

CAPITULO IV

DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

1. Introducción.	53
2. Distribución en planta.....	54
Tipos de distribución.	55
3. Información necesaria.....	58
4. Planificación de la distribución.....	67
Requerimientos de máquinas.	67
Requerimientos de espacio.....	72
Requerimientos de personal.	74
5. Distribución recomendada para la planta.	77
6. Caso especial: cada hotel con su propia lavandería.....	79
Requerimientos de máquinas.....	79
Requerimientos de espacio	80
Requerimientos de personal.	80

CAPITULO IV

DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

1. Introducción.

El diseño de la distribución en planta es una de las etapas más importantes en el proceso de proyecto e implantación de nuevas industrias. Este estudio conlleva el análisis de las necesidades de espacio para cada centro de trabajo, el espacio total disponible, las relaciones lógicas dentro del proceso productivo y los costes de desplazamiento de materiales generados por la distribución. Por otro lado, es muy difícil y costoso abordar un replanteamiento del diseño una vez implantado, ya que implicaría el desplazamiento de maquinaria y equipos y la alteración del proceso productivo general.

El objetivo primordial que persigue la distribución en planta es encontrar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados. Además para ésta se tienen los siguientes objetivos.

- **Interés Económico:** con el que persigue aumentar la producción, reducir los costos, satisfacer al cliente mejorando el servicio y mejorar el funcionamiento de las empresas.
- **Interés Social:** Con el que persigue darle seguridad al trabajador y satisfacer al cliente.

Naturalmente antes de poder realizar la distribución en planta se tendrá que decidir cual va a ser el proceso productivo, es decir, definir la mejor manera de obtener el producto que se quiere fabricar. En el caso que se estudia, la mejor manera de tratar la ropa para obtener los criterios que se buscan de limpieza,

suavidad, planchado, etc. Si bien esto ya se realizó en el capítulo 3 de descripción del proceso productivo.

2. Distribución en planta.

Una vez que se han seleccionado los productos que van a fabricarse, se han diseñado y se ha definido el proceso productivo que mejor se adapta a las características de esos productos y a las necesidades de la demanda, el paso siguiente sería disponer todos los elementos necesarios para hacer funcionar el proceso en el interior de las instalaciones, de forma que se asegure un flujo continuo de trabajo. Naturalmente para disponer de alguna manera los equipos productivos habrá sido necesario adquirirlos previamente y, para ello, habrá sido preciso determinar la capacidad productiva de la planta por periodo de tiempo y la tecnología que se desea incorporen los equipos.

El *layout*, término inglés con el que se define el concepto de distribución de la planta, está considerado como uno de los elementos estratégicos de la dirección de producción, puesto que, una vez definida e implantada una determinada estructura de disposición de los elementos materiales y humanos del proceso productivo, las ventajas y/o inconvenientes que se deriven de ella habrá de soportarlos la empresa durante largos periodos de tiempo, toda vez que el cambio o modificación de esa estructura es una tarea compleja, que requiere tiempo y que lleva asociada un alto coste.

Las decisiones que se habrán de tomar relacionadas con el layout se refieren a la mejor disposición posible de las máquinas y de los almacenes, de los despachos y puestos de trabajo o de los centros de prestación de servicios a los clientes, según se trate de distribuir un entorno de producción, de oficinas o de servicios. De lo anterior se desprende que la distribución de los elementos materiales también condiciona la de los empleados, asignando un lugar determinado a cada puesto de trabajo.

La distribución en planta, por tanto, aborda la instalación (ubicación) de los medios físicos y humanos (materiales, instalaciones, equipos y máquinas, personal, etc.) en un espacio determinado, dedicado a procesos industriales de fabricación o a producción de servicios (talleres, fábricas, grandes superficies comerciales, almacenes, oficinas, hospitales, etc.), para alcanzar unos objetivos determinados (los volúmenes de producción establecidos por periodo de tiempo con los niveles de calidad previstos) de la forma más económica y eficiente posible. El objetivo principal es el de asegurar un flujo continuo de trabajo que evite en lo posible tiempos muertos entre las diferentes tareas.

Los parámetros que definen la distribución en planta, su flexibilidad y espacio necesario son:

- La demanda de productos o servicios.
- La localización de la planta y su capacidad de producción.
- Los procesos de producción, el flujo de materiales que los alimentan y las operaciones que los componen.
- Los centros de trabajo.

Tipos de distribución.

Existen varios tipos o modelos de distribución en planta. Fundamentalmente existen siete sistemas de distribución en planta:

- Movimiento de material. En esta el material se mueva de un lugar de trabajo a otro, de una operación a la siguiente.
- Movimiento del Hombre. Los operarios se mueven de un lugar de trabajo al siguiente, llevando a cabo las operaciones necesarias sobre

cada pieza de material.

- **Movimiento de Maquinaria.** El trabajador mueva diversas herramientas o maquinas dentro de un área de trabajo para actuar sobre una pieza grande.
- **Movimiento de Material y Maquinaria.** Los materiales y la maquinaria van hacia los hombres que llevan a cabo la operación.
- **Movimiento de Material y Hombres.** Los materiales y los hombres van hacia las máquinas que llevan a cabo la operación.
- **Movimientos de Hombres y Maquinaria.** Los trabajadores se mueven con las herramientas y equipo generalmente alrededor de una gran pieza fija.
- **Movimiento de Materiales, Hombres y Maquinaria.** Generalmente es demasiado caro e innecesario el moverlos a los tres.

