



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

TES OEM
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MEXICO

CUADERNILLO DE EJERCICIOS DE DIAGRAMA DE RECORRIDO y BLOQUES

INGENIERIA INDUSTRIAL

Autor: Ing. Alejandra Ramírez Sandoval.

Los Reyes La Paz, Estado de México a: Febrero, 2013.

ÍNDICE

	Página
Introducción.....	3
Diagrama de recorrido.....	4
Ejemplo 1.....	6
Ejemplo 2.....	7
Ejemplo 3.....	8
Método S.L.P.....	9
Ejemplo 1.....	14
Ejemplo 2.....	19
Conclusiones.....	46
Bibliografía.....	47

INTRODUCCION

La mayor trascendencia en el campo de la Ingeniería son las empresas que desarrollan sus operaciones en instalaciones de diverso tipo: plantas de transformación y ensamble, almacenes para materiales y componentes o para productos terminados, puntos de ventas o de asistencia postventa, oficinas, etc.

En la configuración de las mismas convergen un conjunto de decisiones distintas pero a la vez muy relacionadas que han de ser adoptadas en las diferentes fases de la estrategia de operaciones.






Entre estas, las decisiones de distribución en planta son un elemento fundamental del plan estratégico general de cualquier empresa y a su vez presentan un desafío sustancial para la administración, pues muchas de ellas tienen efectos a largo plazo que no se pueden revertir con facilidad. Estas decisiones determinan la eficiencia de las operaciones, así como el diseño de los puestos de trabajo, por lo tanto, resulta importante mejorar la práctica del diseño utilizando los mejores enfoques disponibles.

El proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible es precisamente a lo que se conoce por Distribución en Planta y diagrama de recorrido. Esta ordenación de las áreas de trabajo, el personal y los medios de producción debe ser la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados.

DIAGRAMA DE RECORRIDO

El diagrama de recorrido es una representación objetiva de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta y en donde se marcan las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material, equipo o trabajadores de una actividad a otra.

Simbología del diagrama de flujo de proceso.

	Operación.
	Transporte.
	Demora.
	Inspección - operación
	Almacenamiento.

Operación.- Indica las principales fases del proceso y ocurre cuando el material o producto es modificado.

Transporte.- Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.

Demora o Espera.- Indica retraso en el desarrollo de los hechos.

Inspección- operación. Indica la revisión del producto en el momento que se está trabajando.

Almacén.- Indica el depósito de un objeto bajo vigilancia en almacén o similar.

Pasos para la elaboración del diagrama de recorrido.

- Para efectuar la distribución propuesta deben prepararse plantillas de dibujo de todas las máquinas o equipos.
- Se debe identificar cada fase del proceso.
- Elabora un plano a escala donde se muestre toda el área o los departamentos por donde va a transcurrir el producto dentro de la planta.
- Localizar las actividades en los puntos donde se efectúan, utilizando la simbología conocida.
- Indicar el flujo o la trayectoria que sigue la base del cursograma correspondiente, indicando con una flecha el sentido de la trayectoria.

- f) Medir y anotar las distancias que se tienen que recorrer.

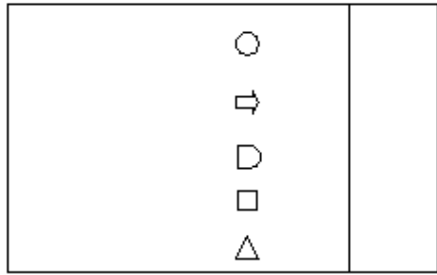
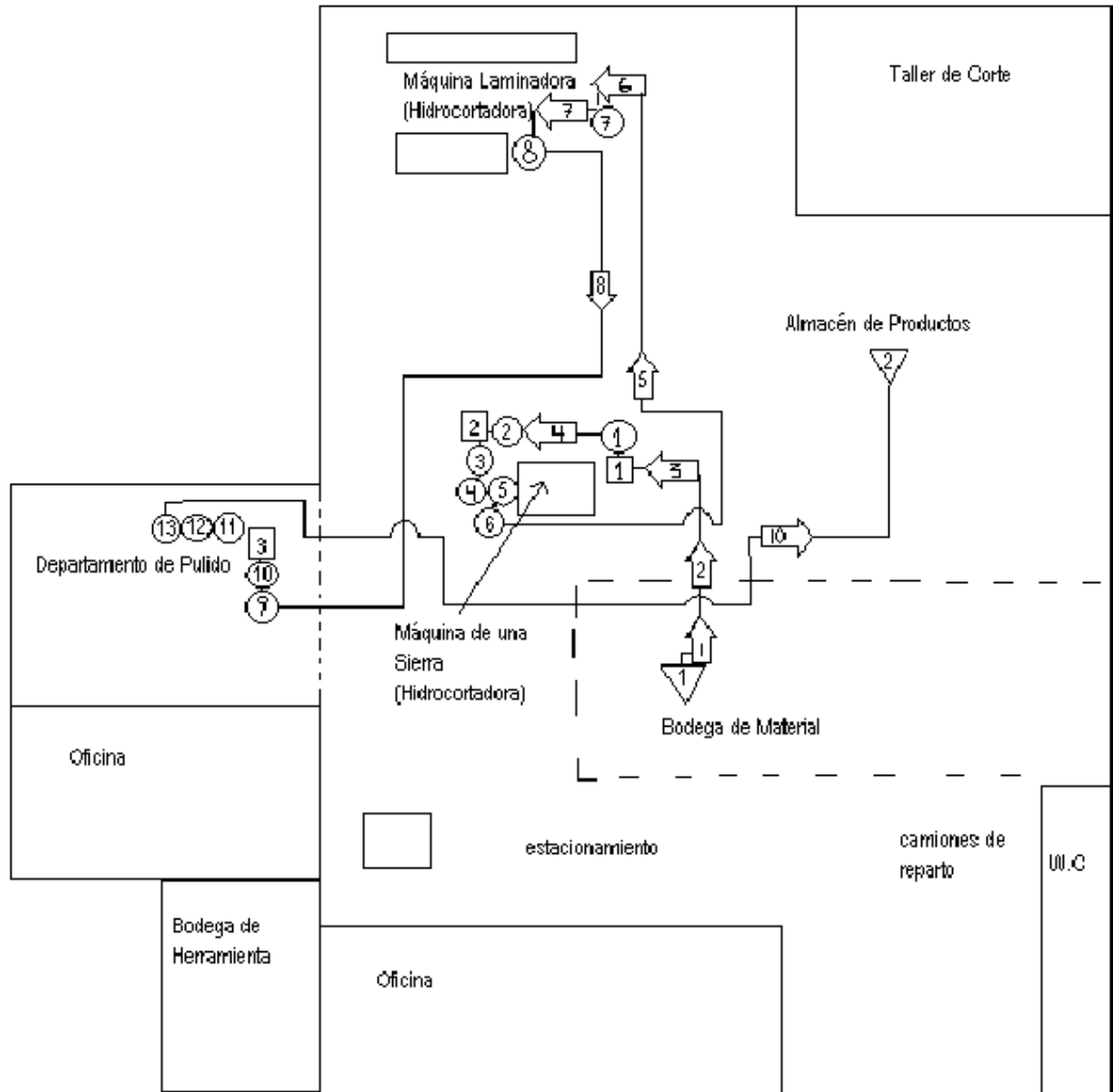
Este diagrama presenta, en forma de matriz, datos cuantitativos sobre los movimientos que tienen lugar entre dos estaciones de trabajo cualesquiera. Las unidades son por lo general el peso o la cantidad transportada y la frecuencia de los viajes.

El diagrama de recorrido es una especie de forma tabular del diagrama de cordel. Se usa a menudo para el manejo de materiales y el trabajo de distribución. El equivalente de este es el diagrama de frecuencia de los recorridos.

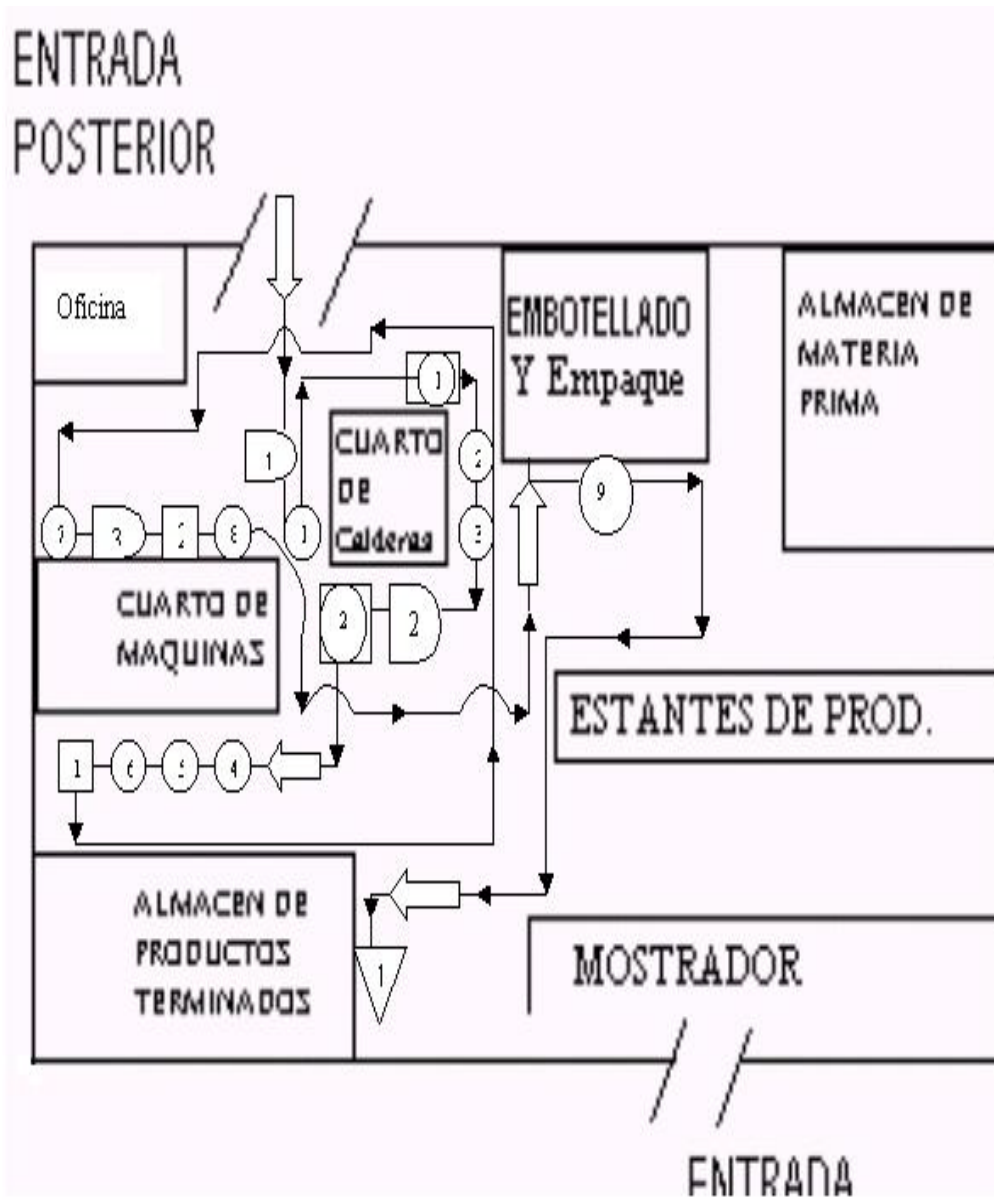
Con toda probabilidad pueden encontrarse posibilidades de mejorar una distribución de equipo en planta si se buscan sistemáticamente. Deberán disponerse las estaciones de trabajo y las máquinas de manera que permitan el procesado más eficiente de un producto con el mínimo de manipulación. No se haga cambio alguno en una distribución hasta hacer un estudio detallado de todo los factores que intervienen el analista de métodos debe aprender a reconocer una distribución deficiente y presentar los hechos al ingeniero de fábrica o planta para su consideración. Los programas de computadora pueden proporcionar rápidamente distribuciones que constituyen un buen principio en el desarrollo de la distribución recomendada.

