

# INGENIERIA INDUSTRIAL

- INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE PLANTAS -



## AUTORES

GUILHERMO AUGUSTO BOCANGEL WEYDERT

CESAR WILFREDO ROSAS ECHEVARRIA

GUILHERMO AUGUSTO BOCANGEL MARIN

Huánuco - 2021



GUILDERMO AUGUSTO BOCANGEL WEYDERT  
CESAR WILFREDO ROSAS ECHEVARRIA  
GUILDERMO AUGUSTO BOCANGEL MARIN

# INGENIERIA INDUSTRIAL

-INTRODUCCION AL DISEÑO DE PLANTAS-



Editor

CESAR WILFREDO ROSAS ECHEVARRIA

# INGENIERÍA INDUSTRIAL

## INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE PLANTAS

### **Autores**

© **BOCÁNGEL WEYDERT**, Guillermo Augusto

© **ROSAS ECHEVARÍA**, César Wilfredo

© **BOCÁNGEL MARIN**, Guillermo Augusto

**Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N°: 2021-10312**

**Primera Edición Digital:** Agosto, 2021

### **Publicación disponible en:**

<https://www.unheval.edu.pe/useybt/>

### **Editado por:**

**ROSAS ECHEVARÍA**, César Wilfredo

**Dirección:** Jr. General Prado 1089  
Huánuco – Huánuco – Huánuco  
Perú

**ISBN: 978-612-00-6732-1**

Derechos Reservados. Prohibida la reproducción de este Libro Virtual por cualquier medio total o parcial, sin permiso expreso de los autores.

ISBN: 978-612-00-6732-1



# Contenido

1.	<i>Introducción al diseño de plantas industriales</i> .....	18
1.1.	Conceptualización de términos básicos.....	19
1.1.1.	Distribución de planta .....	19
1.1.2.	Líneas de producción.....	19
1.1.3.	Localización .....	19
1.1.4.	Maquinaria.....	19
1.1.5.	Utillaje y equipo .....	19
1.1.6.	Utilización de maquinaria.....	20
1.1.7.	Capacidad de planta.....	20
1.1.8.	Disposición por componente principal fijo .....	20
1.1.9.	Disposición por producto o en línea.....	20
1.1.10.	Distribución por proceso.....	20
1.1.11.	Disposición de áreas .....	20
1.1.12.	Disposición de recorrido.....	21
1.1.13.	Métodos para calcular espacio .....	21
1.1.14.	Traslado de planta.....	21
1.1.15.	Reordenación de planta.....	21
2.	<i>Tipos de distribución de planta</i> .....	22
2.1.	Ubicación Fija .....	23
2.1.1.	Ejemplos de distribución de planta por ubicación fija .....	25
2.2.	Fabricación por Procesos .....	27
2.2.1.	Análisis de la Distribución por Proceso.....	28
2.2.2.	Ventajas de la Distribución por Proceso.....	36
2.2.3.	Desventajas de la Distribución por Proceso .....	36
2.2.4.	Ejercicio de la Distribución por Proceso .....	37
2.3.	Línea de Producción .....	39
2.3.1.	Ventajas de la Distribución en Línea de Producción .....	40
2.3.2.	Desventajas de la Distribución en Línea de Producción .....	41
2.3.3.	Utilización de la Distribución en Línea de Producción .....	41
2.3.4.	Ejercicio de Línea de Producción .....	41
3.	<i>Tamaño de planta</i> .....	43
3.1.	Conceptos claves .....	44
3.1.1.	Estimación del tamaño viable de planta .....	44
3.1.2.	Factores del tamaño de la planta.....	44
3.1.3.	Metodología para determinar el tamaño de planta .....	46
3.1.4.	Selección del tamaño de planta.....	48
3.1.5.	Capacidad de producción.....	48
3.1.6.	Costo de inversión y de producción.....	49

