

CAPÍTULO 4. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Objetivos del capítulo

- Introducir al lector en el método de diagrama de hilos para la distribución de planta.
- Mostrar la distribución actual de la planta, así como los desplazamientos que se llevan a cabo dentro de ella.
- Calcular el recorrido de los desplazamientos y compararlo en términos monetarios.
- Proponer una nueva distribución de planta para minimizar recorridos y optimizar espacios.

4.1 Definición y metodologías para la distribución de planta.

Durante la realización de cualquier actividad es necesario llevar a cabo una serie de desplazamientos en la zona de trabajo.

Para analizar los recorridos de los operarios se utiliza una herramienta gráfica llamada diagrama de hilos, que es básicamente un “*plano o modelo a escala en que se sugiere y mide con un hilo el trayecto de los trabajadores, de los materiales o del equipo durante una sucesión determinada de hechos*”. (OIT, 1977)

Para elaborar un diagrama de hilos es necesario hacer un plano a escala de la zona de trabajo, es importante incluir, la maquinaria y los muebles; de igual formas, las instalaciones eléctricas, de gas y agua para un posterior reordenamiento del lugar; además, se deben contemplar todos aquéllos elementos físicos del lugar que interfieran con los recorridos.

Cuando el plano ha sido terminado a una escala correcta, éste se fija a una superficie que pueda ser fácilmente penetrable ya que en cada punto de detención o cambio de dirección del trabajador, se deberá insertar un clavo, tachuela o alfiler dejando un poco más de la cabeza libre.

Después de esto se toma un hilo y se ata al alfiler o clavo insertado que represente el inicio del recorrido, luego se pasa el hilo por los puntos marcados del recorrido en el orden en que se llevan a cabo, hasta plasmar todos los movimientos en el plano.

Al terminar de marcar el recorrido se obtiene el *polígono de movimientos*. Si se observa que algunos trayectos son más transitados o que tienen una mayor carga de hilos se debe considerar el acercar éstos puntos de trabajo.



Es importante mantener una escala correcta del plano, pues al terminar el análisis de los trayectos el hilo debe medirse con el fin de conocer la distancia recorrida por los trabajadores. Si se analizan 2 ó más rutas de operarios en un mismo diagrama, los hilos deberán ser de diferente color para cada una.

Una vez conocida la distancia del recorrido se procede a realizar una nueva distribución de planta, con ayuda de plantillas y alfileres se prueban distintas disposiciones del lugar con el fin de reducir al máximo los recorridos.

Cada que se proponga una distribución diferente a la actual deberá seguirse el trayecto seguido por los trabajadores con un hilo, del inicio al final, y medir el hilo para confirmar la disminución de trayecto. Puede que esta prueba tenga que repetirse en varias ocasiones hasta determinar la distribución más adecuada.

Al elegir la nueva distribución de planta, ésta deberá plasmarse en un nuevo plano, a una escala correcta y marcar los trayectos llevados a cabo en cada proceso, con el fin de facilitar la aceptación de la propuesta por operarios y directivos.

4.2 Consideraciones a evaluar durante la distribución de planta

El análisis de la distribución de planta es un método para evaluar los peligros que pueden presentarse entre los trabajadores y el área donde laboran, y es útil en la implementación de medidas de seguridad en las zonas de trabajo.

Durante el proyecto y diseño del lugar de trabajo se deben tener en cuenta las medidas preventivas aplicables, ya que esto tendrá un costo menor, comparativamente, al que se puede presentar al realizar readaptaciones futuras.

Entre los factores a considerar se encuentran: (Rodellar, 1988)

- Ubicación del establecimiento
 - Examinar los peligros para (y de) las comunidades vecinas.
 - Características atmosféricas, climatológicas y de los asentamientos en el terreno.
 - Tener presentes los peligros derivados de los cauces de ríos, carreteras, vías férreas y aeropuertos.
 - Redes de comunicación y transporte.
 - Imperativos comerciales y de aprovisionamiento.
 - Posibilidad de ampliaciones posteriores y sus implicaciones.



- Enlaces con las vías de comunicación
 - Examen de peligros derivados del tipo de transporte utilizable para materias primas, productos y personas.
 - Separación entre el acceso para vehículos y el acceso peatonal.
 - Diseño de las incorporaciones a las vías públicas por la derecha.
 - Evitar cruces de los vehículos que entran con los que salen.
 - Situar las puertas sobre las vías menos transitadas.

- Movimiento y transporte de productos en el interior de los locales
 - Prever la cantidad de productos y sistema de transporte utilizado en relación con los peligros intrínsecos según cada caso: transporte continuo, intermitente, aparatos o vehículos, intervención humana.
 - Evitar emplazamientos no indispensables de materiales o productos.
 - Separar al máximo los circuitos de productos de los de personas.
 - Reducir al mínimo la longitud de los circuitos.
 - Evitar retrocesos en los circuitos, sobre todo de piezas grandes.
 - Prever almacenes para materia prima, intermedios y producto acabado.

- Distribución de máquinas y puestos de trabajo
 - Utilizar planos de distribución en planta y maquetas.
 - Dotar de espacio suficiente a cada puesto de trabajo.
 - Que no se invadan puestos y zonas de trabajo para acceder al propio.
 - Suministros de materia prima y salida de acabados en forma regulada.
 - Espacio necesario para las operaciones de mantenimiento.
 - Prever las incidencias que tendrán, en cada puesto de trabajo, las condiciones ambientales: ruido, polvo, temperatura, ventilación.

- Instalaciones de energía y servicios
 - Prever los consumos de energía y demanda de servicios en cada punto.
 - Protección del equipo y condiciones contra choques y golpes.
 - Separación entre los diferentes tipos de energías y aislamiento.
 - Evitar interferencias de las conducciones energéticas con las vías de circulación y zonas de trabajo.
 - Disponer los accesos adecuados a las zonas de revisión y control.
 - Señalizar las conducciones de fluidos, accesos a recintos, zonas peligrosas, puntos de control y elementos contra incendio.
 - Ante cualquier instalación nueva prever futuras ampliaciones.

4.3 Distribución actual

A continuación se presenta la distribución actual de la empresa, se ha omitido detallar las zonas de oficina y sanitario pues no se comprenden en el análisis. Véase el punto 1.7 para conocer las acotaciones.