Cuando se hacen nuevas disposiciones o se cambian las ya existentes, el analista debe hacer recomendaciones que no sólo deban ser efectivas sino también reducir las dificultades para hacer cambios futuros. Un ejemplo es mantener los servicios de planta, como el sistema eléctrico y el de ventilación principalmente. Otro es mantener la flexibilidad en relación con el equipo de manejo de material y mantener todas las instalaciones fijas, como elevadores, en áreas que probablemente nunca necesitarán ser cambiadas. Las áreas de almacenamiento deberían ser localizadas en aquellos sectores donde se han contemplado cambios o pueden ocurrir en cierto tiempo, de manera que éstas sean las menos costosas de alterar.

EJEMPLO 1.- DIAGRAMA DE RECORRIDO

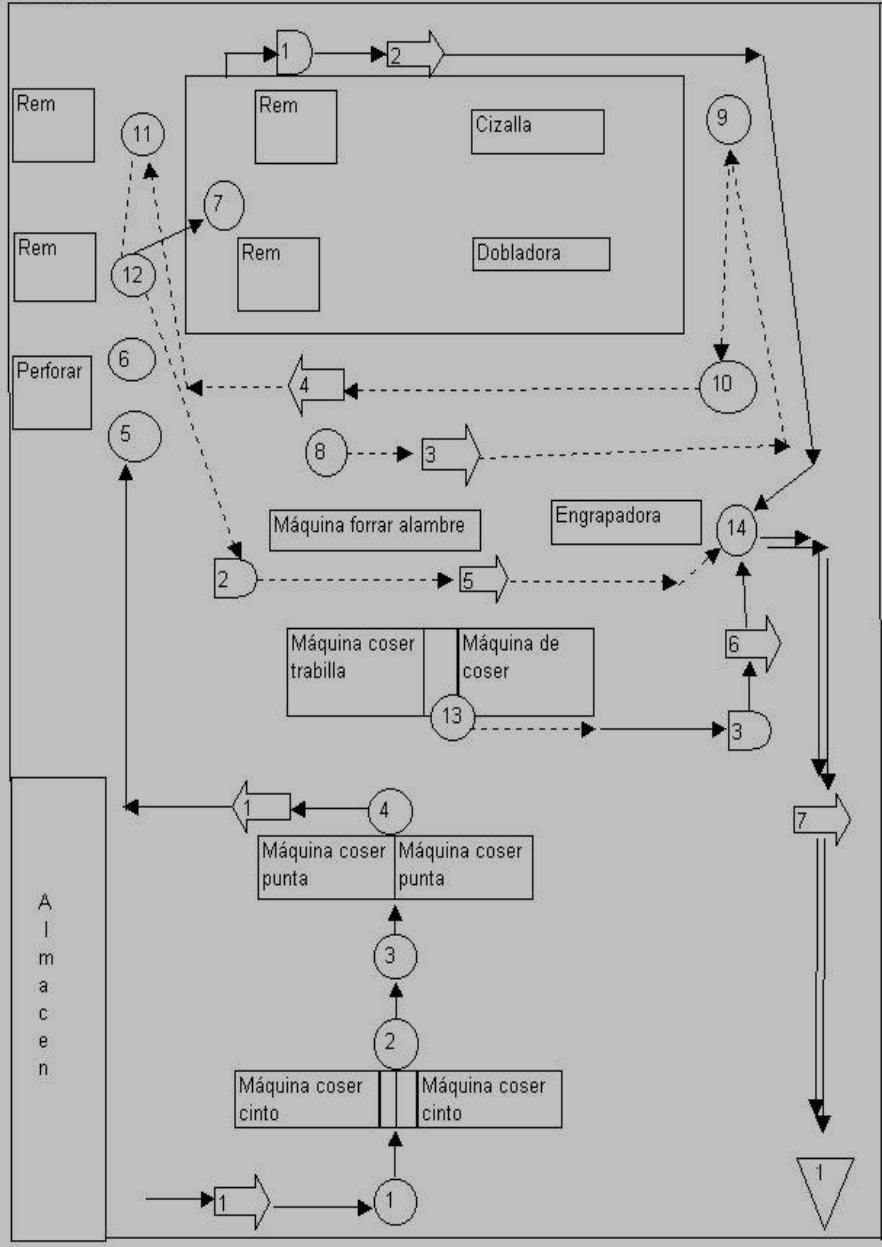


Ejemplo 2.- DIAGRAMA DE RECORRIDO



EJEMPLO 3.- DIAGRAMA DE RECORRIDO

Figura 5.13
Diagrama de recorrido.



———— Cinto Hebilla Trabilla ———— Cinturón acabado

METODO S.L.P. (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) O (PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA).

Este método fue desarrollado por un especialista reconocido internacionalmente en materia de planeación de fábricas, quien ha recopilado los distintos elementos utilizados por los Ingenieros Industriales para preparar y sistematizar los proyectos de distribución, además de que ha desarrollado sus propios métodos entre los que se encuentran:

S.L.P. Systematic Layout Planning.

S.P.I.F. Systematic Planning of Industrial Facilities.

S.H.A. Systematic Handling Analysis.

M.H.A. Material Handling Analysis.

Toda distribución de planta se base en tres parámetros:

1. RELACIONES.- Que indican el grado relativo de proximidad deseado ó requerido entre máquinas, departamentos ó áreas en cuestión.
2. ESPACIO.- Indicado por la cantidad, clase y forma ó configuración de los equipos a distribuir.
3. AJUSTE.- Que será el arreglo físico de los equipos, maquinaria, servicios, en condiciones reales.

FACTORES QUE AFECTAN A LA DISTRIBUCIÓN

Existen ciertos factores que afectan cualquier distribución de planta y estos se mencionan a continuación:

- MATERIAL

Se considera como 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 éste factor es de gran importancia para efectuar la distribución apropiada.

- HOMBRES

Como factor que afecta de alguna manera a la distribución de planta, el hombre es el elemento más flexible y que se adapta a cualquier tipo de distribución con un mínimo de problemas, aquí es muy importante tomar en consideración las condiciones de trabajo.

- MOVIMIENTO (CARACTERÍSTICAS DEL MANEJO DE MATERIALES EN ENVASES)

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

- ESPERA (ALMACENAMIENTO Y RETRASOS)

Nuestro objetivo principal será siempre reducir los circuitos de flujo de material a un costo mínimo. Cuando se detiene un material, se tendrá una demora que cuesta dinero, aquí el costo es un factor preponderante.

- SERVICIOS

Los servicios de una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción. Podemos clasificar los servicios en:

- Servicios al personal
- Servicios al material
- Servicios a la maquinaria

- CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO Y DE LA LOCALIZACIÓN

El edificio influirá en la distribución de planta sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. Algunas empresas funcionan en cualquier tipo de edificios, otras funcionan sin edificio alguno, pero la mayoría de las empresas requieren estructuras industriales expresamente diseñadas de acuerdo con sus procesos específicos de producción.

- CAMBIO

Cualquier cambio que suceda, es una parte básica del concepto de mejora. De esta manera debemos de planear la distribución de tal forma que se adapte a cualquier cambio de los elementos básicos de la producción y evitar la sorpresa de que nuestra distribución ya resulta obsoleta. Los elementos a analizar para realizar cambios con:

- Identificar imponderables

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

Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Systematic Layout Planning) de Muther

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza., igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método (resumido en la Figura 2) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (Muther, 1968).

El método S.L.P., es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases, en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación.

Esta técnica, incluyendo el método simplificado, puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, almacén u operaciones manufactureras y es igualmente aplicable a mayores o menores readaptaciones que existan, nuevos edificios o en el nuevo sitio de planta planeado.

El método S.L.P. (Planeación sistemática de la distribución en planta), consiste en un esqueleto de pasos, un patrón de procedimientos de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta y un juego de conveniencias

Fases de Desarrollo

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son según Muther (1968):

Fase I: Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.

Fase II: Distribución General del Conjunto. Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Fase III: Plan de Distribución Detallada. Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

Fase IV: Instalación. Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

Estas fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados deben solaparse unas con otras.

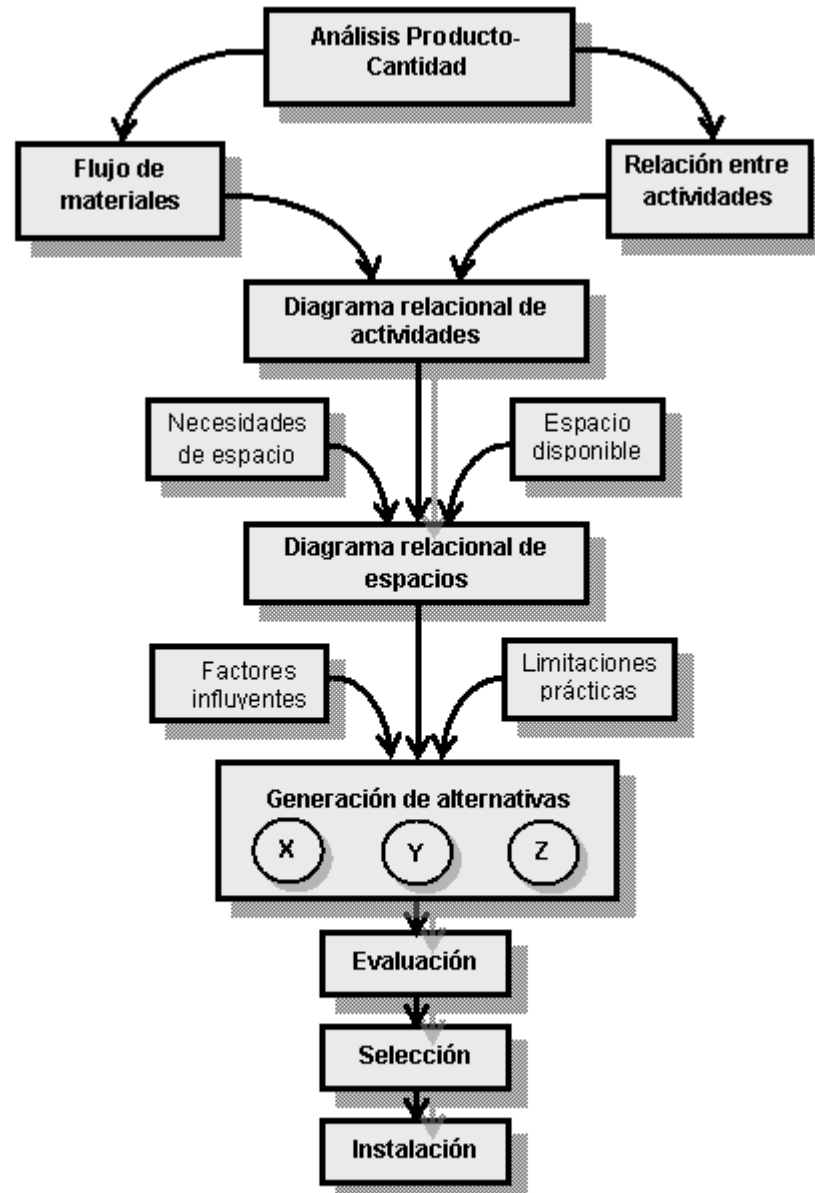


Figura 2. Esquema del Systematic Layout Planning. Fuente: En aproximación a Muther (1968).

