que se aprovechen las situaciones más positivas de cada una de ellas. Así, se procede a analizarlas conjuntamente a fin de obtener la distribución en planta que posteriormente se someterá al planteamiento detallado.

La Oficina de Taller debe situarse junto a la entrada/salida de los operarios para su control y parece conveniente que el Laboratorio se encuentre al otro lado de esta puerta, en la esquina de la nave, con objeto de facilitar la movilidad de los materiales y de los operarios.

Por causa de la ubicación de las puertas en la edificación establecida, la puerta 4 debe ser el punto de recepción de todos los materiales de modo que facilite el flujo lineal de los procesos.

La Alternativa 1 no es útil debido a que los almacenes de cobre y de chapa se encuentran en el sector central y muy lejos de la puerta 4. Se podría hacer una excepción con la recepción de estos materiales por la puerta 3 pero queda igualmente lejos de sus almacenes. Además, al poder reducir la superficie destinada al almacén de material eléctrico, la chapa y el cobre se almacenarán más próximos a la puerta 4. Por último, la zona del corte del cobre debe estar aislada del resto, según se indicó anteriormente, lo cuál implica la existencia de un edificio en medio de la nave que impide el tránsito tanto de materiales como de operarios; sería conveniente situarlo junto a una pared. El resto de la distribución es aceptable si se desplazan hacia el almacén las zonas de preparación de cable y de montaje de cuadros.

Las Alternativas 2 y 3 ya tiene en cuenta la reducción de la superficie destinada al almacenaje de material eléctrico aumentando la altura de las estanterías. También se podría actuar en este sentido para reducir la superficie ocupada por el almacén de los materiales aportados por el cliente, situando los almacenes de cobre y de chapa en el espacio que se ahorre. De este modo, el edificio que aisle la zona de corte del cobre del resto de actividades se puede levantar dentro del almacén de material eléctrico.

Además, en la Alternativa 2 se ha despejado la región cercana a las puertas de la Oficina Técnica, Servicio Médico, Comedor y Vestuarios. No obstante, las actividades se encuentran muy próximas, pudiendo provocar la dificultad de movilidad de los materiales. En este sentido, tras la elección del planteamiento se definirán los caminos en el interior de la nave con objeto de permitir la maniobrabilidad en el desplazamiento de los equipos terminados.

En la Alternativa 3 se señaló la necesidad de aproximar el área de montaje de cabinas a la zona de almacenaje. Esto implica que los contenedores se integren entre las puertas 2 y 3, lo cuál es una ventaja añadida ya que se dispondrá de ellas tanto para la recepción de la estructura metálica como para la expedición del equipo terminado, recordando que la marquesina de la puerta 2 facilita mucho estas dos acciones. La puerta 3 se empleará también como punto de expedición de las cabinas terminadas.

Es necesario indicar que el área de pequeños montajes no está bien ubicada en la Alternativa 3 ya que provoca un retroceso del flujo al tener que ir los materiales desde el almacén hasta allí para, una vez montados, volver atrás para su integración en las cabinas. Además, el montaje de los cuadros que se integren en los contenedores debe estar próximo a esta zona.

Del párrafo anterior se concluye que los pequeños montajes se realizarán en el sector central a continuación del almacén de cobre mecanizado. Para concluir, el montaje mecánico y la integración de los cuadros se ubican como indica la Alternativa 2.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones planteadas, se ha obtenido el mejor planteamiento general de la distribución de las actividades en planta, que se muestra en la figura 3.29.