3.2.	Ejercicios aplicativos .....	50
3.2.1.	Ejemplo 1 .....	50
3.2.2.	Ejemplo 2 .....	51
4.	<i>Localización de plantas</i> .....	53
4.1.	Definición .....	53
4.2.	Causas De Los Problemas Relacionados Con La Localización.....	53
4.3.	Ubicaciones posibles .....	54
4.4.	Análisis de los factores de localización.....	54
4.4.1.	Proximidad A Las Materias Primas .....	55
4.4.2.	Cercanía Al Mercado .....	55
4.4.3.	Disponibilidad De Mano De Obra .....	55
4.4.4.	Abastecimiento De Energía .....	55
4.4.5.	Abastecimiento De Agua .....	56
4.4.6.	Servicios De Transporte.....	56
4.4.7.	Terrenos .....	57
4.4.8.	Clima .....	57
4.4.9.	Eliminación de desechos.....	57
4.4.10.	Reglamentos fiscales y legales .....	57
4.5.	Niveles De Localización.....	58
4.6.	Fases de análisis de localización .....	59
4.6.1.	Análisis preliminar .....	59
4.6.2.	Búsqueda de alternativas de localización .....	59
4.6.3.	Evaluación de alternativas .....	60
4.6.4.	Selección de localización.....	60
4.7.	Método De Evaluación De Localización .....	60
4.7.1.	Métodos cualitativos de evaluación .....	60
4.7.2.	Métodos semicuantitativos de evaluación .....	61
4.7.3.	Métodos cuantitativos de evaluación.....	63
4.7.4.	Usando el concepto de punto de equilibrio.....	66
4.8.	Decisiones Finales Para La Localización .....	67
4.9.	Ejercicio.....	68
5.	<i>Planeamiento Sistemático para la Disposición de Planta</i> .....	69
5.1.	Desarrollo del planeamiento sistemático.....	69
5.2.	Elementos base del problema de Planeamiento Sistémico .....	70
5.3.	Fases o Etapas del Planeamiento .....	71
5.4.	Herramientas del planeamiento sistemático .....	72
6.	<i>Factores de Disposición de Planta</i> .....	80
6.1.	Factor Material .....	80
6.1.1.	Elementos del factor material .....	81
6.1.2.	Consideraciones .....	81
6.1.3.	Análisis PQ .....	85

6.2.	Factor Maquinaria.....	93
6.2.1.	Las características del equipo. ....	93
6.2.2.	Los elementos. ....	93
6.2.3.	Métodos de producción.....	94
6.2.4.	Requerimientos dimensionales. ....	94
6.2.5.	Requerimientos durante el proceso.....	94
6.2.6.	Determinación del número de máquinas .....	95
6.3.	Factor Hombre.....	103
6.3.1.	Elementos.....	103
6.3.2.	Consideraciones del Factor Hombre.....	103
6.3.3.	Requerimientos de la mano de obra.....	109
6.3.4.	Utilización del trabajo.....	110
7.	<i>Técnicas para el cálculo de rendimiento de áreas</i> .....	111
7.1.	Método Guerchet.....	111
7.1.1.	Ejemplo aplicativo .....	112
8.	<i>Distribución General</i> .....	114
8.1.	Tabla Relacional.....	114
8.1.1.	Esquema de Tabla relacional .....	116
8.2.	Diagrama Relacional de Espacios.....	119
8.2.1.	Ejemplo de aplicación DRP .....	120
8.3.	Disposición Ideal .....	121
9.	<i>Distribución de Detalle</i> .....	124
9.1.	Método De Análisis De Recorrido.....	126
9.1.1.	Ejercicio .....	126
9.1.2.	Solución .....	127
9.2.	Diagrama De Multiproducto .....	129
9.2.1.	Ejercicio .....	130
9.2.2.	Solución .....	131
9.3.	Método De Enfoque Grafico Simple.....	132
9.3.1.	Ejercicio .....	132
9.3.2.	Solución .....	133
9.4.	Método de la tabla matricial .....	134
9.4.1.	Pasos para la construcción de la tabla matricial .....	134
9.4.2.	Modificación de la tabla matricial .....	134
10.	<i>Factor movimiento</i> .....	135
10.1.	Principio de manejo de materiales .....	135
10.2.	Análisis de los métodos de manejo .....	137
10.3.	Unidad de carga.....	138
10.3.1.	Según el volumen o las dimensiones de la mercancía.....	138
10.3.2.	Según el peso .....	138
10.3.3.	Según la forma de apilarse.....	139
10.3.4.	Según el lote.....	139