EJEMPLO 1

Paso 1: *Análisis producto-cantidad*

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponer para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles. Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información, la formulación de previsiones, y compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa. Posteriormente se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas. Muther (1981) recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del gráfico resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución.

Paso 2: *Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)*

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales.

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; son o pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos.

Entre estos se cuenta con:

- Diagrama OTIDA
- Diagrama de acoplamiento.
- Diagrama As-Is
- Cursogramas analíticos.
- Diagrama multiproducto.
- Matrices origen- destino.
- Diagramas de hilos.
- Diagramas de recorrido.

De estos diagramas no se desprende una distribución en planta pero sin dudas proporcionan un punto de partida para su planteamiento. No resulta difícil a partir de ellos establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc.

Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo material entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, etc.

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional. Para poder representar las relaciones encontradas de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades (Figura 3), consistente en un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto. Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales:

A (absolutamente necesaria),

E (especialmente importante),

I (importante),

O (importancia ordinaria)

U (no importante)

X. (indeseabilidad)

En la práctica, el análisis de recorridos expuesto en el apartado anterior se emplea para relacionar las actividades directamente implicadas en el sistema productivo, mientras que la tabla relacional permite integrar los medios auxiliares de producción.

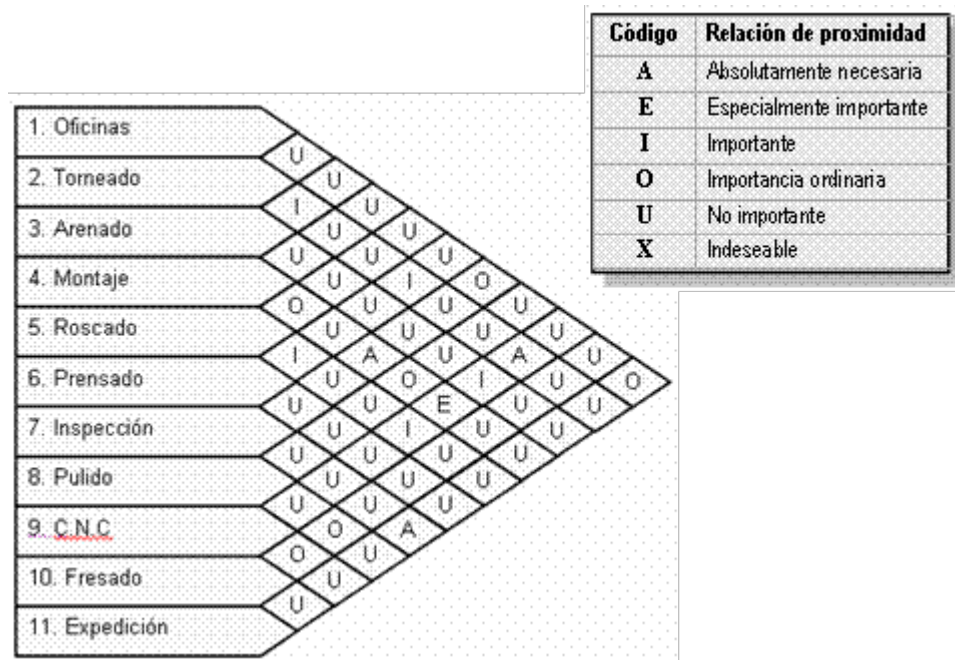


Figura 3. Tabla relacional de actividades (Ejemplo de su aplicación en una empresa de la industria sideromecánica). Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son a dimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A,E,I,O,U,X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 4.

A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional. De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

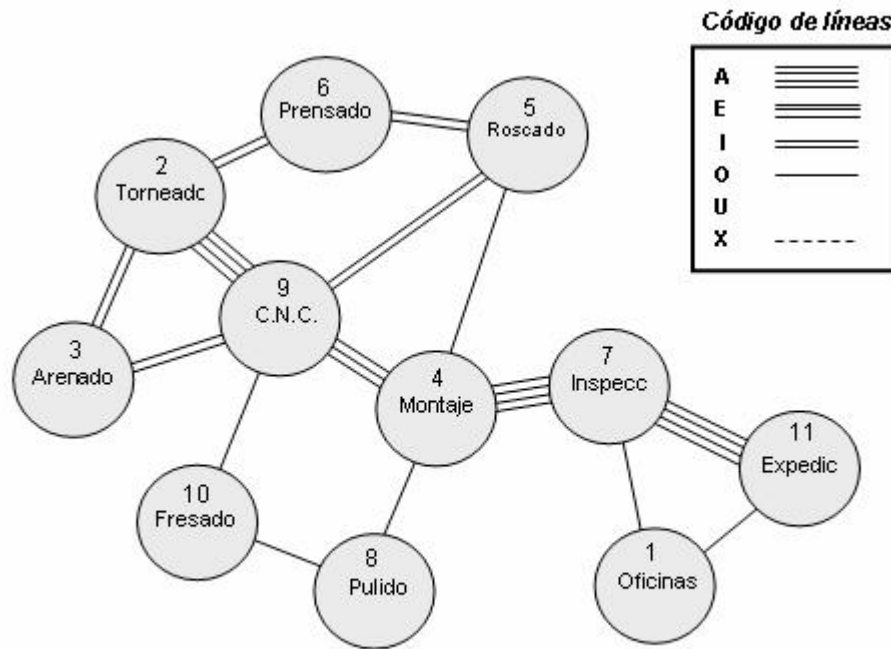


Figura 4. Diagrama relacional de actividades. (Ejemplo de su aplicación en una empresa de la industria sideromecánica). Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

Según Diego Más (2006), no existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos obtenidos deben confrontarse con la disponibilidad real de espacio. Si la necesidad de espacio es mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios; bien disminuir la previsión de requerimiento de superficie de las actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existe). El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios.

Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad (Figura 5).

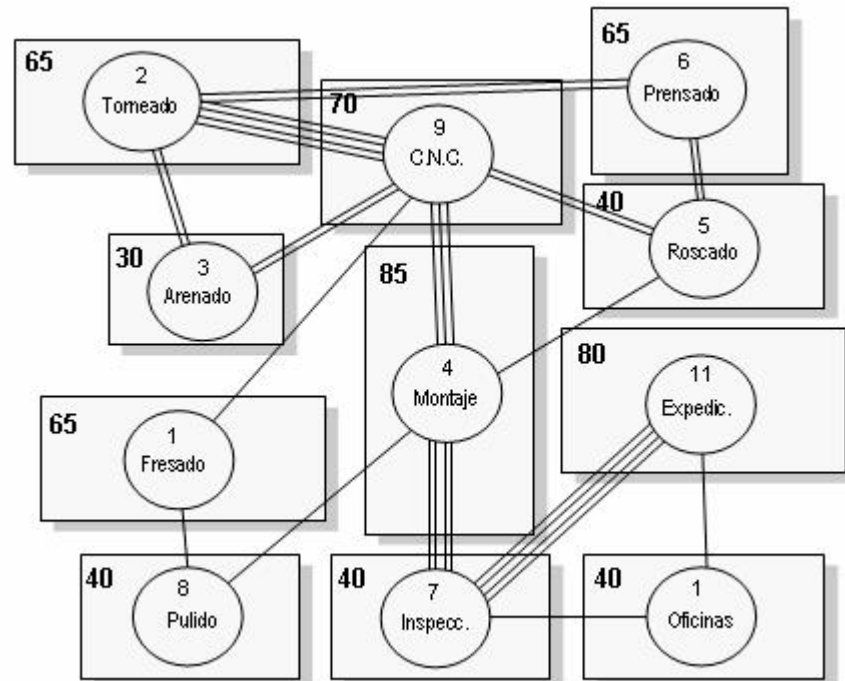


Figura 5. Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad. (Ejemplo de su aplicación en una empresa de la industria sideromecánica).

Fuente: Elaboración propia.

En estos símbolos es frecuente añadir, además, otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse. Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata pues de transformar el diagrama ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido

común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o servuctivo que tendrá lugar en la planta que se proyecta. No es extraño que a pesar del apoyo encontrado en el software disponible en la actualidad, se sigan utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución en la mayoría de las ocasiones

Paso 7: *Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución*

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta. Los métodos más referenciados entre la literatura consultada con este fin se relacionan a continuación:

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos

EJEMPLO 2.- S.L.P.

Para el desarrollo de la distribución en planta existen distintas metodologías, entre las cuales se usará el método S.L.P.

El método S.L.P. es una forma organizada de enfocar los proyectos de distribución en planta. Consiste en fijar:

- Un cuadro operacional de fases
- Una serie de procedimientos
- Un conjunto de normas

Estos permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de la distribución en planta

El proceso a seguir es:

- 1) Identificación de departamentos y actividades.
- 2) Realización de la Tabla Relacional de Actividades.

- 3) Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades (Representación Nodal).
- 4) Determinación de superficies.
- 5) Desarrollo del Diagrama Relacional de Superficies
- 6) Realización de bocetos y selección de la mejor Distribución en Planta.

2.1.- Identificación de departamentos y actividades

En este primer apartado se enumerarán todos los departamentos y las actividades realizadas en ellos.

1.- OFICINAS.

- Dirección.
- Administración.
- Recepción de visitantes.

2.- LOCALES PARA EL PERSONAL

- Aseos.
- Vestuarios.
- Comedor-Sala de Reuniones.

3.- LABORATORIO

- Análisis, mediciones y control.

4.- ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS

- Almacenamiento de sacos de azúcar, leche en polvo, aditivos y ingredientes de alto valor añadido (galletas y trozos de chocolate), y de bidones de aditivos líquidos.

5.- ALMACEN DE TARRINAS

- Almacenamiento de tarrinas de medio litro, sus tapas y las cajas de cartón de ocho unidades.