Los tipos clásicos de distribución son:

- *Distribución por posición fija del material:* Se trata de una distribución en la que el material o el componente permanecen en lugar fijo. Todas las herramientas, maquinaria, hombres y otras piezas del material concurren a ella.
- *Distribución por proceso o distribución por función:* Agrupa a maquinas similares en departamentos o centros de trabajo según el proceso o la función que desempeñan.
- *Producción en línea o distribución por producto:* Originalmente conocida como cadena de montaje, organiza los elementos en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que hay que

realizar para llevar a cabo la elaboración de un producto concreto. El material está en movimiento.

Las formas híbridas de distribución en planta intentan combinar los tres tipos básicos que acabamos de señalar para aprovechar las ventajas que ofrece cada uno de ellos.

Una de estas formas híbridas es la *distribución celular*, que pretende mejorar la eficiencia de la distribución por proceso manteniendo su flexibilidad. Sobre la base de la tecnología de grupos, se agrupan máquinas distintas en centros de trabajo, denominados células, que procesan componentes de forma similar o con requerimientos de fabricación parecidos.

En el caso que se estudia el movimiento está realizado por los materiales y por los hombres a las máquinas. Por tanto la distribución a elegir será una distribución por proceso o por función o una distribución celular.

Las ventajas de una distribución por proceso y distribución celular son las siguientes:

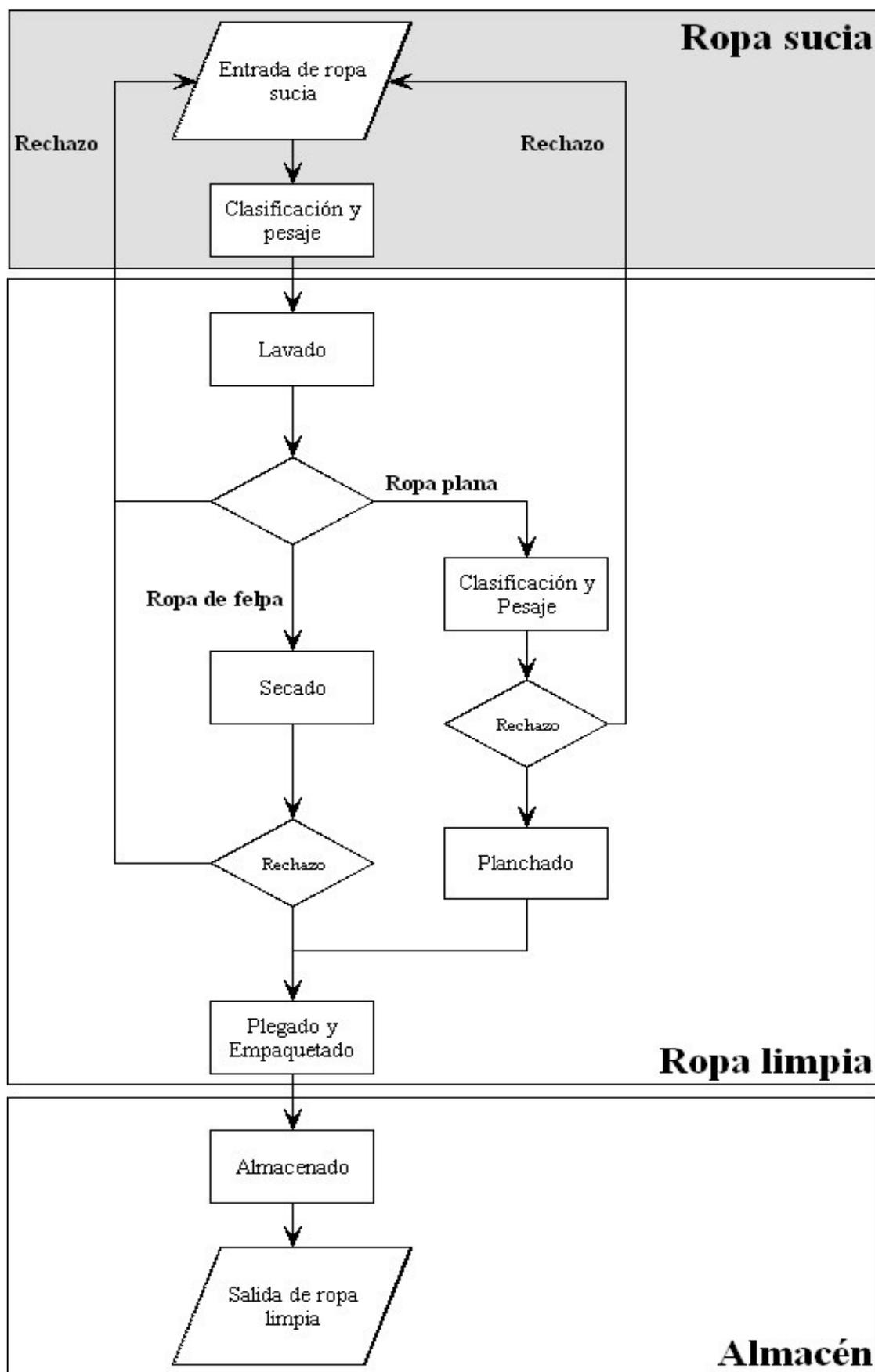
- *Ventajas de distribución por proceso:* Reduce el manejo del material. Disminuye la cantidad del material en proceso. Se da un uso más efectivo de la mano de obra. Existe mayor facilidad de control. Reduce la congestión y el área de suelo ocupado.
- *Ventajas de la distribución celular:* Reduce el manejo de materiales. Menores tiempos de entrega. Menor uso de herramientas. Coste de diseño de un nuevo producto son mucho menores que por proceso. Es más flexible.