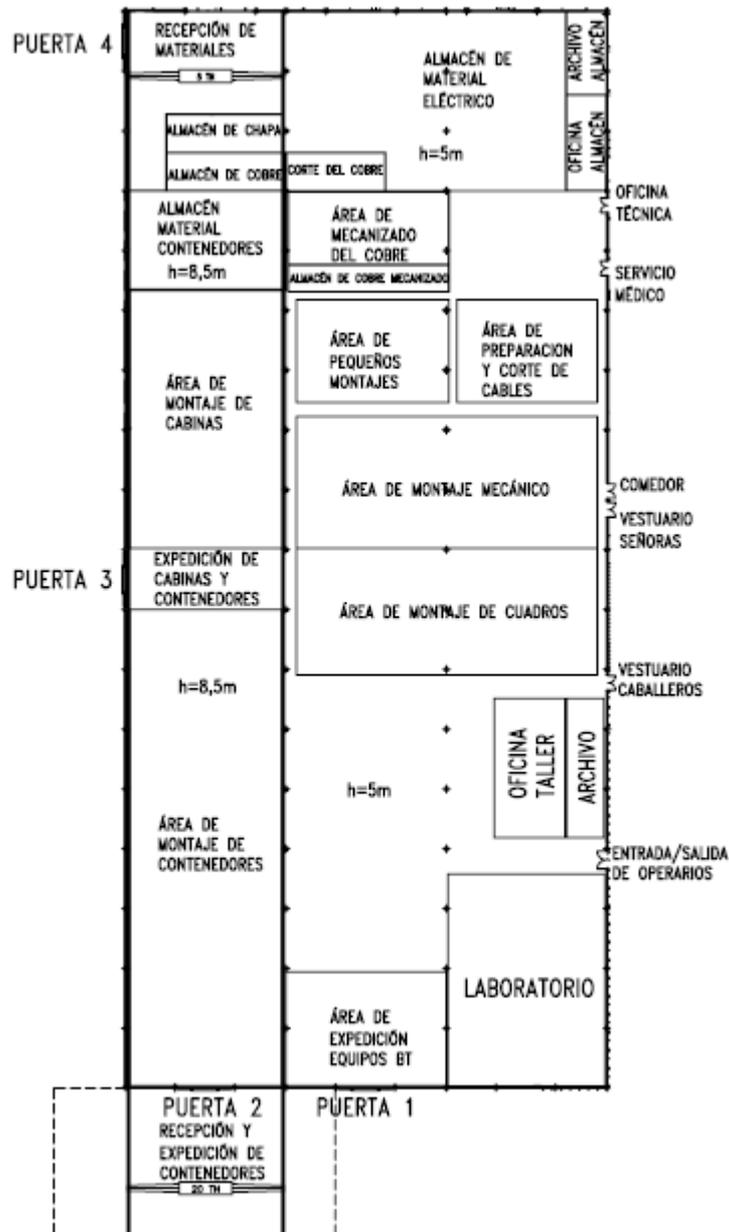


Figura 3.29. Planteamiento Elegido.

3.3. Planteamiento Detallado del Método S.L.P.

La Preparación Detallada del Planteamiento, correspondiente a la Fase III del Método S.L.P., consiste en elegir el emplazamiento de cada máquina individual. Para ello, es necesario disponer de datos más precisos y detallados como, por ejemplo, el tamaño concreto de las unidades producidas, las interrelaciones entre las máquinas, etc., siendo necesario el empleo de técnicas más afinadas.

El estudio detallado se realiza considerando individualmente cada superficie por actividades, pero teniendo en cuenta las entradas y salidas que se deben producir. Lo lógico y económico es resolver las cuestiones generales antes de abordar los detalles, pues la preparación detallada del planteamiento requiere mucho tiempo.

Esto no significa que la Preparación Detallada sea más importante; al contrario, precisamente durante la Fase II es cuando se toman las decisiones más costosas e importantes. No obstante, la Fase III necesita más horas de trabajo y es indispensable para lograr economías en las instalaciones, en los reajustes y en los plazos de espera de la explotación.

Al igual que sucedió en la Fase II, conforme se va desarrollando el Planteamiento Detallado pueden surgir mejores disposiciones cambiando el espacio y la configuración de cada actividad. Por tanto, es lógico efectuar ajustes dentro del marco de las limitaciones prácticas, así como ajustar los planteamientos de las áreas vecinas que ya se han estudiado en detalle. Además, hay que considerar los caminos por donde circulará tanto los materiales como los operarios, de manera que todas las actividades sean accesibles y se permita la maniobrabilidad de los equipos una vez terminados.