6.- SALA DE ELABORACION

- Almacenamiento de mantequilla congelada.

- Almacenamiento de jarabe de glucosa.
- Formulación de la mezcla.
- Pasterización de la mezcla.
- Homogenización de la mezcla.
- Enfriamiento de la mezcla y posterior almacenamiento en los maduradores.
- Adicción de aromas y colorantes
- Mantecación de la mezcla y fabricación de helado a baja temperatura.
- Adicción de ingredientes de alto valor añadido.
- Envasado en tarrinas de medio litro.
- Endurecimiento en túnel de Nitrógeno líquido.
- Colocación de las tarrinas en las cajas de cartón.

7.- RECEPCION DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES DIVERSOS

8.- SALA DE CALDERAS

9.- SALA DEL EQUIPO DE LIMPIEZA (C.I.P.)

- Limpieza C.I.P.
- Almacenamiento de herramientas diversas.

10.- ANTECAMARA

- Paletizado de cajas de 8 unidades.
- Almacenamiento de palets

11.- CAMARA FRIGORIFICA

- Conservación del helado a bajas temperaturas.

12.- EXPEDICION

- Salida del helado de la cámara frigorífica hacia los camiones frigoríficos.

2.2.- Tabla Relacional de Actividades.

La Tabla Relacional es un cuadro organizado en diagonal en el que aparecen las relaciones entre cada actividad y todas las demás actividades.

Permite integrar los servicios anexos a los servicios productivos y operacionales y, además, permite prever la disposición de los servicios y de las oficinas en los que no hay recorrido de productos.

Cada casilla tiene dos elementos: la letra de la parte superior indica la valoración de las proximidades (la importancia de la relación), y el número de la parte inferior justifica la valoración de las proximidades (el motivo de dicha importancia).

Así pues, para cada relación tendremos un valor y unos motivos que lo justifican, como podemos ver en la tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1. Valoración de las proximidades.

Tipo de relación	Definición
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente necesaria
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Justificación de las valoraciones de las proximidades.

Código	Motivos
1	Flujo de materiales
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Conveniencia

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la Planta de la industria se pueden diferenciar los siguientes doce departamentos (ver tabla No. 3)

- Oficinas.
- Locales para el personal (Aseos, Vestuarios y Comedor - Sala de reuniones).
- Laboratorio de control de calidad.
- Almacén de materias primas.
- Almacén de tarrinas.
- Sala de elaboración.
- Sala de recepción de materias primas y materiales diversos.
- Sala de calderas.
- Sala del equipo de limpieza (C.I.P.).
- Antecámara.
- Cámara frigorífica.
- Expedición.

Tabla 3. Tabla Relacional de Actividades.

1. Oficinas																			
2. Locales para el personal	O/3																		
3. Laboratorio	O/3	O/2	U	U															
4. Almacén de materias primas	O/2	U	U	U	O/3	O/2	E/2												
5. Almacén de tarrinas	U	E/1	I/2	O/2	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
6. Sala de elaboración	E/5	U	E/1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
7. Recepción de materiales	I/1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
8. Sala de calderas	U	U	I/5	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
9. Sala del equipo de limpieza (C.I.P.)	I/1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
10. Antecámara	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
11. Cámara frigorífica	A/4	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12. Expedición	A/1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

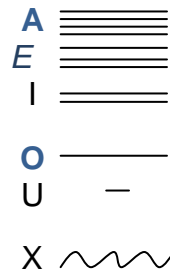
Fuente: Elaboración propia.

2.3.- Diagrama Relacional de Actividades (Representación Nodal).

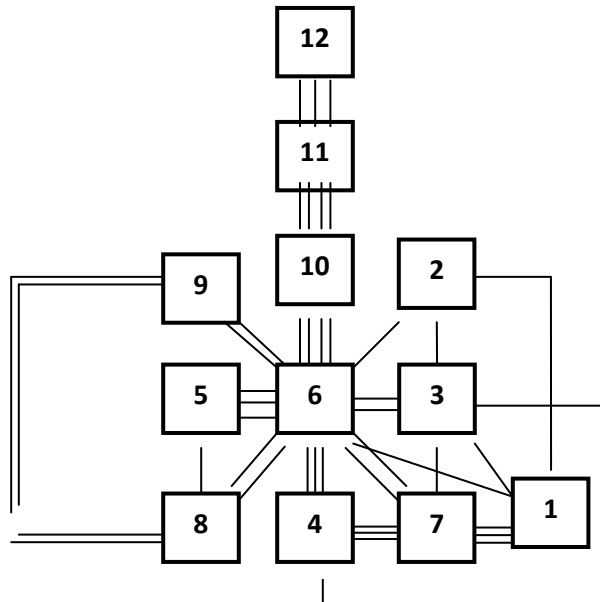
A partir de la tabla relacional se realiza el diagrama nodal, que va a establecer la disposición relativa de los departamentos.

Se dispone en primer lugar el departamento que tenga más relaciones A (en caso de empate se ponen ambos) en la posición central. Una vez dispuesto el primer departamento, se colocan a su alrededor el resto de los departamentos dependiendo del tipo de relación que tengan unos con otros. Se empezará siempre por las relaciones tipo A existentes entre los diferentes departamentos ya colocados. En caso de no existir ya más relaciones tipo A se pasaría a las de tipo E, I, O, U y X.

Los departamentos se representan con cuadrados, y las relaciones entre ellos se representan con líneas. Dentro del cuadrado vendrá el número del departamento. Cuanto más importante sea la relación, más líneas tendrá, como se puede ver a continuación:



Según lo anteriormente expuesto, el Diagrama Relacional de Actividades resultante es:



Esquema No. 1.- Diagrama Relacional de actividades.

2.4.- Determinación de superficies

El siguiente apartado se ha realizado sobre la base de las recomendaciones existentes en los siguientes libros: *Arte de proyectar en Arquitectura*, de Neufert, E. y *Distribución en Planta*, de Muther, Richard.

Dentro de la Planta de la industria se pueden diferenciar los siguientes doce departamentos:

- Oficinas.
- Locales para el personal (Aseos, Vestuarios y Comedor - Sala de reuniones).
- Laboratorio de control de calidad.
- Almacén de materias primas.
- Almacén de tarrinas.
- Sala de elaboración.
- Sala de recepción de materias primas y materiales diversos.
- Sala de calderas.
- Sala del equipo de limpieza (C.I.P.).
- Antecámara.
- Cámara frigorífica.
- Expedición.

OFICINAS.

Las oficinas se dimensionarán teniendo en cuenta los dos despachos que se instalarán para:

- El Director Gerente.
- La Secretaria.

La superficie necesaria recomendada (según Neufert, E. *Arte de proyectar en Arquitectura*) para una secretaria, incluidos los medios auxiliares de oficina y sus superficies correspondientes, será mayor que 10 m². Como la Secretaria será la persona encargada de la recepción de los visitantes y transportistas, se dimensiona su despacho con 12 m² aproximadamente.

El despacho destinado al Director Gerente, al ser un especialista con necesidades de discreción o con exigencias especiales de concentración, tendrá una superficie recomendada de 12 m².

Sumando las superficies de los dos despachos se llega a una superficie total mínima de 24 m².

LOCALES PARA EL PERSONAL.

Para conseguir un buen ambiente de trabajo es importante diseñar adecuadamente los aseos y locales para el personal, tanto desde el punto de vista funcional como estético.

Los locales para el personal comprenderán los aseos (separados para hombres y mujeres), los vestuarios y el Comedor-Sala de reuniones.

Aseos.

Cuando el número de empleados es mayor de 5 se recomienda la creación de lavabos separados para mujeres y caballeros. Para el perfecto funcionamiento de nuestra industria se ha estimado en 14 el número de trabajadores necesarios (ver Anejo 3. Ingeniería del Proceso. 6.2.- Mano de obra), y aunque no se puede determinar el número exacto de hombres y mujeres, a efectos de cálculo supondremos que hay un 50% de cada sexo. Las actividades realizadas en las fábricas de helados se clasifican de baja suciedad. Teniendo en cuenta todos los factores anteriormente mencionados, se estima que serán necesarios:

Aseos para hombres.

- Tres lavamanos de 55355 cm, separados por una distancia de 30 cm de cualquier objeto o pared, dejando un espacio de acceso de 75 cm.
- Dos inodoros de 45375 cm cada uno situados en dos cuartos de 1003140 cm.
- Dos urinarios de 45350 separados entre sí y cualquier otro objeto o pared por 25 cm, requiriendo un espacio de acceso de 100 cm.
- Dos expendedores de toallas de papel de 40320 cm y dos expendedores de jabón situados en los huecos entre lavabos, por lo que su superficie no se considera.
- Un vertedero de 45330 cm, dejando un espacio de acceso de 75 cm.
- Un espacio de 65365 cm para permitir la apertura de la puerta.

La superficie total requerida para albergar a las superficies anteriores tiene unas dimensiones de 3953250 cm (9,88 m²).

Aseos para mujeres.

- Tres lavamanos de 55355 cm, separados por una distancia de 30 cm de cualquier objeto o pared, dejando un espacio de acceso de 75 cm.
- Tres inodoros de 45375 cm cada uno situados en cuatro cuartos de 1293140 cm.
- Dos expendedores de toallas de papel de 40320 cm y dos expendedores de jabón situados en los huecos entre lavabos, por lo que su superficie no se considera.
- Un vertedero de 45330 cm, dejando un espacio de acceso de 75 cm.

- Un espacio de 65365 cm para permitir la apertura de la puerta.

La superficie total requerida para albergar a las superficies anteriores tiene unas dimensiones de 3953250 cm (9,88 m²).

Vestuarios.

Teniendo en cuenta que el número de trabajadores será de 14, y ante el desconocimiento de la cantidad exacta de hombres y mujeres, y con el propósito que ningún operario se quede sin taquilla en el supuesto de que no haya una segregación del 50%, se dimensionarán los vestuarios para ocho personas cada uno.

Se colocarán por tanto:

- Ocho taquillas de 40350 cm distribuidas a lo largo de la pared.
- Dos bancos de 40 cm de anchura y 165 cm de longitud dispuestos perpendicularmente a la fila de taquillas.

Se dejará un espacio mínimo de 80 cm entre las taquillas y los bancos para permitir al usuario cambiarse cómodamente. La separación entre bancos será de 60 cm, y se dejarán 120 cm desde el último banco a la pared para una adecuada apertura de la puerta.

Así pues, la superficie necesaria para cada vestuario se estima en 3203297 cm², es decir, 9,5 m². La superficie total para vestuarios será por lo tanto 19 m².

Comedor – Sala de reuniones.

Se dimensiona el Comedor con capacidad para 12 personas. Se colocará una mesa en la que cada comensal tendrá un espacio mínimo de 60 cm de anchura y de 50 cm de profundidad. Para separar a los distintos comensales se deja un espacio lateral de 10 cm, y una distancia de 100 cm para mover cómodamente las sillas y permitir el paso por detrás. Una superficie de 75375 cm se reserva para el libre movimiento de la puerta. Un extremo de la mesa estará pegado a la pared y el otro extremo tendrá un espacio libre de acceso de 80 cm. Con objeto de permitir la instalación de posibles electrodomésticos (nevera, microondas, etc.), una máquina expendedora de bebidas o un posible bufet, etc. se deja una superficie de aproximadamente 2 m².