10.3.5. Según la fragilidad: .....	139
10.4. Selección del equipo de acarreo .....	140
10.5. Equipo de trayectoria fija .....	141
10.5.1. Transportadores simples .....	141
10.5.2. Transportadores con cadena .....	142
10.5.3. Grúas .....	142
10.5.4. Elevadores .....	143
10.5.5. Transportadores especiales .....	143
10.6. Equipo de trayectoria móvil .....	143
11. <i>Factor Edificio</i> .....	145
11.1. Elementos que Intervienen en la Distribución .....	146
11.1.1. Edificios especiales o de uso general .....	146
11.1.2. Edificio de uno o varios pisos .....	147
11.1.3. Forma del edificio .....	147
11.1.4. Sótanos o altillos .....	148
11.1.5. Suelos .....	148
11.1.6. Cubiertas y techos .....	149
11.1.7. Paredes y columnas .....	149
12. <i>Factor Espera</i> .....	150
12.1. Situación .....	150
12.2. Espacio para cada punto de espera .....	151
12.3. Método de almacenaje .....	151
12.4. Precauciones y equipo para el material en espera .....	152
12.5. Objetivos de un buen equipo de almacenamiento .....	152
13. <i>Factor servicio</i> .....	153
13.1. Servicios relativos al personal .....	153
13.1.1. Servicios de alimentación .....	154
13.1.2. Iluminación .....	154
13.1.3. Ventilación .....	155
13.2. Servicios relativos al material .....	156
13.2.1. Control de calidad .....	156
13.2.2. Laboratorios para planta .....	156
13.3. Servicios relativos a la maquinaria .....	157
13.3.1. Instalación eléctrica .....	157
13.3.2. Sala de calderas .....	157
13.3.3. Depósitos de herramientas .....	158
13.3.4. Protección contra incendios .....	158
13.3.5. Sectorización de incendios .....	159
13.3.6. Sistemas de detección y alarma .....	159
13.3.7. Señalización de seguridad .....	160
13.3.8. Ambiente de calidad en el trabajo .....	160



14. Evaluación de alternativas de disposición de plantas .....	161
14.1. Relación De Ventajas Y Desventajas .....	161
14.1.1. Ejemplo aplicativo .....	162
14.1.2. Solución del ejercicio.....	162
14.1.3. Conclusión .....	163
14.2. Evaluación De Ahorros Y Gastos .....	164
14.2.1. Ejemplo aplicativo .....	164
14.2.2. Solución del ejercicio.....	164
14.2.3. Conclusión .....	166
14.3. Análisis De Factores .....	166
14.3.1. Ejemplo aplicativo .....	168
14.4. Comparación De Costos .....	168
14.4.1. Ejemplo aplicativo .....	169
14.4.2. Solución .....	171
15. Implementación de la propuesta elegida .....	171
15.1. Generalidades .....	171
15.1.1. Planificación De La Instalación.....	171
15.1.2. Construcción y cambios en la estructura del edificio .....	173
15.1.3. Preparación .....	176
15.1.4. Traslado e instalación .....	176
15.1.5. Puesta en marcha.....	177

## Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i>	<i>Estructura de la Distribución por Posición Fija .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2.</i>	<i>Ensamble de Avión de Combate Surcoreano –Ubicación Fija.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.</i>	<i>Ensamblaje de Bloques del LHD Juan Carlos I – Ubicación Fija .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4.</i>	<i>Montaje del Rotor de Horns Rev 2.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5.</i>	<i>Montaje de Torres que sostienen los rotores del Horns Rev2 .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6.</i>	<i>Esquema de Distribución en Planta por Proceso.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 7.</i>	<i>Prioridad de Cercanía y Códigos .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8.</i>	<i>Gráfico de Interrelaciones .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 9.</i>	<i>Gráfica con Prioridades de Cercanía – Primera Iteración.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 10.</i>	<i>Segunda Iteración de la Gráfica con Cercanías.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11.</i>	<i>Referente a Distribución por Proceso .....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 12.</i>	<i>Referente a Línea de Producción.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13.</i>	<i>Secuencia del Proceso de Manufactura del Papel.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14.</i>	<i>Diagrama de Precedencia - Elaboración Propia .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 15.</i>	<i>Viabilidad de planta.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16.</i>	<i>Tamaño de planta.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 17.</i>	<i>Factores determinantes.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18.</i>	<i>Metodología .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19.</i>	<i>Tamaños intermedios .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20.</i>	<i>Relación tamaño - inversión .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21.</i>	<i>Formula.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 22.</i>	<i>Capacidad .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23.</i>	<i>Niveles de la capacidad de producción .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24.</i>	<i>Planteamiento del ejercicio.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 25.</i>	<i>Datos del ejercicio .....</i>	<i>51</i>

<i>Figura 26.</i>	<i>Factores De Localización</i> .....	58
<i>Figura 27.</i>	<i>Método del centro de gravedad</i> .....	64
<i>Figura 28.</i>	<i>Evaluación e transporte</i> .....	65
<i>Figura 29.</i>	<i>Niveles De Demanda</i> .....	67
<i>Figura 30.</i>	<i>Niveles de la Planeación Sistémica de distribución de planta.</i> .....	70
<i>Figura 31.</i>	<i>Elementos base del problema del Planeamiento Sistémico</i> .....	71
<i>Figura 32.</i>	<i>Etapas del Planeamiento</i> .....	72
<i>Figura 33.</i>	<i>Balance de línea</i> .....	73
<i>Figura 34.</i>	<i>Gráfico P – Q</i> .....	73
<i>Figura 35.</i>	<i>Matriz de trayectoria</i> .....	74
<i>Figura 36.</i>	<i>Tabla relacional de actividades</i> .....	74
<i>Figura 37.</i>	<i>Diagrama Relacional de Espacios</i> .....	75
<i>Figura 38.</i>	<i>Diagrama de Operaciones (DOP) - Tipo Hombre</i> .....	75
<i>Figura 39.</i>	<i>Diagrama de Operaciones (DOP) - Tipo Hombre</i> .....	76
<i>Figura 40.</i>	<i>Diagrama de análisis de procesos (DAP) – Tipo Hombre</i> .....	76
<i>Figura 41.</i>	<i>Diagrama de análisis de procesos (DAP) – Tipo Máquina</i> .....	77
<i>Figura 42.</i>	<i>Diagrama de análisis de procesos (DAP)</i> .....	77
<i>Figura 43.</i>	<i>Hoja de verificación de factores</i> .....	78
<i>Figura 44.</i>	<i>Diagrama Multiproducto</i> .....	78
<i>Figura 45.</i>	<i>Diagrama de Disposición Ideal</i> .....	79
<i>Figura 46.</i>	<i>Diagrama de recorrido</i> .....	79
<i>Figura 47.</i>	<i>Materiales en planta de producción</i> .....	80
<i>Figura 48.</i>	<i>Diseño de un Perno Estructural Cabeza Hexagonal ASTM A-325</i> .....	82
<i>Figura 49.</i>	<i>Características Físicas del producto</i> .....	83
<i>Figura 50.</i>	<i>Diagrama de operaciones de la producción</i> .....	84
<i>Figura 51.</i>	<i>Diversidad de Pernos</i> .....	85