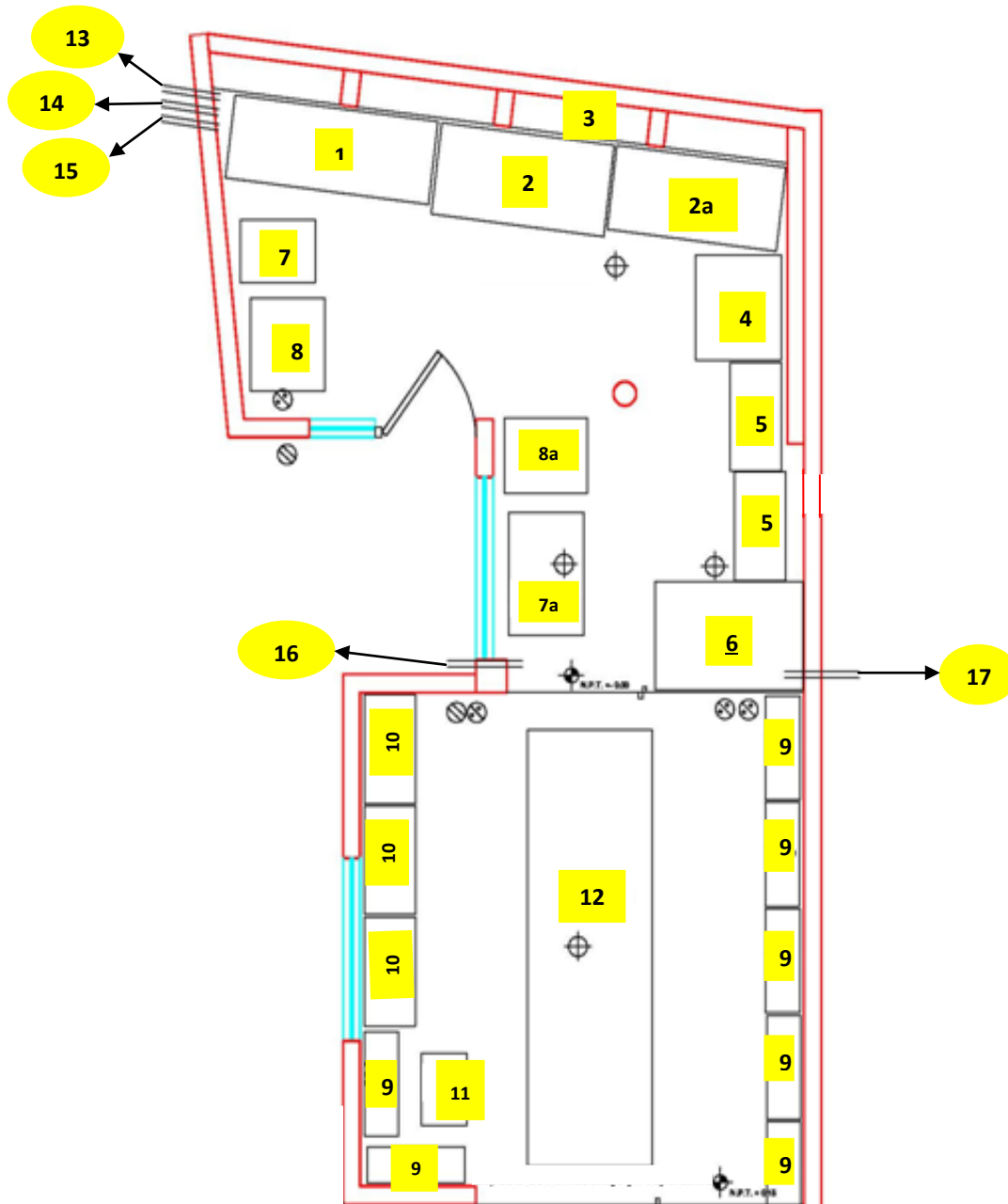


Figura 19. Distribución actual de la empresa

4.4 Desplazamientos dentro de la planta. Diagrama de hilos

En seguida se mostrarán los desplazamientos que realizan los operarios dentro de la planta para la preparación de botanas.

Como se observó en el Capítulo 2, algunos procesos son muy parecidos, por lo que sólo se muestra un recorrido general para éstos casos; para que el diagrama no parezca saturado algunas rutas de procesos se han marcado en diagramas independientes como los siguientes:

- Proceso general de preparación de *ltj*, *fds*, *tg*, *chc*, *mz* y *gbz*
- Proceso de preparación para la *sdg* y el *ccht*
- Proceso para prepara el *pdh* y la *ndi*
- Proceso de preparación de *pss* y *ard*
- Mezcla general de ingredientes y envasado de producto terminado

A continuación se presentan los diagramas para cada caso.

Acotaciones de la Figura 20, actividades realizadas en el proceso general de preparación de *ltj*, *fds*, *tg*, *chc* y *mz*. Indicadas con color morado.

1. Sacar semillas del almacén de materia prima.
2. Llevar las semillas a la mesa de trabajo.
3. Ir por la báscula.
4. Llevar báscula a la mesa de trabajo. Comenzar a pesar la cantidad de semillas a germinar.
5. Ir a la zona de germinado (tarja), comenzar a germinar. Después de tiempo establecido, escurrir (dentro de la tarja).
6. Llevar semilla escurrida a mesa de trabajo.
7. Llevar semillas a tostador. Tostar en forma dosificada. Sacar del tostador las semillas ya enfriadas.
8. Guardar las semillas tostadas en el almacén de producto en proceso.

En el caso del *mz*, éste requiere algunos pasos previos a su germinación, estas actividades se marcan con color rosa en la Figura 20.

- 4a. Ir por olla de presión.
- 4b. Llenar olla de presión con agua de la tarja.
- 4c. Llevar olla a estufa, prender fuego y esperar a que el agua hierva.
- 4d. Ir a mesa de trabajo por el *mz* pesado.
- 4e. Regresar a estufa. Añadir el *mz* a la olla con agua hirviendo, esperar a que llegue a su punto deseado.