3. Información necesaria.

La información necesaria para realizar la resolución del problema debe ser proyectada hacia el futuro y es la siguiente:

- Volumen a producir. Demanda de la ropa que se tiene que tratar.
- Producto. Definición de la ropa a tratar.
- Ruta de Proceso. Diagrama de flujo de operaciones y lista de equipo requerido.
- Programa de Producción. Definición de cuanto producir y cuando.

El volumen a producir y los productos a tratar ya se han visto en capítulos anteriores. Ahora bien la ruta de proceso es la que sigue:



Por lo tanto para este diagrama de producción la maquinaria necesaria sin definir la cantidad de cada una de ellas será:

- Lavadora centrifugadora. Existen de distinta capacidad desde los 7 hasta 200 kilogramos de carga. Además hay también gran variedad de programas de lavado para cada tipo de ropa.
- Secadora. Al igual que antes existen de diferente capacidad.
- Báscula digital con plataforma.
- Planchadora. Existen de dos tipos, murales y multirodillo. En las multirodillo los tamaños dependen del número de rodillos que calefactan (mayor superficie de calefacción). En los murales depende de la longitud del cilindro.
- Empaquetadora y plegadora. También hay de diferentes tamaños.
- Accesorios de transporte de la ropa. Ya bien sea por cinta transportadora o por carros.

Será necesaria también una maquinaria auxiliar para las máquinas principales. Esta consiste en una caldera de vapor que proporcione calefacción a las principales máquinas como pueden ser las lavadoras centrifugadoras, la secadora y la planchadora. Si bien en la mayoría de los casos es posible tener alternativas de calefacción eléctricas para cada una de las máquinas.

Si nos quedamos únicamente con la ropa plana que se utiliza en habitaciones y restaurante y con la ropa de felpa de las habitaciones. Despreciando toda la demás como puede ser la ropa de forma. Nos quedaría una producción diaria de ropa sucia por hotel, descompuesta en los distintos tipos de ropa plana y de felpa:

HOTEL 01	Nº Hab.	Cantidad	Piezas	gr/pieza	Cambios diarios	kg/día hab.	Ocupación	Total kg/día
Habitaciones	389	2	Sábanas encimeras	450	1	0,9		
		2	Sábanas bajeras	450	1	0,9		
		2	Fundas almohadas	200	1	0,4		
		2	Toallas baño	450	1	0,9		
		2	Toallas lavabo	300	1	0,6		
		1	Toallas bidé	100	1	0,1		
		1	Alfombrín	350	1	0,35		
			TOTAL			4,15	100,00%	4,15
Restaurante	389	1	Manteles	500	1	0,5		
		1	Cubre manteles	250	2	0,5		
		4	Servilletas	60	3	0,72		
		2	Paños de cocina	60	3	0,36		
			TOTAL			2,08	80,00%	1,66
Nota:								
Se considera que de una ocupación del 100% sólo el 80% utilizará el restaurante.								
Kilos diarios de ropa a lavar por habitación							5,81	
Kilos diarios de ropa a lavar en el hotel							2261,65	

HOTEL 02	Nº Hab.	Cantidad	Piezas	gr/pieza	Cambios diarios	kg/día hab.	Ocupación	Total kg/día	
Habitaciones	335	2	Sábanas encimeras	450	1	0,9			
		2	Sábanas bajeras	450	1	0,9			
		2	Fundas almohadas	200	1	0,4			
		2	Toallas baño	450	1	0,9			
		2	Toallas lavabo	300	1	0,6			
		1	Toallas bidé	100	1	0,1			
		1	Alfombrín	350	1	0,35			
						TOTAL	4,15	100,00%	4,15
Restaurante	335	1	Manteles	500	1	0,5			
		1	Cubre manteles	250	2	0,5			
		4	Servilletas	60	3	0,72			
		2	Paños de cocina	60	3	0,36			
						TOTAL	2,08	80,00%	1,66
Nota:									
Se considera que de una ocupación del 100% sólo el 80% utilizará el restaurante.									
Kilos diarios de ropa a lavar por habitación								5,81	
Kilos diarios de ropa a lavar en el hotel								1947,69	