La superficie total requerida tiene unas dimensiones aproximadas de 3003585 cm, la cual ocupa un total de 17,55 m²,

Pasillo.

Para comunicar la sala de elaboración con los aseos y los vestuarios se dispondrá de un pasillo de anchura 180 cm (suficiente para permitir el cruce de dos personas) y de longitud 320 cm. Ocupará una superficie de 5,76 m².

Sumando todas las superficies, se obtiene que los locales para el personal ocuparán una superficie total de 62,1 m².

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.

En este departamento se localizará al Jefe de Gestión de Calidad.

Las necesidades de espacio en el laboratorio están definidas por la presencia de al menos los siguientes elementos:

- Mesa del Jefe de Gestión de Calidad de 120x360 cm.
- Pila de agua.
- Material de laboratorio, en el que quedan incluidos reactivos y maquinaria de análisis y medida.
- Mesas adosadas a la pared de 80 cm de anchura y longitud variable.

La superficie mínima necesaria estimada para albergar los anteriores elementos es de 16 m².

ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS.

En este almacén se guardarán los sacos de sacarosa, leche en polvo, ingredientes de alto valor añadido (galletas y chocolate) y los sacos y bidones de aditivos que se necesitarán a lo largo de la semana. Para dimensionarlo se debe tener en cuenta que en una semana en temporada alta se utilizarán aproximadamente 4.800 Kg de sacarosa, 4.200 Kg de leche en polvo, 4.300 Kg de galletas y chocolate, y aproximadamente 120 Kg de aditivos, lo que da un total de 13.500 Kg. Se utilizarán europalets (800x1.200 mm), que serán cargados con aproximadamente 500 Kg cada uno, con lo que se necesitarán aproximadamente 27 de los mismos.

Se dispondrá de una estantería en la cual se pueden colocar tres paletas en altura. La estantería consiste en un módulo de 844 cm de longitud, compuesto por tres módulos con una longitud de 270 cm cada uno, una profundidad de 105 cm, y una altura de 220 cm. Tiene capacidad para 27 paletas, y cada estante de 270 cm una capacidad de carga de 3.000 Kg. Se dejará un espacio entre la estantería y la pared de 3 cm.

Para colocar los palets en la estantería y moverlos por la Fábrica se utilizará la Apiladora con barra timón "EJC 10" de la marca Jungheinrich, con una capacidad de carga de 1000 Kg y una altura de elevación de 2,5 metros.

Para acceder a la estantería con la apiladora se dejará un espacio de acceso de 292 cm.

La superficie total requerida será:

$$S = (844 + 233)3(105 + 3 + 292) = 34 \text{ m}^2$$

ALMACEN DE TARRINAS.

Tiene por objeto guardar los envases de 0,5 litros que se necesiten a lo largo de una semana. También guardará las cajas de 8 unidades plegadas y predobladas.

Las tarrinas vendrán en contenedores de dimensiones 120380380 cm. Estarán dispuestas en pilas envueltas en plástico de 70 unidades cada una. Así pues, y teniendo en cuenta que cada tarrina tiene un diámetro de 9 cm y una altura de 9,5 cm, en cada contenedor habrán $1238370 = 6.720$ tarrinas. Se disponen dos contenedores en altura. En temporada alta se producirán cada día aproximadamente 13.342 litros. Esto supone la utilización de 26.684 tarrinas diarias. Se guardarán las tarrinas necesarias para dos días, esto es 53.368 unidades, para las que necesitaremos $53.368 / 6.720 = 7,9 \cong 8$ contenedores.

Asimismo, se debe tener también en cuenta el espacio ocupado por las tapas de las tarrinas. Vendrán en el mismo tipo de contenedores, a razón de 75 tapas por pila. Cada contenedor tendrá capacidad para $1238375 = 7.200$ tapas. Se necesitarán $53.368/7.200 = 7,4 \cong 8$ contenedores.

En total, para el adecuado funcionamiento de la industria durante dos días en materia de envases, se necesitarán un total de 16 contenedores. Al ser dispuestos dos contenedores por cada palet, se precisará espacio para 8 palets.

Se guardarán las cajas de cartón de 8 unidades plegadas y predobladas. Se estima que en la superficie de un palet y por cada centímetro de grosor caben 10 cajas plegadas. En cada palet se colocará una altura de 180 cm de cajas, lo que da un total de 1.800 cajas/palet, o lo que es lo mismo, cajas suficientes para empaquetar 7.200 litros de helado. Se van a recibir envases cada dos días, que en época de máxima producción equivale a 26.684 litros de helado. La superficie necesaria para guardar estas cajas será:

$$26.684 / 7.200 = 3,7 \sim 4 \text{ palets}$$

Se prevé un almacén con espacio para 12 palets. Se dispondrán en el suelo, en 3 filas y 4 columnas, separando cada palet del contiguo y de las paredes 10 cm. Para facilitar el acceso se dejará una distancia de 1,5 metros hasta la puerta.

El espacio necesario para este almacén será:

$$S_t = (3.0,8 + 4.0,1)3(4.1,2 + 5.0,1 + 1,5) = 2,836,8 = 19,04 \text{ m}^2$$

SALA DE ELABORACION.

Con objeto de determinar la superficie necesaria para la sala de elaboración, se calculará la superficie mínima para cada máquina a partir de las medidas proporcionadas por el fabricante. A estas medidas se les añadirá 45 cm en cada lado de la máquina, distancia que aumentará a 60 cm en los lados que deba haber un operario.

Las superficies obtenidas se multiplicarán por un coeficiente cuyo valor es 1,7 para situaciones corrientes, basado en las necesidades para vías de acceso y servicios.

- **Depósito de glucosa:** de diámetro 140 cm, suponiendo una extensión cuadrada, y dejando un espacio de acceso de 60 cm, se obtiene una superficie:

$$L^2 = (1,4 + 2.0,60)^2 = 6,76 \text{ m}^2$$

- **Cámara frigorífica de mantequilla:** de dimensiones 3103248 cm, y con necesidad de acceso por el lado de la puerta, lo que dará una superficie:

$$\text{Longitud} = 3,12 + 0,45 + 0,60 = 4,15 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 2,48 + 0,45 + 0,45 = 3,38 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 14,03 \text{ m}^2$$

- **Derretidor de mantequilla:** presenta unas dimensiones de 1,1630,83 m, necesitando acceso a su panel de control por un lado y al depósito por otro. Necesitará una superficie:

$$\text{Longitud} = 1,16 + 0,45 + 0,60 = 2,21 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,83 + 0,45 + 0,60 = 1,88 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 4,15 \text{ m}^2$$

- **Báscula para pesada de los ingredientes en polvo, recipientes para pesar y utensilios necesarios.** La báscula mide 30340 cm, y se estiman unas dimensiones de la mesa que contendrá todo de 100360 cm. Necesitará acceso por los cuatro costados, con lo que la superficie necesaria será:

$$\text{Longitud} = 1 + 0,60 + 0,60 = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,60 + 0,60 + 0,60 = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 3,96 \text{ m}^2$$

- **Planta de procesamiento de mezcla:** de dimensiones 5,731,75 m, se debe permitir el acceso por la parte delantera y trasera, con lo que se obtiene:

$$\text{Longitud} = 5,7 + 0,45 + 0,45 = 6,6 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 1,75 + 0,60 + 0,60 = 2,8 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 18,48 \text{ m}^2$$

- **Bombas centrífugas:** son necesarias tres bombas (una para el depósito de la glucosa y dos para los maduradores), cuyas dimensiones son 0,2430,54 m, no necesitándose acceso a las mismas, por lo que la superficie necesaria será:

$$\text{Longitud} = 0,24 + 0,45 + 0,45 = 1,14 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,54 + 0,45 + 0,45 = 1,44 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 3 \cdot (1,64) = 4,92 \text{ m}^2$$

- **Enfriador de agua para enfriar la mezcla procedente de la planta de mezclado:** tiene unas dimensiones 207392 cm, no necesitándose acceder a ella, por lo que necesita una superficie:

$$\text{Longitud} = 2,07 + 0,45 + 0,45 = 2,97 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,92 + 0,45 + 0,45 = 1,82 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 2,97 \cdot (1,82) = 5,4 \text{ m}^2$$

- **Enfriador de agua para enfriar la mezcla en los tanques de maduración:** tiene unas dimensiones 150372 cm, no necesitándose acceder a ella, por lo que necesita una superficie:

$$\text{Longitud} = 1,5 + 0,45 + 0,45 = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,72 + 0,45 + 0,45 = 1,62 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 2,4 \cdot (1,62) = 3,9 \text{ m}^2$$

- **Maduradores:** hay dos tipos, los de 1.000 litros (dos maduradores de diámetro 120 cm cada uno) y los de 2.000 litros (cuatro maduradores de diámetro 150 cm cada uno). Suponiendo una extensión cuadrada, a la que se dejara 60 cm para acceder a ella, se obtiene una superficie:

$$1.000 \text{ litros} \rightarrow 2.L^2 = 2.(1,2 + 2.0,60)^2 = 11,52 \text{ m}^2$$

$$2.000 \text{ litros} \rightarrow 4.L^2 = 4.(1,5 + 2.0,60)^2 = 29,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Total} = 40,68 \text{ m}^2$$

- **Mantecador:** de dimensiones 1,830,87 m, debiéndose permitir el acceso al panel de control frontal. Necesitará una superficie:

$$\text{Longitud} = 1,8 + 0,45 + 0,60 = 2,85 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,87 + 0,45 + 0,45 = 1,77 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 5,04 \text{ m}^2$$

- **Mantecador de baja temperatura:** con dimensiones 2,1130,73 m, necesitando acceso al panel de control frontal, ocupará una superficie:

$$\text{Longitud} = 2,11 + 0,45 + 0,60 = 3,16 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,73 + 0,45 + 0,45 = 1,63 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 5,15 \text{ m}^2$$

- **Dosificador de galletas y trozos de chocolate:** presenta unas dimensiones 0,7230,93 cm, y necesita acceso al panel de control frontal, con lo que ocupará una superficie:

$$\text{Longitud} = 0,72 + 0,45 + 0,45 = 1,62 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 0,93 + 0,45 + 0,60 = 1,98 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 3,21 \text{ m}^2$$

- **Envasadora:** de dimensiones 4,531,38 m, necesitando acceso a la parte frontal, tendrá una superficie:

$$\text{Longitud} = 4,5 + 0,45 + 0,45 = 5,4 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 1,38 + 0,45 + 0,60 = 2,43 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 13,1 \text{ m}^2$$

- **Túnel de endurecimiento:** tiene unas dimensiones 8,0431,78 m, y no necesita acceso de operarios, por lo que presenta una superficie:

$$\text{Longitud} = 8,04 + 0,45 + 0,45 = 8,94 \text{ m}$$

$$\text{Anchura} = 1,78 + 0,45 + 0,45 = 2,68 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 23,96 \text{ m}^2$$

- **Cintas transportadoras:** la cinta transportadora que unirá la envasadora con el túnel de endurecimiento tiene una anchura de 45 cm. Realiza un giro de 180° y tiene una longitud aproximada de 5 metros. Ocupa una superficie aproximada de 3 m². No necesita acceso a la misma. La cinta transportadora que unirá el túnel de endurecimiento con la antecámara tiene una longitud aproximada de 1,7 metros, una anchura de 45 cm, y precisa acceso a ella, ya que será donde los operarios metan las tarrinas en las cajas de 8 unidades. Presentan una superficie de:

$$S = [(1 + 2 \cdot 0,45)^3(3 + 2 \cdot 0,45)] + [(0,45 + 2 \cdot 0,60)^3(1,7)] = 10,22 \text{ m}^2$$

Las anteriores superficies son el mínimo espacio requerido para cada máquina. Ocupan un total de 162,96 m². Esta superficie, al multiplicarse por el factor 1,4 basado en las necesidades para vías de acceso y servicios, será de 228,14 m².