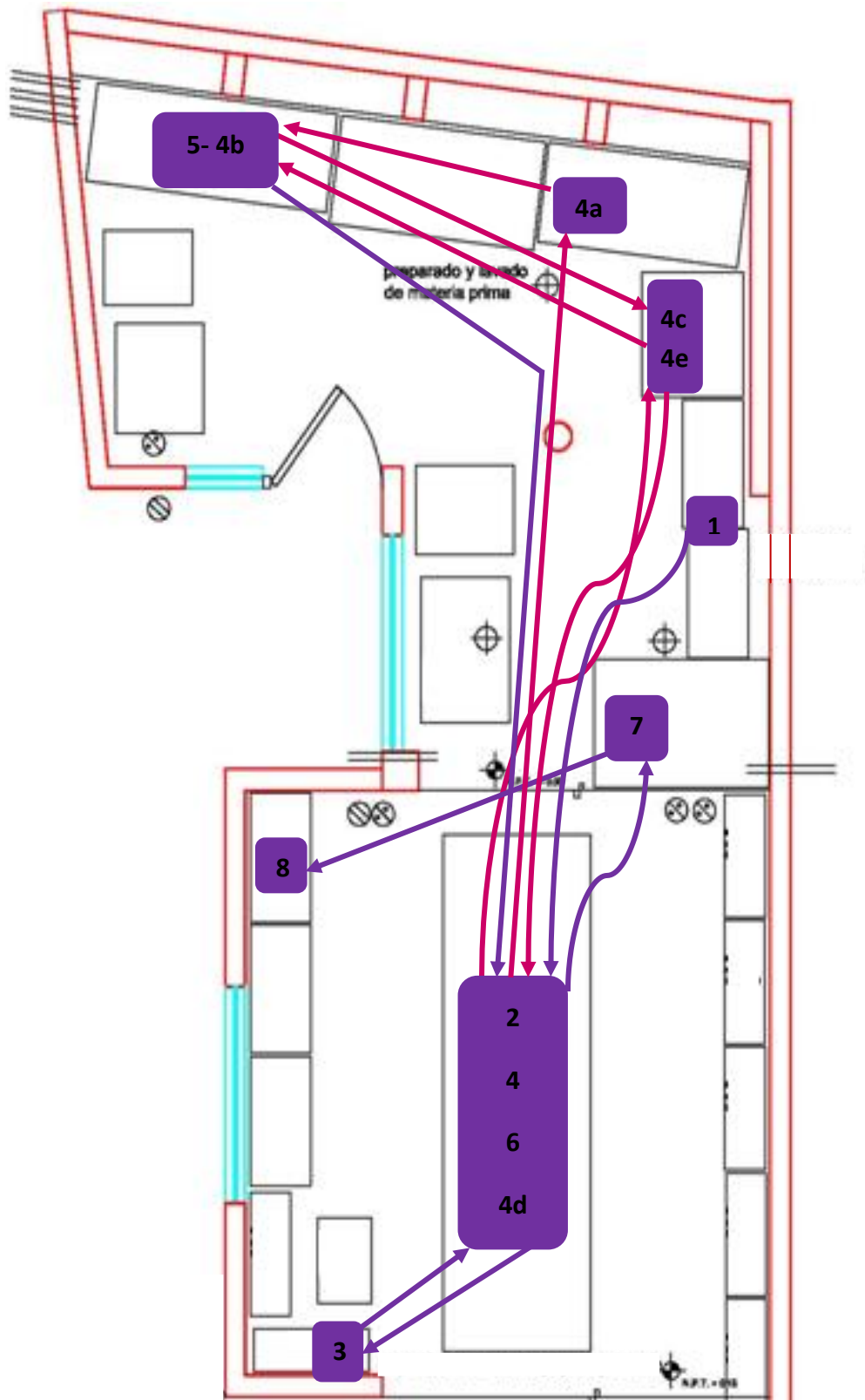


Figura 20. Desplazamientos necesarios para preparar *ltj*, *fds*, *chc*, *mz* y *gbz*

Acotaciones de la Figura 21, actividades realizadas para el proceso de *sdg* y *ccht*. Marcados en el diagrama con color anaranjado.

1. Sacar semillas del almacén de materia prima.
2. Llevar las semillas a la mesa de trabajo.
3. Ir por la báscula.
4. Llevar báscula a la mesa de trabajo. Comenzar a pesar la cantidad de semillas para tostar.
5. Llevar semillas a tostador. Tostar en forma dosificada. Sacar del tostador las semillas ya enfriadas.
6. Guardar las semillas tostadas en el almacén de producto en proceso.

En ésta misma figura se marcan con color verde los traslados necesarios para preparar la *ndi*, el *pdh*, las *pss* y los *ard*. Para éste caso las acotaciones serán las siguientes:

- A. Sacar ingredientes del almacén de materia prima.
- B. Llevar a mesa de trabajo.
- C. Ir por báscula.
- D. Llevar báscula a mesa de trabajo. Pesarse la cantidad requerida. Esperar la preparación de otros ingredientes.
- E. Triturar en partes pequeñas, esperar la preparación de otros ingredientes. **Sólo para el caso del *pdh* y *ndi*.**

Acotaciones para la Figura 22 que muestra las actividades a realizar para mezclar los ingredientes y empacar las botanas. Se indica con color azul.

1. Sacar semillas del almacén de producto en proceso.
2. Pesarse la cantidad deseada. Suponer que la báscula se encuentra sobre la mesa.
3. Ir por condimentos (*sdm*, *scl*, *cp*, *ado*).
4. Poner condimentos en mesa de trabajo. Pesarlos según la cantidad requerida (la báscula se encuentra en la mesa dado que esta es la última etapa del proceso).
5. Mezclar las semillas y los condimentos.
6. Ir por bolsas y etiquetas.
7. Poner bolsas y etiquetas en mesa de trabajo.
8. Llenar las bolsas con la cantidad deseada.
9. Sellar las bolsas.
10. Poner etiqueta.
11. Llevar bolsas llenas, selladas y etiquetadas al almacén de producto terminado.