<i>Figura 52.</i>	<i>Diagrama análisis P-Q.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 53.</i>	<i>Gráfico P – Q de la empresa ENVASA S.R.L. ....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 54.</i>	<i>Análisis ABC.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 55.</i>	<i>Diagrama de Pareto.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 56.</i>	<i>Características técnicas de maquinaria.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 57.</i>	<i>Esquema del problema.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 58.</i>	<i>Demanda mensual y porcentaje de defectuosos.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 59.</i>	<i>Ergonomía en el trabajo.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 60.</i>	<i>Ergonomía en el trabajo.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 61.</i>	<i>Contaminación en el trabajo.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 62.</i>	<i>Ruido en el trabajo.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 63.</i>	<i>Instalaciones libres de obstáculos.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 64.</i>	<i>Señalización adecuada de las áreas de trabajo.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 65.</i>	<i>Riesgos de exposición a zonas peligrosas.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 66.</i>	<i>Materiales ordenados.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 67.</i>	<i>Número de trabajadores.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 68.</i>	<i>Diagrama Hombre-Máquina.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 69.</i>	<i>Cálculo de superficies de la distribución.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 70.</i>	<i>Representación.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 71.</i>	<i>Tabla relacional.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 72.</i>	<i>Diagrama relacional de espacios.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 73.</i>	<i>Disposición Ideal.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 74.</i>	<i>Disposición ideal de una planta productora de jabones.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 75.</i>	<i>Disposición ideal de una planta productora de papas fritas.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 76.</i>	<i>Disposición ideal de una planta productora de quesos.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 77.</i>	<i>Ejemplo de una distribución a detalle de una planta industrial.....</i>	<i>125</i>

<i>Figura 78.</i>	<i>Símbolos para el análisis de recorrido</i> .....	<i>126</i>
<i>Figura 79.</i>	<i>Croquis De Las Estaciones</i> .....	<i>129</i>
<i>Figura 80.</i>	<i>Multiproductos</i> .....	<i>130</i>
<i>Figura 81.</i>	<i>Diagrama De Multiproducto</i> .....	<i>131</i>
<i>Figura 82.</i>	<i>Localización De Los Departamentos</i> .....	<i>133</i>
<i>Figura 83.</i>	<i>Tabla matricial</i> .....	<i>135</i>
<i>Figura 84.</i>	<i>Referente a Edificio</i> .....	<i>146</i>
<i>Figura 85.</i>	<i>Referente a Forma del Edificio</i> .....	<i>147</i>
<i>Figura 86.</i>	<i>Referente a Sótanos o Altillos</i> .....	<i>148</i>
<i>Figura 87.</i>	<i>Referente a Cubiertas y Techos</i> .....	<i>149</i>
<i>Figura 88.</i>	<i>Almacén</i> .....	<i>152</i>
<i>Figura 89.</i>	<i>parqueadero de entrada</i> .....	<i>153</i>
<i>Figura 90.</i>	<i>Tipos de iluminación</i> .....	<i>154</i>
<i>Figura 91.</i>	<i>Ventilación mediante conductos</i> .....	<i>155</i>
<i>Figura 92.</i>	<i>Ventilación por techos</i> .....	<i>155</i>
<i>Figura 93.</i>	<i>Caldera</i> .....	<i>158</i>
<i>Figura 94.</i>	<i>Tubería contra incendios</i> .....	<i>159</i>
<i>Figura 95.</i>	<i>Preguntas relacionadas</i> .....	<i>163</i>
<i>Figura 96.</i>	<i>Diagrama de Gantt</i> .....	<i>173</i>
<i>Figura 97.</i>	<i>Disposición actual</i> .....	<i>178</i>
<i>Figura 98.</i>	<i>Disposición propuesta</i> .....	<i>178</i>

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Tabla de Datos.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2. Datos de Máquinas .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 3. Datos del Ejercicio .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Tabla de Asignación de Tareas .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 5. Análisis de planta.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 6. Análisis de planta 2.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7. Análisis planta 1 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8. Análisis planta 2 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 9. Análisis planta 3 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10. factores del ejercicio.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 11. Tabla De Ranking De Factores.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 12. Factores del ejercicio.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 13. Factores de localización .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 14. Lista de productos.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 15. Cantidad de unidades.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 16. Ingresos percibidos por la venta.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 17. Producto - Cantidad.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 18. Análisis ABC .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 19. Datos iniciales.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 20. Datos horas máquina por producto.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 21. Cantidad de horas de trabajo por año.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 22. Proyección de ventas por año .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 23. Número de máquinas .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 24. Datos iniciales.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 25. Cálculo de datos.....</i>	<i>99</i>