Con todo, parece recomendable no dejar establecidos los detalles de una actividad de forma definitiva antes de haber definido los detalles de todas las demás actividades, fundamentalmente de las vecinas.

Por este motivo, se ha procedido al diseño de cada actividad agrupando aquellas que tienen una relación importante. Es aconsejable comenzar el Planteamiento Detallado por aquellos que emplean más máquinas, como son el mecanizado del cobre y el corte del cobre, ya que serán las que resulten de mayor complicación y empezar por otros puede añadir otras restricciones a éstas.

Para cada una de las actividades se ha considerado la superficie indicada en el planteamiento elegido en el apartado 3.2.7. (ver figura 3.29).

3.3.1. Almacén, Corte y Mecanizado del Cobre y Almacén del Cobre Mecanizado.

El cobre se recibe en forma de barras de 6 m le longitud, de modo que se almacenan en estanterías alargadas. Las opciones posibles para la distribución de su almacén son muy limitadas ya que tiene unas dimensiones de $4,6 \times 13 \text{ m}^2$ y debe ser accesible por los dos extremos: por la izquierda para permitir la entrada de los operarios cuando se reciba y almacene el cobre; por la derecha para permitir la salida de éste hacia el área de corte (ver figura 3.29).

Se plantea colocar 4 estanterías de $1,20 \times 6,5 \text{ m}^2$ en los laterales o centradas, según indica la figura 3.30, siendo más aconsejable la opción 1 ya que permite mayor movilidad en el espacio intermedio que la opción 2 donde el espacio se reduce a la mitad.



Figura 3.30. Distribución del Almacén de Cobre.

El corte de cobre se realiza en el interior de una edificación situada a la derecha del almacén de cobre, por donde entran las barras de 6 m. Tras pasar por la tronadora salen hacia la zona de mecanizado. En esta edificación existen dos máquinas que se aíslan del resto de la instalación para evitar que las pequeñas partículas producidas en el proceso de corte lleguen al interior de los equipos fabricados y puedan provocar arcos internos. Las máquinas son una tronadora de cobre y otra de perfiles, cuyas dimensiones son, respectivamente, $1 \times 8,40 \text{ m}^2$ y $1 \times 1,80 \text{ m}^2$.

De nuevo, las posibilidades de la distribución son limitadas debido a la gran longitud de la tronadora de cobre. La figura 3.31 muestra las opciones planteadas, siendo más útil la opción 1 ya que el cobre debe salir hacia abajo.



Figura 3.31. Distribución del Área de Corte del Cobre.

3.3.2. Montaje de Cabinas (Equipos de Media Tensión)

La longitud de estos equipos es variable en función de las columnas que sean necesarias. No obstante, se estima una media de 7,80 m de largo para la realización del Planteamiento Detallado, teniendo una anchura de 2 m y una altura de 2,30 m. A estas dimensiones de le debe añadir la distancia entre cabinas (1,60 m) necesaria para hacer accesible la zona, además de permitir el traslado de los equipos terminados mediante el puente grúa sin que se golpeen los que se encuentran a su alrededor.

Con los datos expuestos en el párrafo anterior, la disposición del área de integración de los Equipos de Media Tensión se puede realizar de modo que se ubiquen transversal o longitudinalmente, como indica la figura 3.34. La opción 1 (disposición transversal) consiste en plantear 9 filas de equipos permitiendo cada una la colocación de dos cabinas. La opción 2 plantea 4 filas de equipos colocados longitudinalmente permitiendo la colocación de 5 cabinas por cada una de ellas.