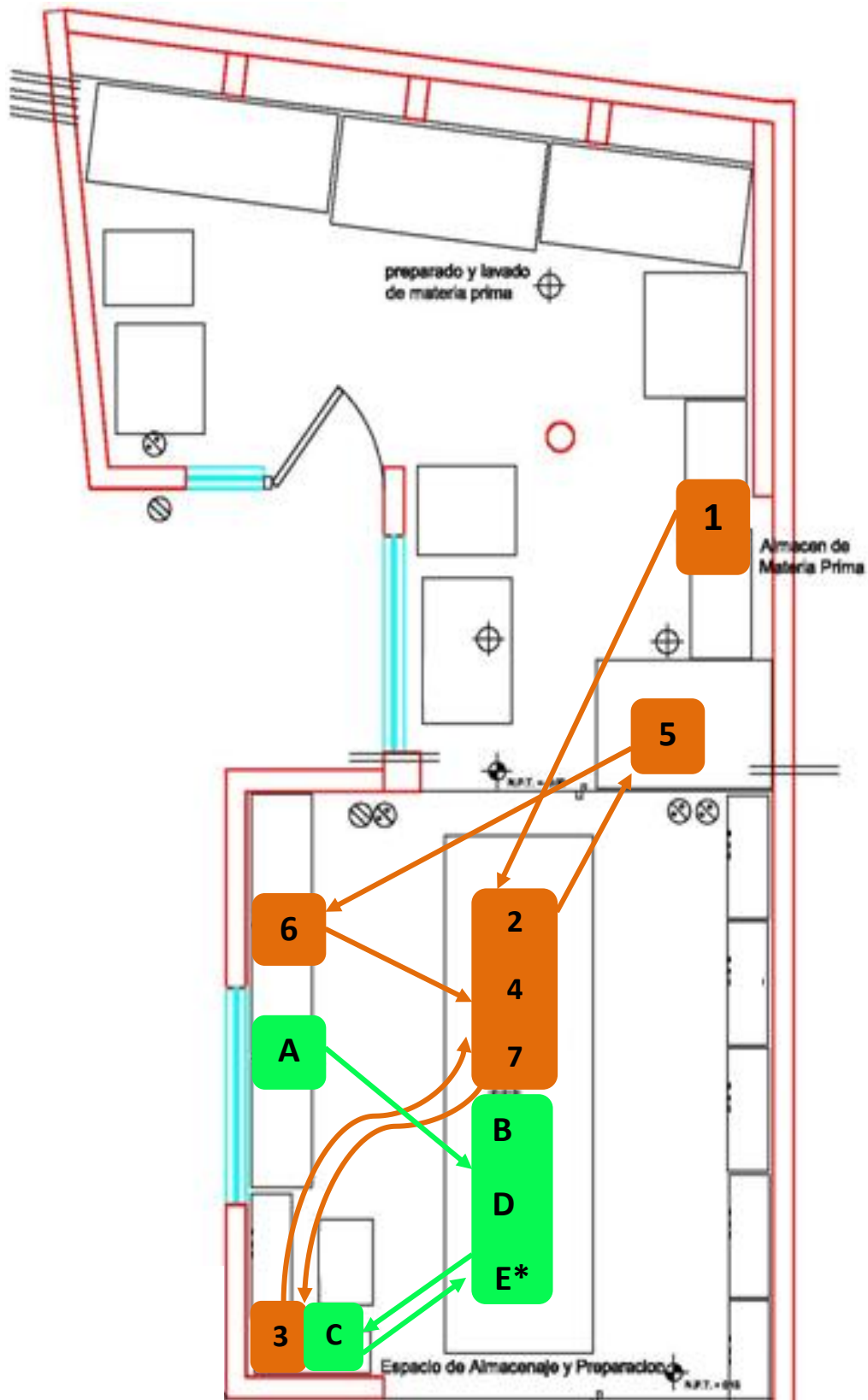


Figura 21. Desplazamientos necesarios para preparar *sdg*, *ccht*, *ndi*, *pss*, *ard* y *pdh*.

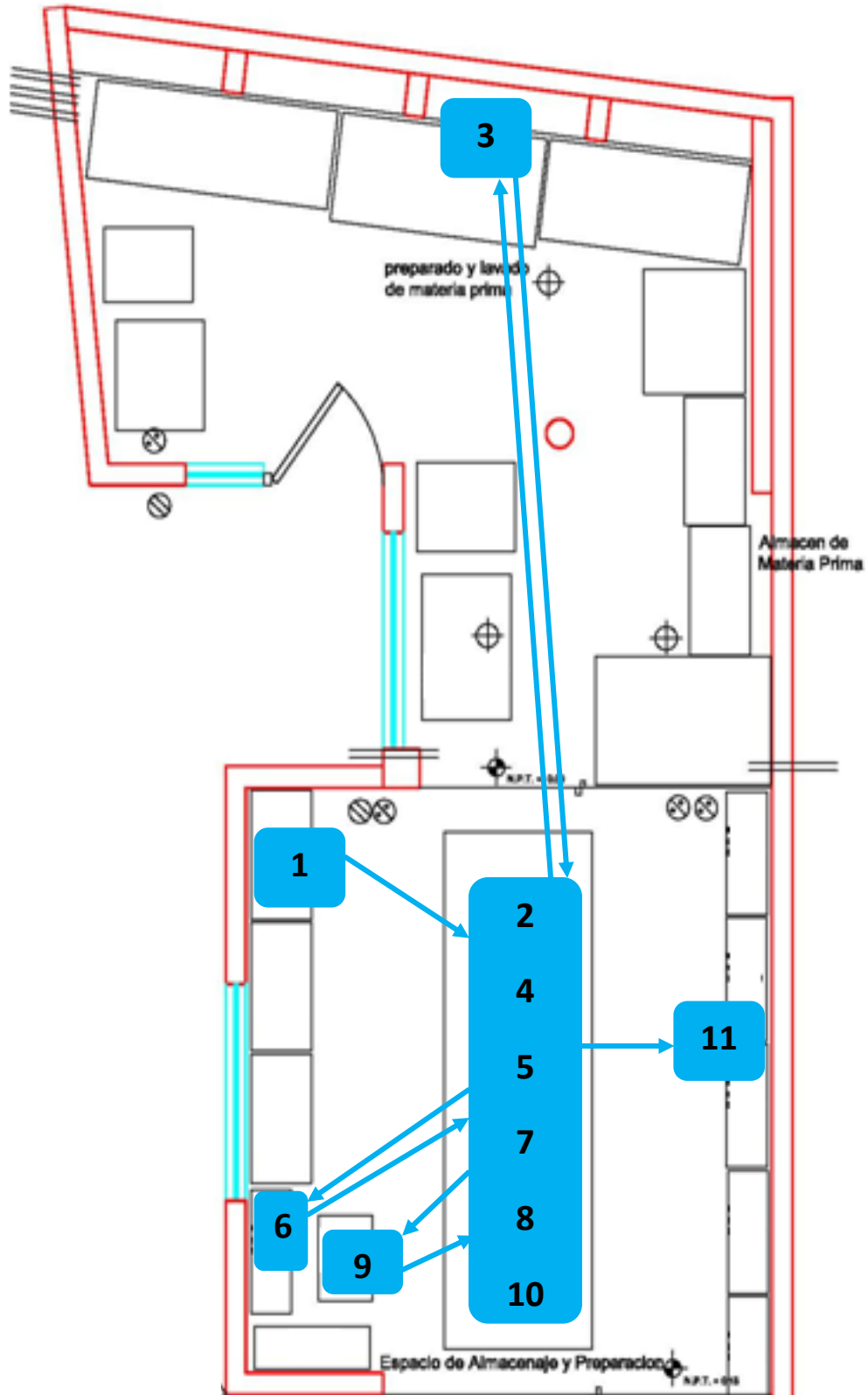


Figura 22. Desplazamientos necesarios para realizar las mezclas de las botanas y empaclarlas

En las Figuras 20 a 22 se representan los desplazamientos que deben seguir los operarios dentro del área de producción, si se marcan éstas mismas trayectorias en la Figura 1 de la situación actual de la empresa, es posible calcular las distancias recorridas en metros.

A continuación se presentan los desplazamientos en metros.