HOTEL 03	Nº Hab.	Cantidad	Piezas	gr/pieza	Cambios diarios	kg/día hab.	Ocupación	Total kg/día
Habitaciones	389	2	Sábanas encimeras	450	1	0,9	100,00%	4,15
		2	Sábanas bajeras	450	1	0,9		
		2	Fundas almohadas	200	1	0,4		
		2	Toallas baño	450	1	0,9		
		2	Toallas lavabo	300	1	0,6		
		1	Toallas bidé	100	1	0,1		
		1	Alfombrín	350	1	0,35		
		TOTAL						
Restaurante	389	1	Manteles	500	1	0,5	80,00%	2,08
		1	Cubre manteles	250	2	0,5		
		4	Servilletas	60	3	0,72		
		2	Paños de cocina	60	3	0,36		
		TOTAL						
<p>Nota: Se considera que de una ocupación del 100% sólo el 80% utilizará el restaurante.</p>								
							Kilos diarios de ropa a lavar por habitación	5,81
							Kilos diarios de ropa a lavar en el hotel	2261,65

DATOS DE LOS KILOS DE ROPA A TRATAR A UN 100% DE OCUPACIÓN

	Kilogramos por día
Habitaciones	4618,95
Restaurante	1852,03
TOTAL POR DIA	6470,98

	Piezas a procesar por día	Kilos por día de cada pieza
Sábanas encimeras	2226	1001,70
Sábanas bajas	2226	1001,70
Fundas almohadas	2226	445,20
Toallas baño	2226	1001,70
Toallas lavabo	2226	667,80
Toallas bidé	1113	111,30
Alfombrín	1113	389,55
Manteles	890	445,20
Cubre manteles	1781	445,20
Servilletas	10685	641,09
Paños de cocina	5342	320,54

Piezas a tratar por hora	Kilos de ropa a lavar por hora	Kilos de ropa a planchar por hora	Kilos de ropa a secar por hora
Sábanas	250,43	250,43	
Fundas almohadas	55,65	55,65	
Toallas baño	125,21		125,21
Toallas lavabo	83,48		83,48
Toallas bidé	13,91		13,91
Alfombrín	48,69		48,69
Manteles	55,65	55,65	
Cubre manteles	55,65	55,65	
Servilletas	80,14	80,14	
Paños de cocina	40,07		40,07
TOTAL	808,87	497,51	311,36

Nota:

Se han tomado jornadas de 8 horas de trabajo.

Kilogramos de ropa a tratar descompuesta en meses

	Sábanas	Fundas almohadas	Toallas baño	Toallas lavabo	Toallas bidé	Alfombrín	Manteles	Cubre manteles	Servilletas	Paños de cocina	TOTAL
Ene	19,81	4,40	9,90	6,60	1,10	3,85	4,40	4,40	6,34	3,17	63,98
Feb	27,95	6,21	13,98	9,32	1,55	5,44	6,21	6,21	8,95	4,47	90,29
Mar	70,77	15,73	35,38	23,59	3,93	13,76	15,73	15,73	22,65	11,32	228,58
Abr	40,91	9,09	20,45	13,64	2,27	7,95	9,09	9,09	13,09	6,55	132,13
May	44,78	9,95	22,39	14,93	2,49	8,71	9,95	9,95	14,33	7,16	144,64
Jun	127,85	28,41	63,92	42,62	7,10	24,86	28,41	28,41	40,91	20,46	412,95
Jul	148,60	33,02	74,30	49,53	8,26	28,89	33,02	33,02	47,55	23,78	479,98
Ago	180,23	40,05	90,11	60,08	10,01	35,04	40,05	40,05	57,67	28,84	582,13
Sep	119,84	26,63	59,92	39,95	6,66	23,30	26,63	26,63	38,35	19,18	387,10
Oct	75,06	16,68	37,53	25,02	4,17	14,60	16,68	16,68	24,02	12,01	242,44
Nov	28,54	6,34	14,27	9,51	1,59	5,55	6,34	6,34	9,13	4,57	92,20
Dic	34,15	7,59	17,08	11,38	1,90	6,64	7,59	7,59	10,93	5,46	110,31

Nota:

Se ha supuesto la ocupación mensual estimada en el capítulo anterior mediante series temporales.

Si bien esta estimación estará comprendida en un intervalo de confianza del 95% dado por una aproximación normal

Si se descompone la producción obtenida en los procesos a realizar, se puede observar como la producción está muy estacionalizada en los meses de verano. Algo normal debido a la estacionalización de la ocupación, como se vio en el capítulo anterior.

	Kilos de ropa a lavar por hora	Kilos de ropa a planchar por hora	Kilos de ropa a secar por hora
Enero	63,98	39,35	24,63
Febrero	90,29	55,54	34,76
Marzo	228,42	140,50	87,93
Abril	132,04	81,22	50,83
Mayo	144,54	88,90	55,64
Junio	412,67	253,82	158,85
Julio	479,65	295,02	184,63
Agosto	581,73	357,80	223,93
Septiembre	386,83	237,93	148,90
Octubre	242,28	149,02	93,26
Noviembre	92,20	56,71	35,49
Diciembre	110,31	67,85	42,46

Para obtener una producción más homogénea se debe desestacionalizar la producción. Para ello, se puede optar por ampliar los turnos de trabajo de tal manera que sean dos, de ocho horas cada uno, en vez de uno sólo, para los meses de junio a septiembre.