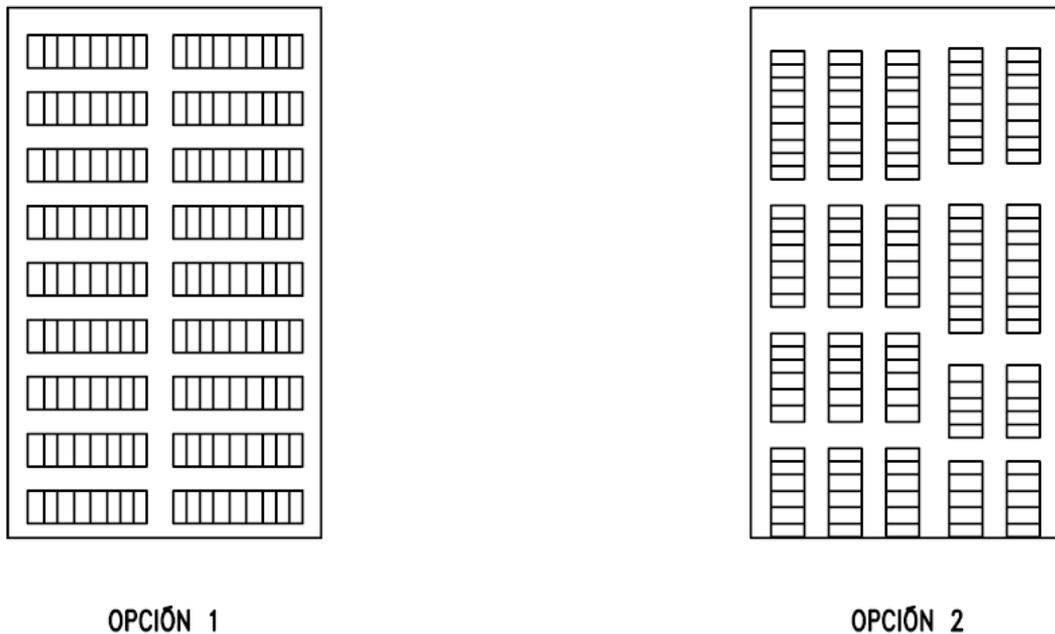


Figura 3.34. Distribución del Área de Montaje de Cabinas.

Por tanto, la opción 2 es mejor debido a que tiene mayor capacidad (20 cabinas frente a 18), además de ser más flexible a la hora de situar las cabinas, puesto que la opción 1 sólo permite 2 equipos por cada fila que no excedan los 8 m de largo.

3.3.3. Montaje de Contenedores (Equipos Modulares)

En el Taller se fabrican dos tipos de Equipos Modulares que difieren en la longitud y en el número de contenedores que lo componen; pueden ser de un solo contenedor de 12 m de largo (se producen en menor número) o de dos contenedores de 9 m interconectados por un costado. Para diseñar la distribución de esta zona es necesario tener en cuenta que la distancia entre ellos no debe ser inferior a los 2 m para realizar su transporte con seguridad de no golpear a los otros contenedores cuando se eleven con el puente grúa.

Las disposiciones posibles son las mostradas en la figura 3.35, siendo más ventajosa la opción 2 ya que tiene capacidad para 1 Equipo Modular más que la opción 1.