Distancias descritas en la figura 20, color morado		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	4.04
2	3	2.62
3	4	2.62
4	5	6.47
5	6	6.47
6	7	2.52
7	8	3.33
Recorrido (m)		28.07

Cuadro 24. Desplazamiento representado en la Figura 20 (color morado)

Distancias descritas en la figura 20, color rosa		
Inicio	Fin	Distancia (m)
4	4a	5.14
4a	4b	3.62
4b	4c	4
4c	4d	4.2
4d	4e	4.2
Recorrido (m)		21.16

Cuadro 25. Desplazamiento representado en la Figura 20 (color rosa)

Distancias descritas en la figura 21, color anaranjado		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	4.04
2	3	2.62
3	4	2.62
4	5	2.52
5	6	3.33
Recorrido (m)		15.13

Cuadro 26. Desplazamiento representado en la Figura 21 (color anaranjado)

Distancias descritas en la figura 21, color verde		
Inicio	Fin	Distancia (m)
A	B	2.28
B	C	2.62
C	D	2.62
D	E	0
Recorrido (m)		7.52

Cuadro 27. Desplazamiento representado en la Figura 21 (color verde)

Distancias descritas en la figura 22, color azul		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	2.2
2	3	5.62
3	4	5.62
4	5	0
5	6	2.04
6	7	2.04
7	8	0
8	9	1.71
9	10	1.71
10	11	1.9
Recorrido (m)		22.84

Cuadro 28. Desplazamiento total representado en la Figura 22 (color azul)

4.5 Relación entre desplazamiento y salario

Con los datos expresados hasta ahora, es posible calcular el desplazamiento total que un operario realiza al preparar todos los ingredientes.

Para relacionar las trayectorias con el salario del trabajador, será necesario suponer que éste realiza los recorridos por cada ingrediente en un día, esto quiere decir que el recorrido indicado en el Cuadro 24 deberá ser multiplicado 5; ya que cinco es el número de ingredientes que demandan éste desplazamiento (*ltj*, *fds*, *tg*, *chc* y *mz*).

El recorrido total del Cuadro 25 no será multiplicado, pues al referirse sólo al procesamiento previo del *mz*, es igual que multiplicar por la unidad.

Dado que el recorrido del Cuadro 26 se refiere a la *sdg* y al *ccht*, éste resultado se multiplicará por 2.

Para los ingredientes que no requieren tostado, el recorrido del Cuadro 27 se multiplicará por 4 (*ndi*, *pdh*, *pss* y *ard*).

Por último, se hace la suposición que el recorrido indicado en el Cuadro 28 se realiza una sola vez pues los ingredientes se encuentran listos en la mesa de trabajo.

Para comprender mejor lo antes descrito, (Ver Cuadro 29).

Recorrido (m)	Número de ingredientes	Recorrido por actividad (m)
28.07	5	140.35
21.16	1	21.16
15.13	2	30.26
7.52	4	30.08
22.84	1	22.84
Recorrido total para preparar todos los ingredientes (m)		244.69

Cuadro 29. Recorrido total para preparar todos los ingredientes



La tabla anterior indica que para realizar todas las actividades del proceso para cada ingrediente se debe realizar un desplazamiento total de 244.69 metros.

Si este desplazamiento se realiza en un día de trabajo de 8 horas, esto quiere decir que en una hora se debe caminar 30.58 metros.

Por otro lado, si se sabe que el salario quincenal de un operario es de \$1,300; se calcula que el pago por un día de trabajo de 8 horas asciende a \$ 86.66, con lo que se concluye que en una hora de trabajo el operario gana \$ 10.83.

4.6 Propuesta de redistribución de planta y análisis de desplazamientos.

Después de analizar los diagramas de hilos de cada recorrido, se encontró una propuesta de mejora para la distribución de planta; la cual se muestra en la figura siguiente. Se puede observar la introducción de 2 mesas de pesado fijo. La mesa “**a**” posee una báscula de alta capacidad (mayor a 2 Kg), y la mesa “**b**” una báscula de baja capacidad o báscula actual.

Cabe señalar que los puntos de inicio y fin de los desplazamientos mostrados en los diagramas de hilos de éste capítulo son representativos. La medición de los trayectos totales se realizó en base a la escala de la Figura 1 para la situación actual y la distribución propuesta; los puntos en los que las actividades de ejecutan se supusieron en el centroide de los muebles o maquinaria.

Las acotaciones del Lay out de la Figura 23 pueden ser consultadas en el Cuadro 1; sin embargo, debido a que los condimentos se cambiaron de lugar, la Acotación 3 representa sólo los condimentos y no la repisa en donde se guardaban.

De igual manera, la Figura 23 no detalla la zona de oficina ni el sanitario pues no se tomaron en cuenta para el análisis.