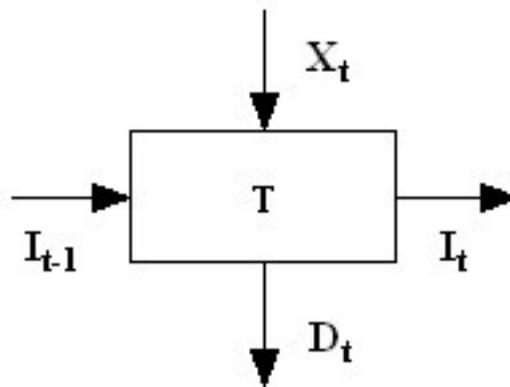
	Kilos de ropa a lavar por hora	Kilos de ropa a planchar por hora	Kilos de ropa a secar por hora
Enero	63,98	39,35	24,63
Febrero	90,29	55,54	34,76
Marzo	228,42	140,50	87,93
Abril	132,04	81,22	50,83
Mayo	144,54	88,90	55,64
Junio	206,33	126,91	79,42
Julio	239,82	147,51	92,32
Agosto	290,87	178,90	111,96
Septiembre	193,42	118,96	74,45
Octubre	242,28	149,02	93,26
Noviembre	92,20	56,71	35,49
Diciembre	110,31	67,85	42,46

Se puede observar como al introducir dos turnos de trabajo en los meses de verano, la producción de la ropa a tratar por hora se nivela. Así la franja de producción sin desnacionalizar estaba comprendida ente los 70 y 600 kilogramos de ropa a tratar por hora, con la desestacionalización esta franja se reduce de los 70 a los 300 kilogramos por hora.

4. Planificación de la distribución.

Requerimientos de máquinas.

Con estos datos ya se puede calcular el número de máquinas necesarias para comenzar la producción. Para ello debemos tener en cuenta que:



Siendo:

- X_t los kilos de ropa a tratar en el periodo t .
- D_t la demanda a satisfacer en el periodo t .
- I_t los inventarios en el periodo t .

Como la demanda se ha de satisfacer en el periodo t , entonces las relaciones que se han de cumplir vienen dadas por:

$$D_t = X_t + I_{t-1} - I_t$$

Con las restricciones de que la cantidad a producir no puede ser mayor a la capacidad de la planta, y que el inventario en lencería en un periodo no puede ser cero, ya que se produciría una rotura de stock. También hay que hacer notar que la producción de ropa no puede acumularse, es decir no se puede producir hoy para entregar la semana que viene. Por tanto se trata de una producción *just in time*, donde el inventario en lavandería, al igual que productos intermedios etc., se intenta reducir a cero produciendo lo necesario para satisfacer la demanda.

Así pues la capacidad de la planta ha de ser superior a la cantidad a producir, en cada periodo. Con esto vemos que la capacidad de la planta ha de ser

mayor o igual a la cantidad a producir en el mes de agosto que es de 290,87 Kg. Ahora bien como puede haber momentos, días, en que la ocupación llegue al 100%, entonces la capacidad debe llegar al menos a 400 kilogramos de ropa tratada por hora.

Los tiempos de procesado medio para cada operación son los siguientes.

- Para el lavado y centrifugado son necesarios 35 minutos para un correcto procesado de la ropa.
- Para el secado de la ropa de felpa son necesarios unos 30 minutos.
- Para el planchado y secado en la calandra depende mucho del tipo elegido, ya que dependen del número de cilindros, de la longitud del rodillo, el diámetro, la capacidad de evaporación que soporta y de la velocidad del rodillo o cilindro, si bien ésta es regulable. Así para una calandra de 2 cilindros, 3300 mm de longitud y un diámetro de 800 mm se pueden llegar a procesar 300 kg/hora de ropa plana.
- Para el plegado hay que diferenciar entre ropa plana y ropa de felpa. Para la ropa plana se puede usar un plegador unido a la calandra de manera que se introduce la ropa plana húmeda y sale plegada y apilada. La producción en esta máquina es de 1500 piezas/hora. Para la ropa de felpa la alimentación es manual y tiene una producción de 800 piezas/hora. Éstas salen apiladas.

En estos tiempos no se han tenido en cuenta los procesos de clasificación y transporte. Existen dos tipos de clasificaciones. Una es para clasificar cuando la ropa entra en la planta y separarla en ropa plana y ropa de felpa, a su vez también se separa en ropa blanca y de color. En esta clasificación también se realiza un pesaje para cargar las lavadoras. Con esta clasificación se obtienen lotes homogéneos. La segunda es para separar la ropa plana en tamaños para

realizar su planchado y doblado. Esto es así ya que según el tamaño de la ropa será necesario un tipo u otro de doblaje.