Una vez colocada la maquinaria en la sala de elaboración, se observa que ocupará una superficie rectangular de aproximadamente 13318 metros.

SALA DE RECEPCION DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES DIVERSOS.

La sala de recepción será el departamento por donde entren en la industria todas las materias primas, los envases, embalajes, palets y cuantos materiales sean necesarios para el correcto funcionamiento de la misma.

Deberá ser lo suficientemente amplia para permitir la libre circulación de la carretilla elevadora.

Se estima que este departamento debe tener unas dimensiones mínimas de 334 metros, lo que da una superficie mínima de 12 m².

SALA DE CALDERAS.

La sala de calderas contendrá toda la maquinaria necesaria para producir vapor para la pasterización, la limpieza C.I.P. y el derretidor centrífugo.

Para dimensionar el espacio requerido por la caldera, se debe tener en cuenta la legislación vigente (NTE I. C. Calderas), según la cual:

- La distancia mínima del fondo a la caldera es de 600 mm.
- La distancia entre la parte frontal de la caldera y la pared, debe ser superior a una vez y media la longitud de la caldera.

- La distancia de la parte superior de la caldera al techo debe ser mayor a 800 mm.
- La distancia desde los laterales de la caldera a las paredes ≥ 600 mm.

Se instalará una caldera horizontal, con las siguientes dimensiones:

- Anchura: 90 cm.
- Altura: 105 cm.
- Longitud: 130 cm.

Teniendo en cuenta lo anterior, la superficie mínima de la sala de calderas será:

$$\text{Largo: } 0,6 \text{ m} + 1,3 \text{ m} + 1,95 \text{ m} = 3,85 \text{ m}$$

$$\text{Ancho: } 0,6 \text{ m} + 0,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 2,1 \text{ m}$$

$$S = 3,85 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} = 8,1 \text{ m}^2$$

Se colocarán dos puertas de acceso a la sala, incombustibles, metálicas, con apertura hacia afuera. Una dará al exterior y otra a la zona de proceso.

SALA DEL EQUIPO DE LIMPIEZA (C.I.P.).

Se dispone de un equipo C.I.P. de dimensiones 300x175 cm. Se le dejará un espacio mínimo de 45 cm en cada lado excepto en la parte frontal, donde se dejarán 60 cm para poder acceder con facilidad al panel de control.

En esta sala se colocará una Estantería Jungheinrich Tipo "WEM" o similar. Esta estantería tiene por objeto guardar todo el material de limpieza necesario, así como la de guardar las herramientas de todo tipo necesarias en la industria. Tiene unas dimensiones de 2.450x362x131.981 mm con cuatro estantes en altura, y soporta hasta 500 Kg de carga por estante. Se le dejará un espacio de acceso de 150 cm.

La superficie necesaria para la sala del equipo C.I.P. será por lo tanto:

$$\text{Anchura} = 175 + 45 + 60 + 62,1 + 150 = 492 \text{ cm}$$

$$\text{Longitud} = 300 + 45 + 45 = 390 \text{ cm}$$

$$\text{Total} = 4,9233,90 = 19,2 \text{ m}^2$$

ANTECAMARA.

La antecámara se dispondrá entre la sala de elaboración y la cámara frigorífica. En esta sala habrá un operario que colocará las cajas de 8 unidades sobre los palets.

La antecámara tiene además el cometido de almacenar a una temperatura cercana a los -8°C los palets.

Para facilitar el libre movimiento de la carretilla elevadora a través de la misma se diseñará la antecámara con una anchura de 4 metros. La longitud será toda lo ancha que sea la sala de elaboración (13 metros). Tendrá una altura de 3 metros. Así pues, la superficie de la antecámara será:

$$4 \times 13 = 52 \text{ m}^2$$

Los palets se apilarán de 10 en 10 (150 cm por pila, altura adecuada para que los operarios los puedan coger sin dificultades). Se calcula la superficie para la cantidad máxima de palets que caben en la cámara frigorífica. Esta cámara frigorífica contendrá hasta 140.000 litros, y partiendo del hecho de que cada palet transporta 480 litros de helado, se necesitará guardar $140.000 / 480 = 291,7 \sim 292$ palets. Se disponen las pilas de palets en tres filas, teniendo cada fila 98 palets, o sea $98/10 = 9,8 \sim 10$ pilas. Los palets se separarán 10 cm entre ellos y las paredes. La superficie para albergar los palets será de:

$$(3 \times 1,2 + 4 \times 0,1) \times 3 \times (10 \times 0,8 + 11 \times 0,1) = 36,4 \text{ m}^2$$

CAMARA FRIGORIFICA.

La mayor parte de los helados consumidos en el curso de un año lo son en los meses de calor. Con objeto de no infrautilizar la maquinaria en época de poco consumo y tener ocupado de manera constante al personal, lo que se hace en los establecimientos fabricantes es acumular parte de la producción y liberar este stock en las puntas de consumo.

Como se puede ver en el Anejo 1, Apartado 3.5: Evolución de las ventas. Estacionalidad, el consumo no es constante a lo largo del año, teniendo puntas de consumo en el 2º y 3º trimestre. Lo que se hará es almacenar parte de la producción. En la tabla 1 se muestra la cantidad en litros que se consume de nuestra producción en cada trimestre, la cantidad que se fabrica, y la diferencia, que será la cantidad a almacenar. Esta diferencia será máxima al final del 2º trimestre, y tendrá un valor de 140.000 litros.

Tabla 5. Consumo, fabricación y diferencia a almacenar.

Periodo	Consumo (litros)	Fabricación (litros)	Diferencia (litros)
1 ^{er} trimestre	8% = 160.000 litros	240.000	140.000
2 ^o trimestre	40% = 800.000 litros	800.000	140.000
3 ^{er} trimestre	47% = 940.000 litros	800.000	0
4 ^o trimestre	5% = 100.000 litros	160.000	60.000

Fuente: Elaboración propia.

El helado se envasará en tarrinas de 0,5 litros. Estas tarrinas tendrán un diámetro de 9 cm y una altura de 9,5 cm. Serán depositadas en cajas de cartón con capacidad de 8 tarrinas cada una, teniendo unas dimensiones de 38x19 cm y una altura de 10 cm.

Para almacenar los 140.000 litros se utilizarán europalets (de dimensiones 1200x3800 mm). En cada piso del palet caben 12 cajas, colocadas en dos disposiciones en pisos alternados según se muestra en la figura 1. Así pues, en cada piso habrán:

$$12 \text{ cajas/piso} \times 3 \text{ tarrinas/caja} \times 0,5 \text{ litros/tarrina} = 18 \text{ litros/piso}$$

Se dispondrán en cada palet 10 pisos (100 cm), en los que se podrán meter 180 Kg de helado.

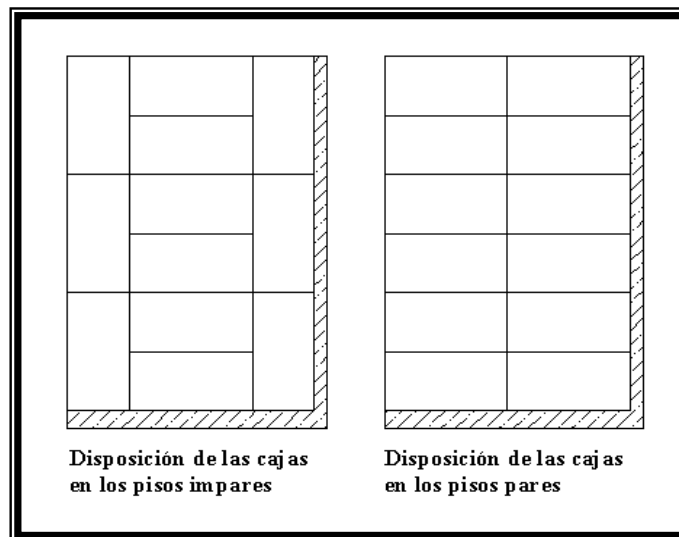
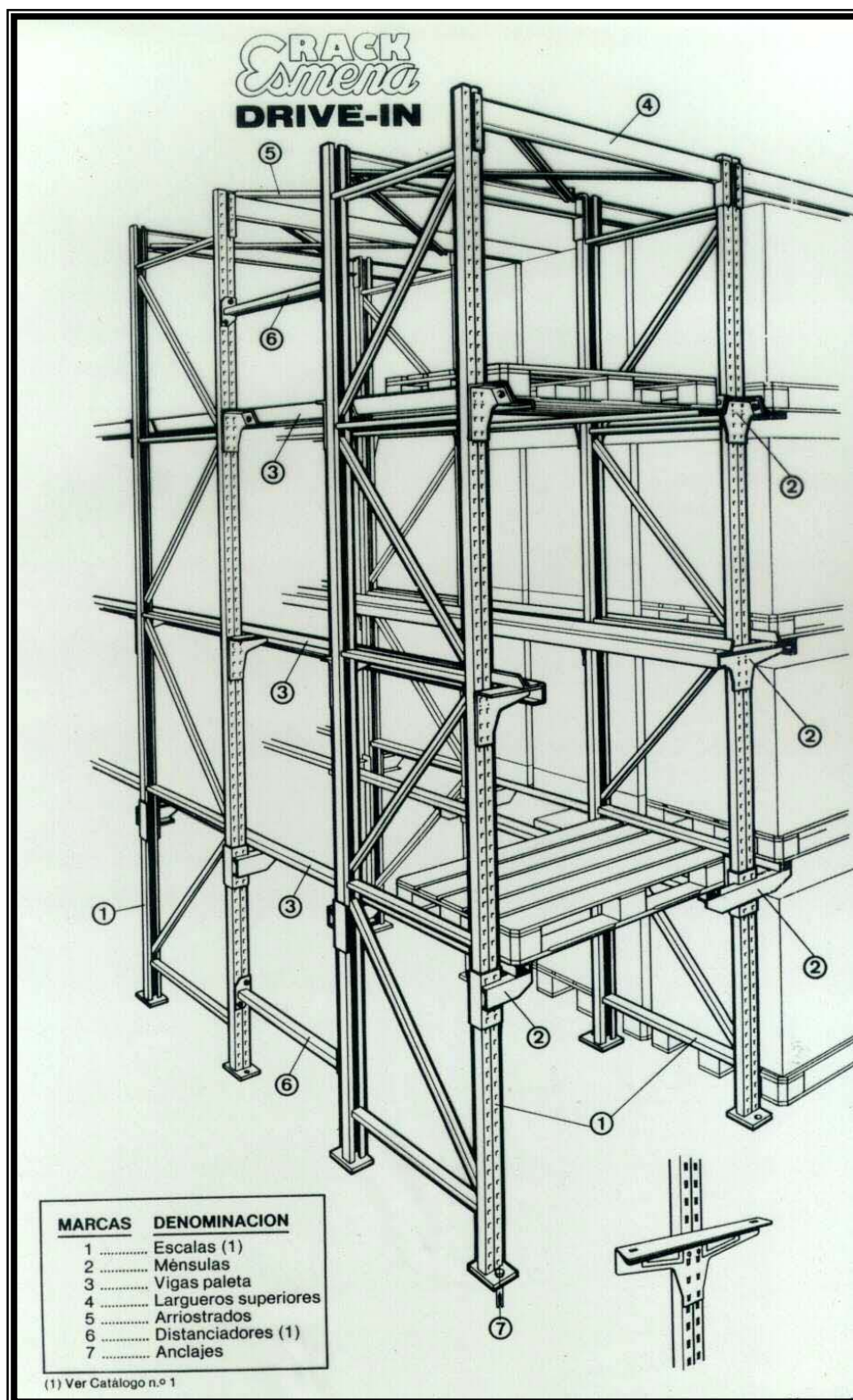