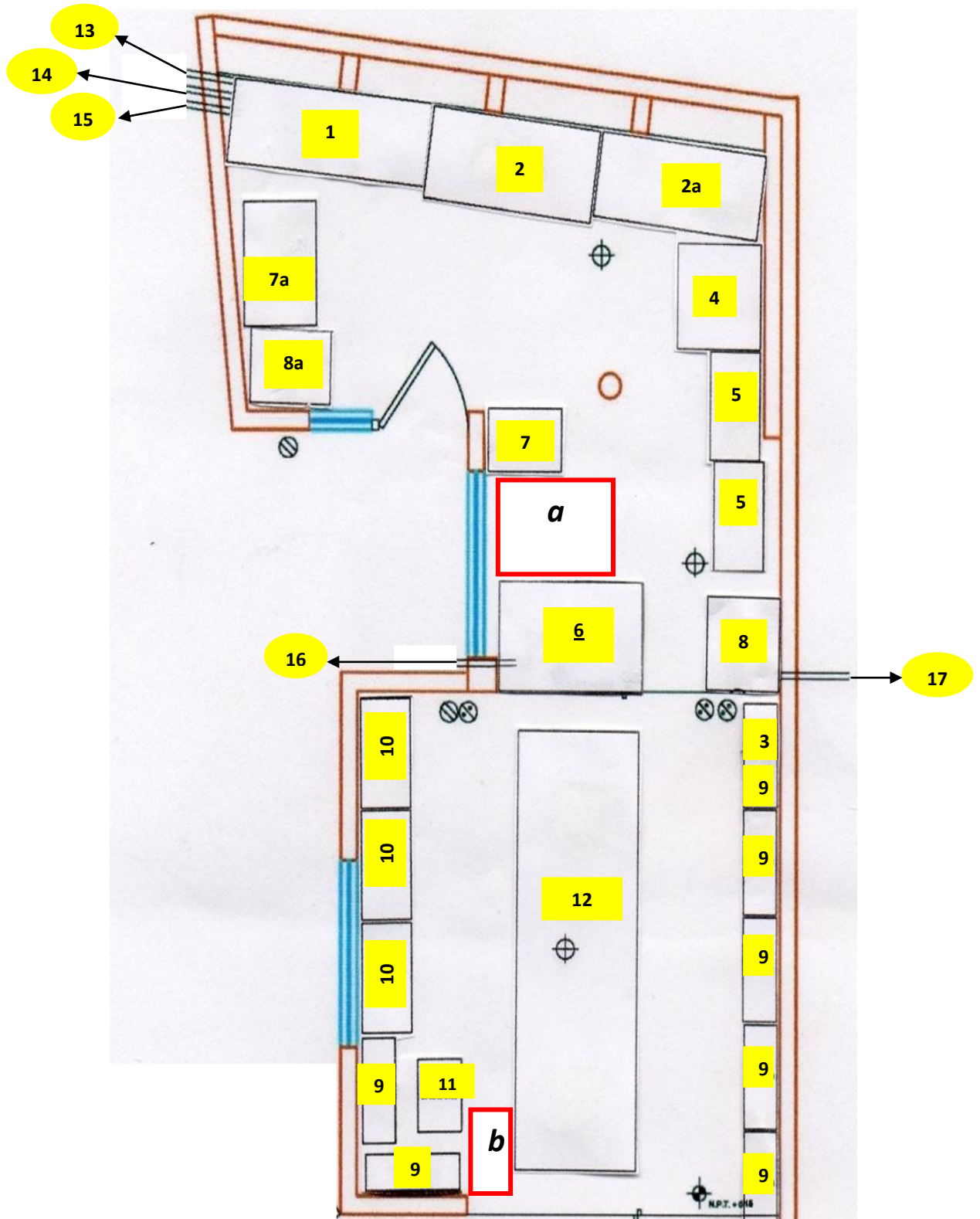


Figura 23. Propuesta de redistribución de planta

Ahora se procede a la realización de los diagramas de hilos para cada desplazamiento. Se utilizarán los mismos colores de los diagramas anteriores para seguir la secuencia de las mejoras.

Recorrido de la Figura 24, color morado. Preparación de semillas tostadas (*mz*, *chc*, *fds*, *ltj* y *tg*).

1. Sacar semillas del almacén de materia prima
2. Llevar semillas a área de pesado de gran capacidad. Pesar cantidad a germinar.
3. Ir a la tarja, empezar a germinar. Esperar tiempo de germinado y escurrir.
4. Llevar semillas a tostador. Tostar.
5. Almacenar semillas tostadas como producto en proceso

Recorrido de la Figura 24, color rosa. Pasos previos a la preparación del *mz*.

2. Llevar semillas a área de pesado. Pesar cantidad a germinar.
 - 2a. Ir por olla
 - 2b. Llevar olla a tarja. Llenar de agua.
 - 2c. Llevar olla con agua a estufa, prender el fuego.
 - 2d. Ir a área de pesado por el *mz*
 - 2e. Llevar *mz* a estufa, cocer.

Recorrido de la Figura 25, color anaranjado. Preparación del *ccht* y *sdg*.

1. Sacar semillas del almacén de materia prima.
2. Llevar semillas a área de pesado de gran capacidad. Pesar cantidad a tostar.
3. Llevar semillas al tostador. Tostar.
4. Llevar semillas tostadas al almacén de producto en proceso.

Recorrido de la Figura 25, color verde. Preparación de *ndi*, *pdh*, *pss* y *ard*.

- A. Sacar semillas del almacén de materia prima.
- B. Llevar a báscula de baja capacidad. Pesar cantidad necesaria para la botana.
- C. Llevar a mesa de trabajo para mezclar. Triturar el *pdh* y la *ndi*.

Recorrido de la Figura 26, color azul. Proceso de empaque.

1. Sacar semillas del almacén de producto en proceso.
2. Pesar semillas en el área de pesado de baja capacidad.
3. Ir por condimentos.
4. Pesar los condimentos en la báscula de baja capacidad.
5. Mezclar semillas y condimentos. Hacer la botana.
6. Ir por bolsas de empaque y etiquetas.
7. Llevar bolsas y etiquetas a mesa de trabajo.
8. Llenar bolsas con ayuda de la báscula de baja capacidad.
9. Sellar bolsas.
10. Etiquetar bolsas.
11. Llevar bolsas al almacén de producto terminado.



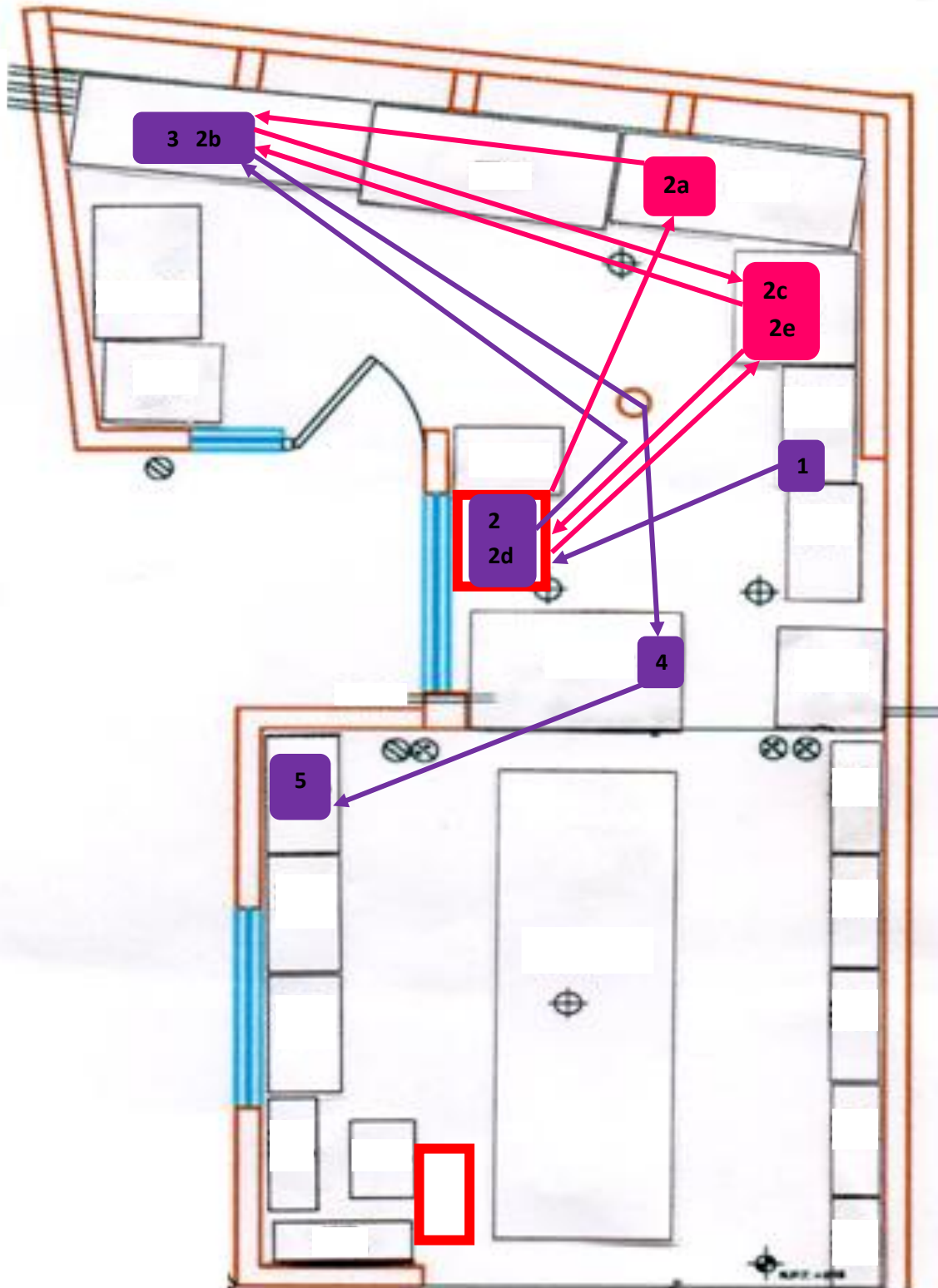


Figura 24. Desplazamientos necesarios para preparar *ltj*, *fds*, *chc*, *mz* y *gbz*. Nueva distribución