Si entra en la planta 6470,98 kilos de ropa sucia para ser lavada, se clasifican en primera instancia en n lotes de ropa plana y en m de ropa de felpa. De tal manera que la suma del peso de cada uno de los lotes dará el inicial. En la clasificación del primer lote se pueden tardar 5 minutos. Una vez clasificado el primer lote pasa a la lavadora. El peso de este lote debe ser igual a la capacidad de carga de la lavadora centrifugadora (110 kg.). En la lavadora se lavará, en un proceso que dura como ya se ha dicho 35 minutos, el lote. Dependiendo de si el lote es de ropa plana o ropa de felpa, pasará a la calandra o a la secadora. En la calandra tardará además de los 2 minutos de clasificación por tamaños, 22 minutos en salir planchada y plegada. En cambio si la ropa es de felpa tardará 30 minutos en secarse más otros 11 en plegar.

Así pues el tiempo necesario en procesar un lote de 110 kilos será, dependiendo del tipo de ropa, 64 minutos para la ropa plana y 81 minutos para la ropa de felpa. Además si se tienen dos lavadora centrifugadoras se pueden lavar dos lotes, uno de ropa plana y otro de ropa de felpa.

El número fraccional de máquinas requeridas se calcula usando la siguiente expresión:

$$N = \frac{P \cdot t}{(H - s)p}$$

Donde:

N = número de máquinas requeridas

P = volumen diario de producción

t = tiempo estándar (en horas)

H = tiempo disponible (en horas)

s = tiempo de preparación (*setup time*) por día

p = factor de disponibilidad de la máquina (expresado como fracción)

El porcentaje de disponibilidad de una máquina indica la fracción de un periodo de producción durante el cual la máquina está disponible para la elaboración de una parte. En caso de no disponer de información precisa, se puede suponer que las máquinas estarán disponibles el 90% del tiempo, en tanto que el restante 10% se dedicará a su mantenimiento y reparación. Es conveniente considerar el número de horas que operará una máquina por día.

Así pues para las actividades que se han de realizar en una lavandería:

Actividades	Tiempo act.	Tiempo de setup	Tiempo estándar
Lavar	35	0,3333	0,5833
Ropa plana			
Planchar	22	0,5000	0,3667
Ropa de felpa			
Secar	30	0,3333	0,5000
Plegar	11	0,3333	0,1833

	Número de máquinas	Capacidad de carga
Lavadora centrifugadoras	3	110
Secadoras	3	41
Calandras	1	200
Plegadoras	1	200

Por tanto para estos datos el número de máquinas lavadoras centrifugadoras necesarias para satisfacer la demanda de 6470,98 kilogramos de ropa a lavar es de 3, siendo la capacidad de carga de cada una de ellas de 110 kg. Para hacer más flexible la operación de lavado y permitir lotes de diferente tamaño se puede optar por sustituir una lavadora centrifugadora de 110 kg de carga con una de 57 kg y otras dos de 23 kg de carga cada una. Lo mismo se puede hacer con las secadoras de tal manera que se tenga al final 2 de 41 kg y otras dos de 22 kg de carga.

En este apartado se va a realizar la distribución física de las instalaciones. Esta es una actividad por la que se determina el tamaño, la forma y la localización, de cada departamento en un área predeterminada.

Consiste en:

- Selección de áreas de producción y áreas de almacenaje
- Selección del tamaño de cada área
- Selección de la disposición física del equipo y personal en cada área

Requerimientos de espacio.

Los requerimientos de espacio son el espacio necesario para el equipo, para que el operario trabaje con comodidad, para el mantenimiento de las máquinas, y para los servicios de la planta.

Los requerimientos de espacio para el equipo deben ser suministrados por el proveedor de la maquinaria. Si esta información no está disponible entonces debemos obtener los siguientes datos para cada máquina:

- Dimensiones de la máquina en posición estática. Profundidad, anchura

y altura máximas.

- Movimientos máximos permitidos a la máquina, de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás.
- Áreas requeridas para la carga, el mantenimiento y los propios de la planta.

En el caso que se trata, las máquinas de una lavandería no realizan movimientos ya que están fijas, por tanto el área necesaria para la máquina lo proporcionará las dimensiones de la misma.

Los requerimientos de espacio para los materiales consisten en las áreas necesarias para cargar y descargar la ropa a la máquina, recibir y suministrar la ropa a otras operaciones, etc.

Además será necesaria un área para que el operario pueda manejar la maquinaria, cargar y descargar la ropa y realizar las tareas de mantenimiento. A estas áreas habrá que añadir los espacios requeridos para las prestaciones de la planta, las entradas y salidas de ropa y suministros, y también para los pasillos para el movimiento de materiales, si bien éste área se puede estimar mediante el área de carga total.

En la tabla están calculados los espacios requeridos desglosados en equipos, materiales y personal.

Estación de trabajo	Cantidad	Área (m ²)			Total
		Equipo	Material	Personal	
Lavadoras 110	2	4,18	1,10	1,45	13,45
Lavadoras 57	1	2,69	1,10	1,16	4,94
Lavadoras 23	2	1,47	1,10	0,82	6,78
Secadoras 41	2	2,51	1,10	1,01	9,23
Secadoras 22	2	2,51	1,10	1,01	9,23
Calandras	1	10,25	1,10	3,77	15,11
Plegadoras	1	5,58	1,10	1,23	7,91

Para el área de los equipos se ha tenido en cuenta las dimensiones dadas por el fabricante. En la de material el espacio mínimo para que entre un carro de transporte de ropa y en la de personal se ha tenido en cuenta la anchura de la máquina por 0,75 m de ancho para el operador.