Tabla 26.	<i>Número de máquinas</i> .....	99
Tabla 27.	<i>Cuadro de datos generales</i> .....	100
Tabla 28.	<i>Tiempo en máquina según producto</i> .....	100
Tabla 29.	<i>Horas perdidas en reparaciones y mantenimiento</i> .....	101
Tabla 30.	<i>Defectuosos para las máquinas M1 y M2</i> .....	101
Tabla 31.	<i>Defectuosos de la máquina M3</i> .....	101
Tabla 32.	<i>Horas disponibles y Coeficientes de utilización</i> .....	102
Tabla 33.	<i>Número de máquinas</i> .....	102
Tabla 34.	<i>Departamentos y áreas</i> .....	113
Tabla 35.	<i>Valoración de las actividades y recorridos</i> .....	113
Tabla 36.	<i>Escala de Valores de Proximidad</i> .....	115
Tabla 37.	<i>Códigos y motivos del ejercicio 1 de Tablas Relacionales</i> .....	117
Tabla 38.	<i>Departamentos y áreas</i> .....	120
Tabla 39.	<i>Valoración de las actividades y recorridos</i> .....	120
Tabla 40.	<i>Tabla de criterios de elección de tipo de diagrama</i> .....	125
Tabla 41.	<i>Datos Del Ejercicio</i> .....	127
Tabla 42.	<i>Red Para Visualizar La Secuencia</i> .....	128
Tabla 43.	<i>Datos De Análisis Del Ejercicio</i> .....	130
Tabla 44.	<i>Resultados Del Diagrama Multiproducto</i> .....	131
Tabla 45.	<i>Datos del ejercicio</i> .....	132
Tabla 46.	<i>Departamentos Asignados</i> .....	133
Tabla 47.	<i>Observaciones en cuanto a los edificios</i> .....	146
Tabla 48.	<i>Simbología por colores de seguridad por mapfre</i> .....	160
Tabla 49.	<i>Colores y Controles por Mapfre</i> .....	160
Tabla 50.	<i>Tabla de distancia de recorrido</i> .....	165
Tabla 51.	<i>Escala de Valores</i> .....	167

<i>Tabla 52.</i>	<i>Solución.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 53.</i>	<i>Propuesta de mejora para cada problema planteada .....</i>	<i>170</i>



# **INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES**



## ***1. Introducción al diseño de plantas industriales***

El diseño de plantas industriales es un trabajo de gestión que implica una correcta coordinación física de todos los elementos industriales, desde lo más insignificante hasta lo más importante, como lo son el personal, equipo, almacenamiento, área, sistemas de mantenimiento de materiales y demás servicios que se necesitaran, ya que se requiere el diseño y la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos para una correcta, segura y satisfactoria producción en torno de la planta industrial.

El problema de diseño de planta consiste en determinar la correcta distribución y más eficiente de un numero de departamentos indivisibles con requerimientos de área desigual en el interior de una instalación ya que el objetivo es minimizar los costes dentro de la planta. Resolviendo los problemas de situar los componentes físicos que intervienen en el proceso de fabricación de modo que este sea el más optimo posible.

El éxito para una buena distribución de planta, depende de lograr combinar correctamente la mano de obra, materiales, maquinaria y transporte dentro de las instalaciones de una manera eficiente, en consecuencia, que el orden de las áreas de trabajo y de los equipos sean la más económicas y que a la vez la más seguras y satisfactorias para los trabajadores de tal manera que el proceso productivo sea eficiente.

## **1.1. Conceptualización de términos básicos**

### **1.1.1. Distribución de planta**

La decisión de distribución de planta consiste en determinar la ubicación de los departamentos, áreas, lugares, estaciones de trabajo y de los puntos de almacenamiento necesarios para su instalación, el objetivo es disponer de todos estos elementos para poder seguir un orden de o flujo de trabajo continuo con un patrón establecido.