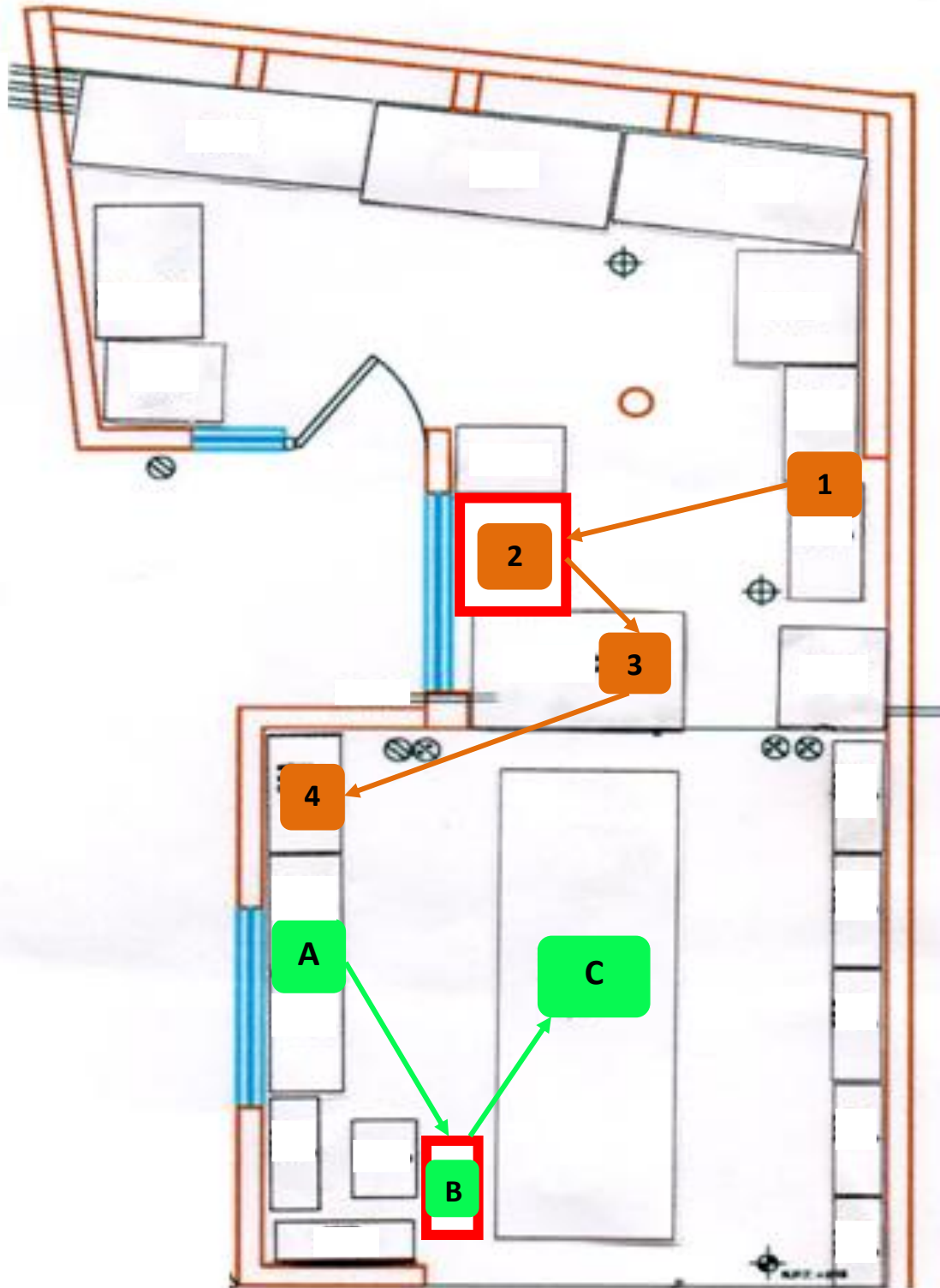


Figura 25. Desplazamientos necesarios para preparar *sdg*, *ccht*, *ndi*, *pss*, *ard* y *pdh*. Nueva distribución