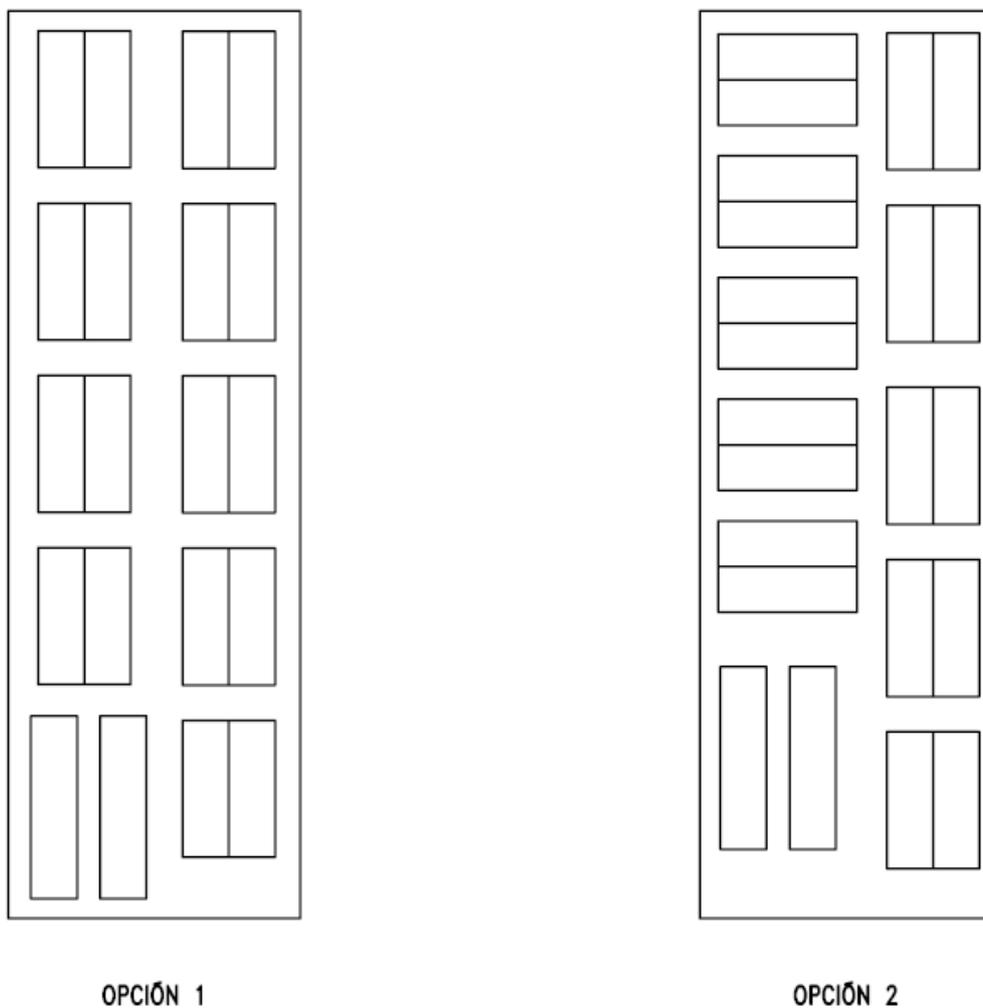


Figura 3.35. Distribución del Área de Montaje de Contenedores.

3.3.4. Montaje de Cuadros (Equipos de Baja Tensión)

La longitud de estos equipos es variable en función de las columnas que sean necesarias. No obstante, se estima una media de 7,80 m de largo para la realización del Planteamiento Detallado, teniendo una anchura de 1,20 m y una altura de 2,30 m. A estas dimensiones de le debe añadir la distancia entre cuadros (1,40 m) necesaria para hacer accesible la zona, además de permitir el traslado de los equipos una vez terminados sin que se golpeen los que se encuentran a su alrededor.

Con los datos expuestos en el párrafo anterior, la disposición del área de integración de los Equipos de Baja Tensión se puede realizar de modo que se ubiquen transversal o longitudinalmente, como indica la figura 3.36.

La distribución de esta zona es similar a la de los Equipos de Media Tensión y, por ello, se opta por la opción 2 realizando el mismo razonamiento que en el apartado 3.3.2. Esta es mejor debido a que tiene mayor capacidad y, sobre todo, es más flexible a la hora de situar los cuadros, puesto que la opción 1 sólo permite 2 equipos por cada fila que no excedan los 8 m de largo.