Figura 1. Disposición de las cajas de cartón en el palet.

Cada palet tiene una altura de 15 cm, a la que hay que añadir 100 cm de altura de producto. Se dispondrá de una estantería de tipo compacto con espacios para palets de 1400x3850 mm. Entre los palets en altura se dejará una altura mínima de 20 cm. Colocando 3 alturas se obtiene una altura de 405 cm. Se dejará una cámara de aire de 45 cm, con lo que la altura de la cámara será de 4,5 metros.

Figura 2. Estantería de tipo compacto.



Dividiendo los 140.000 litros que hay que almacenar entre 480 litros/palet, se obtiene que serán necesarios 292 palets. Como los palets se acumulan en tres alturas, se necesitarán 98 “torres”. Se colocará un rodapié de 7 cm.

Se dimensionará la cámara con pasillos de al menos 2,5 metros de anchura, y se tiene en cuenta que el espesor del aislante es de 20 cm.

Se dispondrá de una antecámara de salida a la zona de expedición de anchura mínima 2 metros y longitud 3 metros.

Se colocarán 8 filas de torres, cada una con 13 torres, divididas por un pasillo central de 2,76 metros. Habrán, por lo tanto, 104 torres, con 312 palets, lo que da un total de helado almacenado de 149.760 litros.

La cámara, diseñada de esta forma, ocupa unas dimensiones de:

$$S = 21,5315,87 = 341,2 \text{ m}^2$$

EXPEDICION.

Tendrá la anchura de toda la cámara (21,5 metros) y una profundidad de 4 metros, distancia considerada suficiente para el adecuado tránsito de la carretilla elevadora. La superficie total de la zona de expedición será por lo tanto:

$$S = 21,534 = 86 \text{ m}^2$$

2.5.- Diagrama Relacional de Superficies.

A continuación se muestra el Diagrama Relacional de Superficies Figura No. 3. Se obtiene colocando en el Diagrama Relacional de Actividades cada departamento con la superficie anteriormente definida.

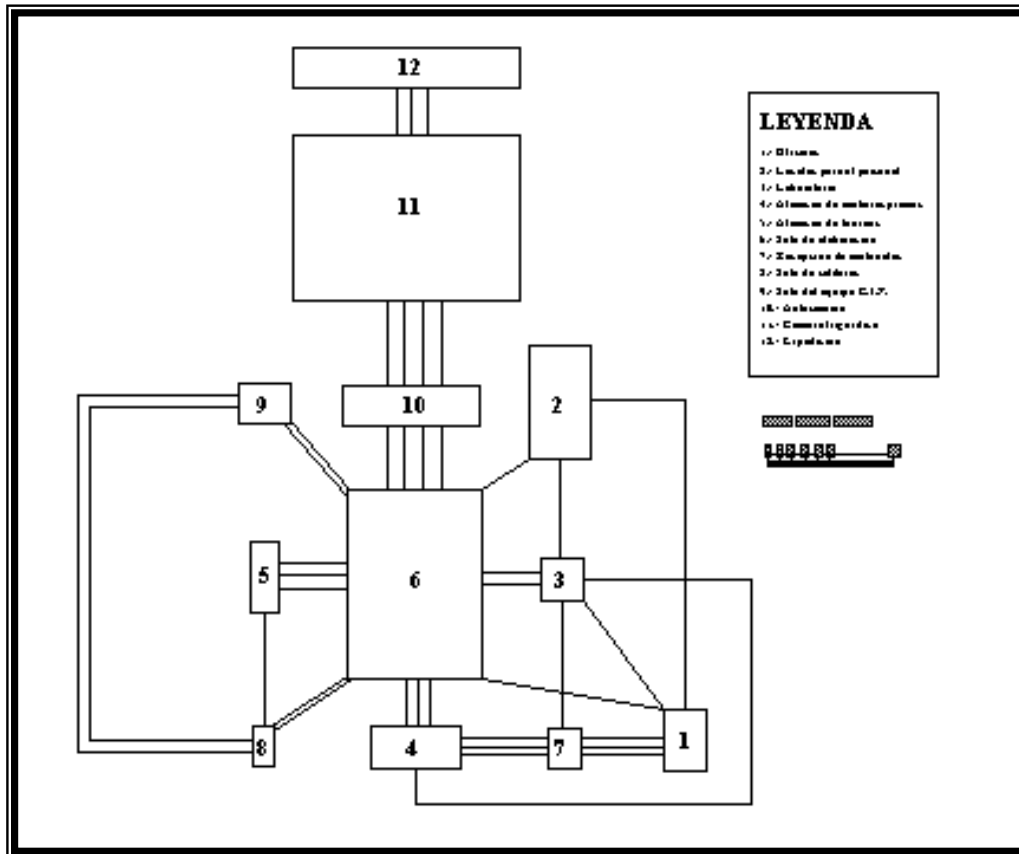


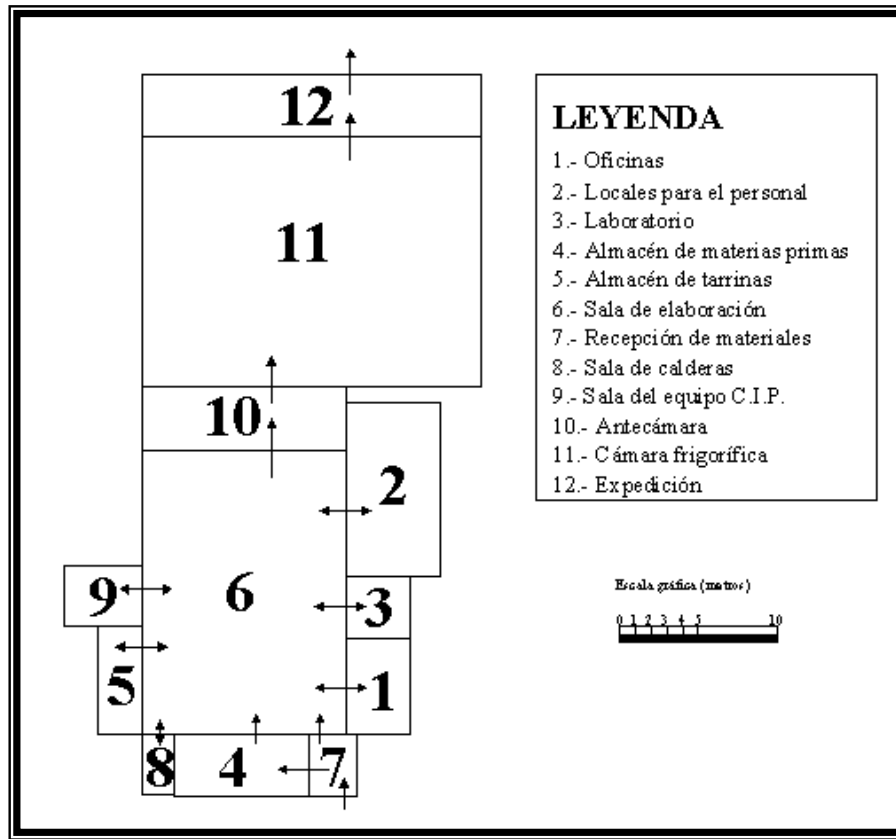
Figura 3. Diagrama Relacional de superficies.

2.6.- Realización de bocetos y selección de la mejor Distribución en Planta.

El Diagrama Relacional cumple las condiciones impuestas en la Tabla Relacional y partiendo de él se procede a diseñar los bocetos de la industria:

Boceto 1.- Se obtiene siguiendo estrictamente el Diagrama Relacional de Superficies. Aparece una distribución en planta de forma irregular excesivamente alargada, en la que la mayor parte de departamentos giran alrededor de la sala de elaboración. Aunque la línea de producción está correctamente ordenada y sería viable, el diseño de la planta es excesivamente irregular y plantearía muchas dificultades constructivas.