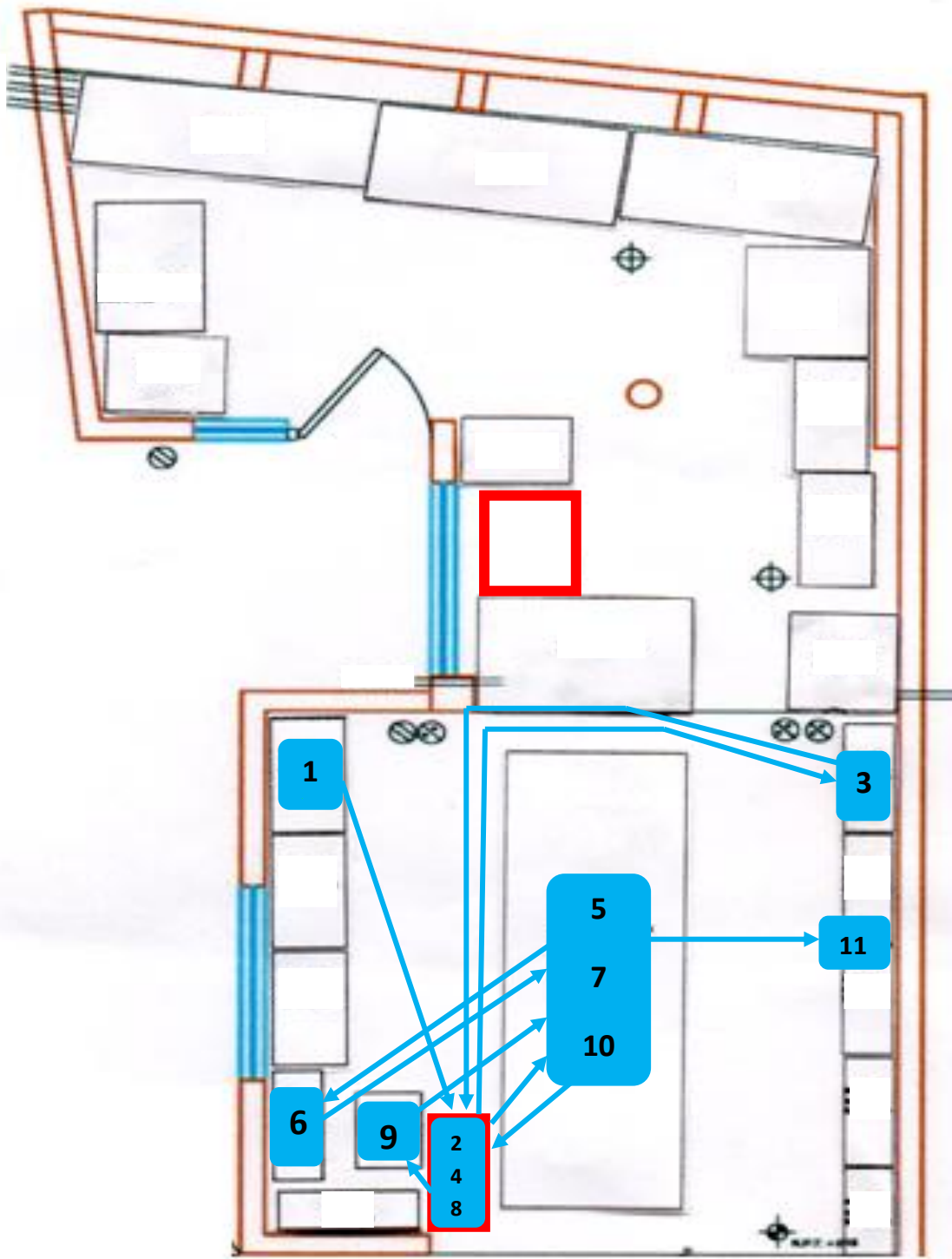


Figura 26. Desplazamientos necesarios para realizar las mezclas de las botanas y empacar. Nueva distribución.

Después de realizar los diagramas de hilos de la propuesta de la distribución de planta, se indica la distancia en metros que el operario deberá recorrer. Los cálculos se obtuvieron de manera semejante a los del punto 4.4 y en base a la escala de la Figura 1.

Distancias descritas en la figura 24, color morado		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	1.86
2	3	4.29
3	4	4.76
4	5	1.81
Recorrido (m)		12.71

Cuadro 30. Desplazamiento representado en la Figura 24 (color morado)

Distancias descritas en la figura 24, color rosa		
Inicio	Fin	Distancia (m)
2	2a	2.62
2a	2b	3.33
2b	2c	3.76
2c	2d	2.19
2d	2e	2.19
Recorrido (m)		14.10

Cuadro 31. Desplazamiento representado en la Figura 24 (color rosa)

Distancias descritas en la figura 25, color anaranjado		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	1.86
2	3	0.76
3	4	1.86
Recorrido (m)		4.48

Cuadro 32. Desplazamiento representado en la Figura 25 (color anaranjado)



Distancias descritas en la figura 25, color verde		
Inicio	Fin	Distancia (m)
A	B	3.60
B	C	3.00
Recorrido (m)		6.60

Cuadro 33. Desplazamiento representado en la Figura 25 (color verde)

Distancias descritas en la figura 26, color azul		
Inicio	Fin	Distancia (m)
1	2	2.71
2	3	5.48
3	4	5.48
4	5	1.38
5	6	2.05
6	7	2.05
7	8	0.00
8	9	1.71
9	10	1.71
10	11	1.90
Recorrido (m)		24.48

Cuadro 34. Desplazamiento representado en la Figura 26 (color azul)

4.7 Análisis de la distribución de planta propuesta

Como se realizó en el punto 4.5, se procede a comparar la distancia recorrida por el operario al realizar todas las actividades del proceso para la preparación de las botanas tostadas.

En el Cuadro 35 se resumen las distancias que demanda cada actividad; el número de ingredientes se deberá multiplicar por dichas distancias, y la suma de cada elemento dará como resultado el desplazamiento total a recorrer.

Recorrido (m)	Número de ingredientes	Recorrido por actividad (m)
12.71	5	63.57
14.10	1	14.10
4.48	2	8.95
6.60	4	26.40
24.48	1	24.48
Recorrido total para preparar todos los ingredientes (m)		137.50

Cuadro 35. Recorrido total para preparar todos los ingredientes. Nueva distribución

Con lo anterior, se deduce que con la distribución propuesta el recorrido para realizar todas las actividades por ingrediente es de 137.5 metros. Con esta mejora se logra **disminuir el desplazamiento en 107.19 metros, equivalente al 56.2 % de la distancia recorrida inicial.**

Gracias a esto, el tiempo que se ocupaba en trasladarse, ahora podrá ser aprovechado en incrementar la productividad de la empresa, lo que significa que el operario podrá dedicarse a realizar más operaciones del proceso. Se espera que al disminuir el total de desplazamiento, la fatiga del trabajador disminuya.



4.8 Conclusiones del capítulo

Como se explica en el interior del capítulo, se logró disminuir en más del 50 % la cantidad de desplazamiento que un operario recorre diariamente. Para lograr estas mejoras se reordenó la planta; primero se decidió cambiar el tostador de lugar (justo enfrente) para que el recorrido fuera menor, además en el lugar donde se colocó comienza la tubería de gas y se encuentra una ventana que servirá como ventilación.

En el antiguo lugar del tostador se colocó el refrigerador (Acotación 8) que estaba cerca de la tarja, y el refrigerador (Acotación 8a) frente al tostador se adecuó junto a la entrada de la cocina para aprovechar el contacto de luz; al lado de éste se instaló el carro de charolas doble (Acotación 7a) que estaba inicialmente frente al tostador. Finalmente, el carro de charolas simple (Acotación 7) se instaló junto a la puerta de entrada a la cocina.

Se cambiaron de lugar los condimentos, dentro del estante donde se guarda el chocolate (Acotación 9), por lo que en el Lay out de la distribución de planta, la Acotación 3 sólo representa los condimentos más no la repisa.

Se hace la sugerencia de colocar dos estaciones de pesado fijas en la planta, una estación de pesado de alta capacidad (Acotación a), entre el tostador y el carro de charolas simple; y otra de baja capacidad (Acotación b), junto a la selladora.

Si se llevan a cabo éstas modificaciones se concluye que se disminuye en 56.2 % el desplazamiento que se debe realizar para cubrir todas las actividades.

Se espera que las mejoras sugeridas en este capítulo sean llevadas a cabo, ya que la planta en donde se localiza la empresa puede modificarse fácilmente.

Las propuestas se realizaron tomando en cuenta la toma de gas y agua; y aprovechando la cercanía de los contactos de luz.

Cabe señalar que cada vez que se adquiera nueva maquinaria o se deseche algún mueble que sea utilizado en el proceso, el análisis de distribución de planta deberá realizarse nuevamente y por completo.