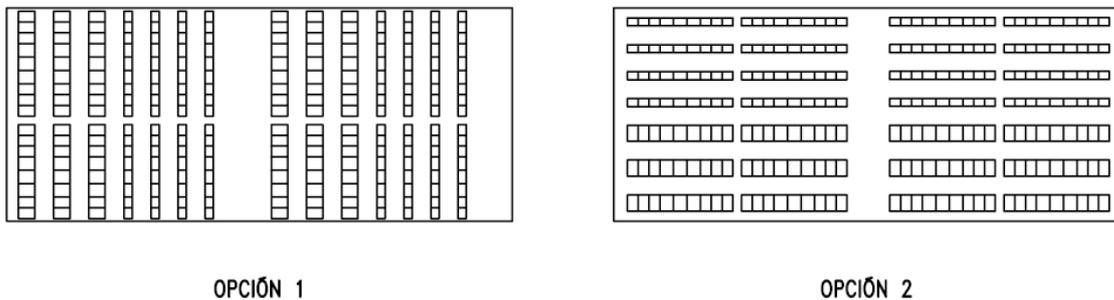
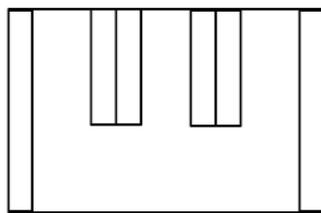


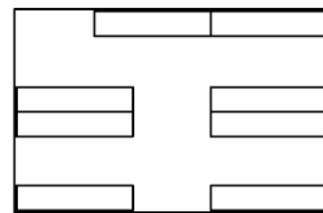
Figura3.36. Distribución del Área de Montaje de Cuadros.

3.3.6. Almacén de Material de Contenedores aportado por el Cliente.

El material aportado por el cliente para su integración en los contenedores se almacena entre el almacén de cobre y la zona de montaje de cabinas, debiendo permitir el paso de los operarios a su través. Las disposiciones planteadas se muestran en la figura 3.39. En la opción 1 los desplazamientos de los materiales son más lineales; sin embargo, tiene la desventaja de tener más próximas las estanterías entre sí, lo cual dificulta la movilidad de los materiales. Con todo, la opción 2 es la elegida.



OPCIÓN 1

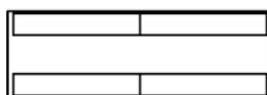


OPCIÓN 2

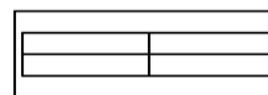
Figura 3.39. Distribución del Almacén de Material de Contenedores aportado por el Cliente.

3.3.7. Almacén de Chapa.

Este caso es similar al del Almacén de Cobre, tratado en el apartado 3.3.1. La diferencia radica en que el material se recibe en forma de láminas de 1,10 m de longitud máxima, lo que facilita su almacenamiento. Además, éstas ya tienen asignada una orden de destino y se deben almacenar agrupando las que correspondan a una misma orden. Para ello se emplean 4 estanterías de 1,20*6 m² con 6 niveles de 1,30 m de alto cada uno. Las disposiciones posibles se muestran en la figura 3.40, siendo la opción 1 la elegida.



OPCIÓN 1



OPCIÓN 2

Figura 3.40. Distribución del Almacén de Chapa.

3.3.8. Montaje Mecánico.

La distribución de este área no es fija ya que esta actividad consiste en montar la estructura metálica de los Equipos de Baja Tensión (Cuadros) y el tiempo empleado es relativamente corto. Sí es necesario disponer de espacio suficiente para transportar la chapa sin montar inicialmente, colocarla junto a la zona donde se realice el montaje y permitir el desplazamiento de la estructura acabada hasta el área de Montaje de Cuadros.

3.3.9. Pequeños Montajes.

Esta superficie no tiene una distribución fija ya que está destinada a ser ocupada momentáneamente por una serie de pequeños montajes que posteriormente se integrarán en sus equipos correspondientes. No obstante, se debe asegurar siempre la maniobrabilidad de los operarios y del traslado de los montajes terminados. Si con la superficie destinada a esta actividad no hubiera suficiente en situaciones punta de producción, se podría optar por invadir la zona de montaje mecánico que se encuentra más próxima.

3.3.10. Preparación y Corte de Cables.

La distribución de esta superficie consiste en la ubicación de varias mesas donde los operarios puedan realizar esta actividad.