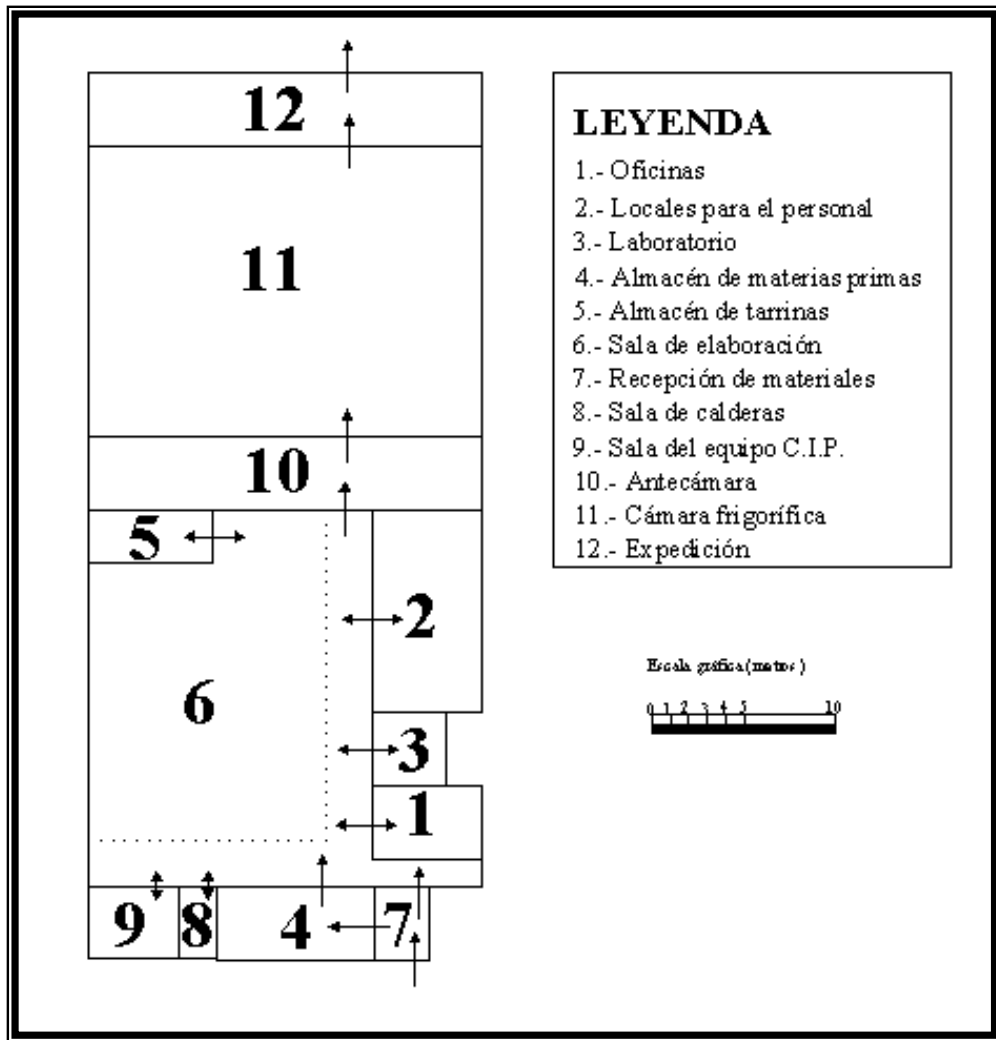
Boceto 1



Boceto 2.- Se obtiene a partir del Boceto 1 colocando dentro de la sala de elaboración el almacén de tarrinas, y reestructurando la colocación de los departamentos respecto a la sala de elaboración, de forma que conserven la posición relativa entre ellos. La cámara frigorífica y expedición permanecen invariables, tanto en tamaño como en colocación. La antecámara crece de anchura hasta completar todo el ancho de la planta (21,5 metros). Con esta medida se favorece el almacenamiento de palets, así como se puede aumentar el espacio útil de los operarios dedicados al embalaje de las tarrinas y mejorar el tránsito por la antecámara

Se crea un pasillo de 2,5 metros de anchura alrededor de la sala de elaboración. Con este pasillo se mejora la circulación de la carretilla elevadora, pudiendo de este modo ir desde la sala de recepción hasta la antecámara sin tener que atravesar la sala de elaboración. Este pasillo servirá además para comunicar todos los departamentos entre sí de un modo más práctico y fluido. Se crea asimismo un pasillo de acceso de 1,5 metros de ancho entre la sala de recepción y el exterior de la industria. Las oficinas rotan 90° para alinearse mejor con la pared Este. La planta de la industria ha ganado con estos cambios una mayor regularidad y funcionalidad.

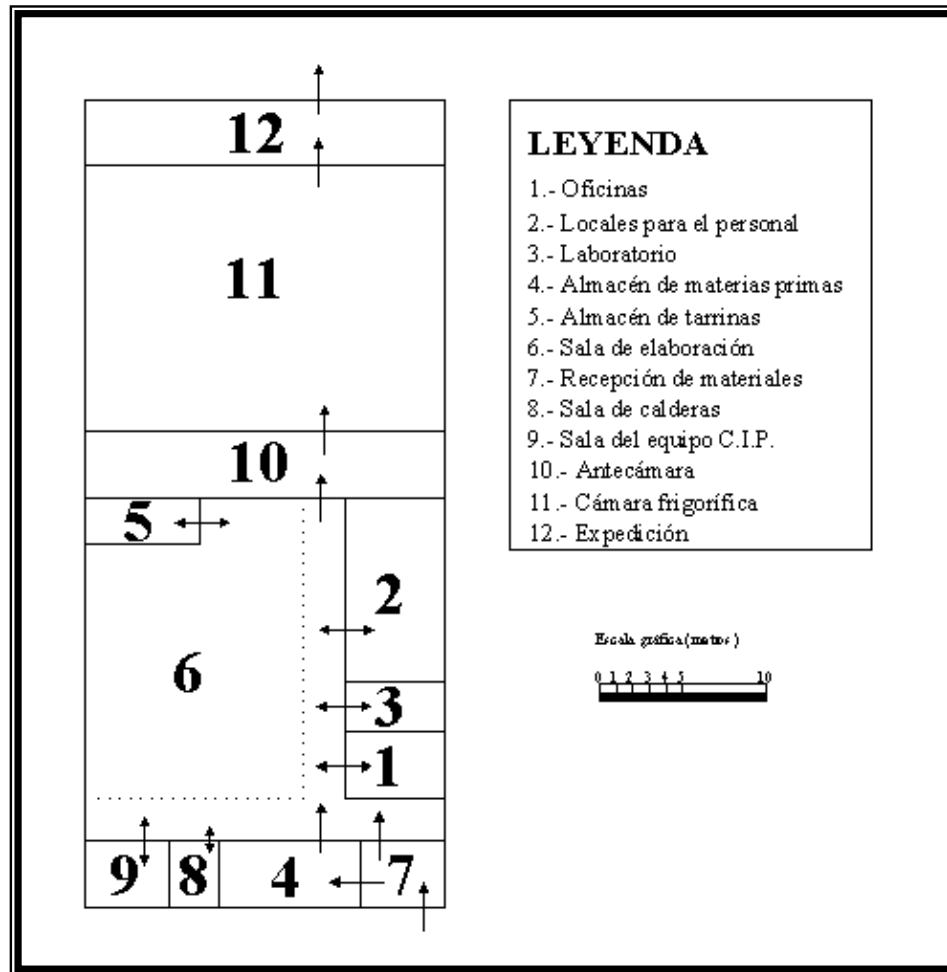
Boceto 2



Boceto 3.- Se obtiene partiendo del Boceto 2, el cual ha sufrido varios cambios:

- El tamaño del laboratorio varía sus dimensiones desde 434 hasta 633, con lo que gana 2 m² en superficie, lo que le permite mejorar su funcionalidad y alinearse con la pared Este de la industria.
- El tamaño de la sala de recepción también aumenta con el fin de hacer la planta más uniforme y mejorar el tránsito y el movimiento de personas y materiales. Pasa de unas dimensiones de 433 a unas dimensiones de 534.
- La sala del equipo C.I.P. aumenta de superficie y pasa de unas dimensiones de 4,9233,9 a unas dimensiones de 534. De esta forma se alinea su muro con el muro Sur.
- La sala de calderas aumenta su superficie, y pasa de unas dimensiones de 2,133,85 a unas dimensiones de 334. De esta forma se mejora el tránsito por la misma y se alinea su muro con el muro Sur.
- La reducción de una dimensión del laboratorio y el aumento de la superficie de la sala de recepción crea la posibilidad de aumentar el pasillo de 1,5 metros de ancho hasta los 2,5 metros y alinearlo con la pared Este. A través de este pasillo se producirá la entrada de los trabajadores a la fábrica, y por él podrá transitar la carretilla elevadora para transportar envases directamente desde la recepción hasta la antecámara. Comunicará las oficinas con la sala de recepción.

Boceto 3



Con el Boceto 3 hemos obtenido la distribución en planta final. Esta distribución favorece la correcta fabricación del helado y la intercomunicación de los departamentos, así como maximiza el aprovechamiento del espacio cúbico y evita los cruces innecesarios de personas y material.

Esta distribución en planta final no será exactamente igual tras la construcción de la industria. Esto se debe a que en la realización de la distribución en planta no se ha tenido en cuenta el grosor de los muros interiores y exteriores de la industria. Así pues, una vez colocados todas las paredes de la fábrica, algunos departamentos variarán ligeramente su tamaño, hecho que no afectará a su funcionalidad.

En la siguiente tabla No. 5 se muestran las superficies iniciales y finales de cada departamento en la distribución en planta, así como la superficie final de los mismos una vez construidos:

Tabla 5. Superficies iniciales y finales de la planta.

Departamento	Superficie inicial (m ²)	Superficie final (m ²)	Superficie construida (m ²)
1. Oficinas	24	24	24,3
2. Locales para el personal	62,1	62,1	63,17
3. Laboratorio	16	18	17,67
4. Almacén de materias primas	34	34	34,34
5. Almacén de tarrinas	19,04	19,04	19,32
6. Sala de elaboración + pasillos	234	332,75	330,5
7. Recepción de materiales	12	20	19,3
8. Sala de calderas	8,1	12	12,28
9. Sala del equipo C.I.P.	19,2	20	20,37
10. Antecámara	52	86	85,44
11. Cámara frigorífica	341,2	341,2	329,2
12. Expedición	86	86	84,2
Superficie total	907,64	1.055,1	1.040,1

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

- 1.- Los intentos por establecer una metodología que permitiera afrontar el problema de la distribución en planta de manera ordenada comienzan en la década de los 50 del siglo pasado. Sin embargo, es Muther en 1961, el primero en desarrollar un procedimiento verdaderamente sistemático, el *Systematic Layout Planning* (SLP).
- 2.- El SLP ha sido la metodología más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.
- 3.- Las propuestas metodológicas precedentes al SLP son simples e incompletas y las desarrolladas con posterioridad son en muchos casos variantes más o menos detalladas de dicho método y no han logrado el grado de aceptación de la de Muther.
- 4.- El SLP reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.
- 5.- La amplia aceptación del SLP, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Los estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación de alternativas de distribución y la evaluación y selección de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Nievel-Freialds. Ingeniería industrial, métodos, estándar y diseño del trabajo. Editorial Alfa Omega.
- 2.- Barner M. Ralph. Estudio de tiempos y movimientos, Editorial Alfa Omega.
- 3.- Salvendy. Biblioteca del Ingeniero industrial, Editorial Ciencia y técnica S.A.
- 4.-Trujillo, Juan José. Elementos de Ingeniería industrial, Editorial Reverte.
- 5.-Taylor, Frederick. Principios de la Administración Científica, Editorial Herrero Hermanos, 1991.
- 6.-Wright, Paul H. introducción a la Ingeniería , Editoril Pearson Educación, 1999.
- 7.-Vaughn, Richard C. Introducción a la Ingeniería Industrial, Editorial Reverte 1997.
- 8.-Apuntes de Estudio de métodos I. I.P.N.
- 9.- Apuntes de Estudio de métodos II. I.P.N.
- 10.- Muther, Richard. 1981. *Distribución en planta*. Ed. Hispano-Europea S.A. Barcelona. España.
- 11.- Neufert, E. 1995. *Arte de proyectar en Arquitectura*. Ed. Gustavo Gil S.A. Barcelona. España.