Con la suma de cada uno de los espacios requeridos y teniendo en cuenta un 20% más de área para pasillos de transporte de ropa y personal, se obtiene:

Espacio requerido Neto:	66,65 m²
Almacén, y salas de recepción y salida de ropa:	100 m²
20% de espacio reservado a pasillos:	33,33 m²
Total de área requerida:	199,98 m²

Por tanto el área mínima requerida para la distribución será de 200 m².

Requerimientos de personal.

El número de operarios requeridos depende del número de máquinas que pueden ser atendidas por un operario. La determinación del número de máquinas que son asignadas a un operario puede tener dos aproximaciones,

una determinista y otra probabilística.

La aproximación determinista está basada en unas gráficas de actividades múltiples, donde se representan contra una escala temporal las relaciones de las actividades múltiples. Este gráfico es especialmente útil cuando hay máquinas no idénticas que han de ser supervisadas por un mismo operario.

La otra aproximación se realiza mediante el cálculo del número máximo de máquinas que pueden ser asignadas a un operario.

$$n' = \frac{a+t}{a+b}$$

Donde:

n' = número máximo de máquinas asignadas a un operario.

a = Tiempo de actividad concurrente (carga y descarga de la máquina)

b = Tiempo de actividad independiente del operario (inspección, transporte)

t = Tiempo de actividad de la máquina de forma automática.

Así para la zona de lavadoras, teniendo en cuenta que en la carga y descarga de las máquinas se puede tardar una media de 5 minutos respectivamente y dos minutos en inspeccionar y transportar la ropa, se obtiene que el número máximo de máquinas asignadas a un operario es de 3.75, siendo 35 minutos el tiempo que la máquina lava y centrifuga.

Para determinar si se asignan 3 ó 4 máquinas por operario en la zona de lavadoras, hay que estudiar los costos que se incurren con una u otra alternativa. Para ello:

$$CT(m) = \begin{cases} (c_1 + m \cdot c_2)(a+t) & m \leq n' \\ m & \\ (c_1 + m \cdot c_2)(a+b) & m > n' \end{cases}$$

Siendo m el número entero superior o inferior a n' , y c_1 y c_2 los costes por operador hora y máquina hora respectivamente. Por supuesto $CT(m)$ son los costos por unidad producida al asignar m máquinas al operador.

Como lo que se trata es de encontrar el m que minimiza este coste, se realizará el siguiente estudio:

- Si n' es entero, entonces éste será el óptimo de máquinas por operador.
- En caso contrario, $n < n' < n+1$ y $CT(n)$ y $CT(n+1)$ han de ser comparados:

$$q = \frac{CT(n)}{CT(n+1)} = \frac{(c_1 + n \cdot c_2)(a+t)}{[c_1 + (n+1)c_2]n(a+b)} = \frac{e+n}{e+n+1} \cdot \frac{n'}{n}$$

Donde $e = c_1 / c_2$,

y por tanto si $q < 1$ se asignan n máquinas al operador, si $q > 1$ se asignan $n+1$ máquinas al operador.

En el caso que se estudia:

$$q = \left(1 - \frac{1}{e+n+1}\right) \cdot \frac{n'}{n} = \left(1 - \frac{1}{e+4}\right) \cdot \frac{3.75}{3}$$

Así pues $\rho < 1$ si $e < 1$, es decir si $c_1 < c_2$. Cuando el coste hora del operador sea menor que el coste hora de las máquinas.

Para la zona de las secadoras, se obtendría un $n' = 3.33$, cambiando sólo el tiempo de procesado a 30 minutos. Para que $\rho < 1$, entonces $e < 6$, es decir $c_1 < 6 \cdot c_2$. Cuando el coste hora del operador sea menor que seis veces el coste hora de las máquinas.

Como para la calandra será necesario al menos un operario, al igual que en la plegadora. El número total de operarios por turnos será de cuatro a cinco, dependiendo de la producción.

5. Distribución recomendada para la planta.

Con todos los datos expuestos hay que representar como va a ser la planta, es decir hay que determinar el tipo de distribución y como se van a colocar las máquinas para ver el recorrido de la ropa dentro de la planta.

Realizando una gráfica de relaciones, que es aquella matriz donde se indica el grado de cercanía deseado de cada pareja de departamentos.

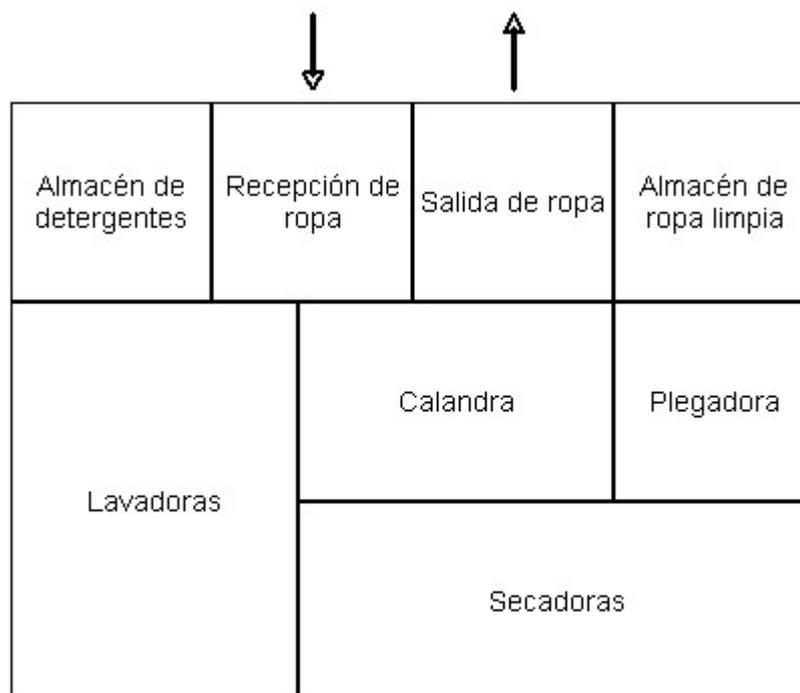
	DEPARTAMENTO						
	Almacén de detergentes	Lavadoras	Secadoras	Calandras	Plegadoras	Almacén de ropa	Salida
Recepción	U	A	X	U	U	U	E
Almacén de detergentes		E	I	I	I	U	U
Lavadoras			A	A	X	U	X
Secadoras				U	A	U	X
Calandras					U	A	E
Plegadoras						A	E
Almacén de ropa							A

Donde:

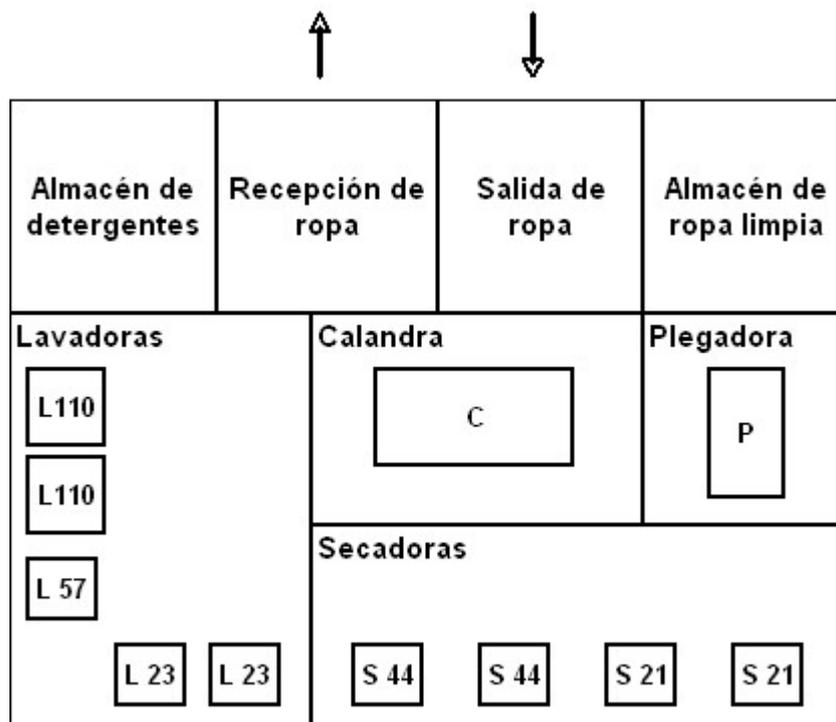
A - absolutamente esencial (+10) E - esencial (+5) I - importante (+2)

O - cercanía ordinaria (+1) U - no importante (0) X - indeseable (-10)

Realizando la distribución en planta, dada por las relaciones de cada departamento, se obtendría una distribución como la que sigue:



La distribución obtenida para la planta mediante el gráfico de relaciones será una distribución por procesos o *job shop*. El material (ropa) circula de taller en taller (departamentos) para ser tratado según su proceso de producción.



6. Caso especial: cada hotel con su propia lavandería.

En el caso de que cada hotel disponga de su propia lavandería, los requerimientos de máquinas, espacio y personal para cada hotel quedarán como sigue.

Requerimientos de máquinas:

	Número de máquinas	Capacidad de carga
Lavadora centrifugadoras		
L 57	1	57
L 23	2	23
Secadoras		
S 21	2	21
Calandra mural	1	
Plegadoras	1	

Requerimientos de espacio:

Estación de trabajo	Cantidad	Área (m ²)			Total
		Equipo	Material	Personal	
Lavadoras 57	1	2,69	1,10	1,16	4,94
Lavadoras 23	2	1,47	1,10	0,82	6,78
Secadoras 22	2	2,51	1,10	1,01	9,23
Calandra mural	1	1,83	1,10	1,55	3,12
Plegadoras	1	5,58	1,10	1,23	7,91

Espacio requerido Neto:	31,98 m²
Almacén, y salas de recepción y salida de ropa:	35 m²
20% de espacio reservado a pasillos:	6,40 m²
Total de área requerida:	73,38 m²

Requerimientos de personal.

Realizando los mismos cálculos que en el caso de una sola lavandería se tendría que serían necesarias dos personas por turno y hotel.