### **1.1.2. Líneas de producción**

Conjunto de operaciones continuas que se llevara a cabo para la fabricación de un producto en un determinado tiempo y lugar, hasta con un patrón de producción ya establecido.

### **1.1.3. Localización**

Determinar el lugar más apropiado para la construcción de una planta, debido a que es una decisión compleja en la mayoría de los casos.

### **1.1.4. Maquinaria**

Dispositivo mecánico compuesto por determinadas piezas que cumplen una función en el proceso de producción o en diferentes áreas con diferentes acciones para diferentes usos, dependiendo de su necesidad.

### **1.1.5. Utillaje y equipo**

Además de la maquinaria la distribución de planta incluirá otros elementos de utillaje y equipo que son necesarios para el montaje esencial de estas operaciones.

### **1.1.6. Utilización de maquinaria**

Para una mejor distribución de planta es lograda la utilización efectiva de todas las máquinas y saber el uso conveniente para cada caso necesario, conocer sobre la capacidad y funcionamiento de dicha maquinaria.

### **1.1.7. Capacidad de planta**

Se define como el volumen de producción que puede producir o almacenar sobre una unidad de tiempo bajo condiciones ideales.

### **1.1.8. Disposición por componente principal fijo**

Esta disposición consiste en que el material que se elabore no se desplaza en la fábrica, sino que permanezca en un solo lugar. Por lo cual toda la maquinaria y demás equipo necesario se llevan hacia dicho material.

### **1.1.9. Disposición por producto o en línea**

Llamado también producción en cadena. en este caso todos los equipos y maquinarias para fabricar un producto determinado, se deben agrupar o llevar en una misma zona teniendo un orden establecido de acuerdo con el proceso de producción que llevara dicho producto.

### **1.1.10. Distribución por proceso**

Distribución adecuada a la producción por lotes ya que el equipo y el personal que se utilizan se encuentran agrupados por el tipo de función que realizan.

### **1.1.11. Disposición de áreas**

Se dispone de las áreas principales dentro de la superficie tal estimada para la planta el cual permitirá ir dándole forma al diseño de planta y ver más soluciones para la disposición de planta.

### **1.1.12. Disposición de recorrido**

Es el análisis de las relaciones entre actividades que nos permiten determinar el tipo y el nivel de intensidad de las interacciones entre las actividades productivas que se tiene.

### **1.1.13. Métodos para calcular espacio**

Basado en 4 métodos que sirven para determinar las necesidades de espacio en una distribución de planta, cada método tiene una particularidad o también pueden aplicarse a un mismo proyecto.

- Método de calculo
- Método de conversión
- Método de estándares de espacio
- Método de distribución tentativa.

### **1.1.14. Traslado de planta**

Se traslada la planta de un lugar a otro teniendo en cuenta su distribución desde el inicio considerando todos los elementos que facilitan el flujo de materiales, hombres, tales como entradas y salidas de las áreas de servicio.

### **1.1.15. Reordenación de planta**

La reordenación de planta consiste en conseguir la redistribución con un conjunto integrado de métodos y equipos eficientes para no limitar las dimensiones, forma e instalaciones del edificio.

## **2. Tipos de distribución de planta**

Según Muther R (1970) debemos comprender claramente lo que significa producción Previo a la clasificación de la distribución de plantas. Podemos afirmar que la producción es el resultado obtenido de un conjunto de hombres, materiales y maquinaria, que actúan bajo alguna forma de dirección. Los hombres trabajan sobre el material con ayuda de la maquinaria (p. 23).

Las diferentes combinaciones de posibilidades de movimiento entre los tres elementos del proceso, llevará a una disposición de una planta u otra. Por ejemplo:

- Movimiento de personas y máquinas, como por ejemplo en la construcción de un buque.
- Movimiento de materiales y personas, como el proceso que se da en un taller de mantenimiento
- Movimiento de materiales, personas y máquinas en el caso de almacenes de distribución (Centros Europeos de Empresas Innovadoras, 2008)

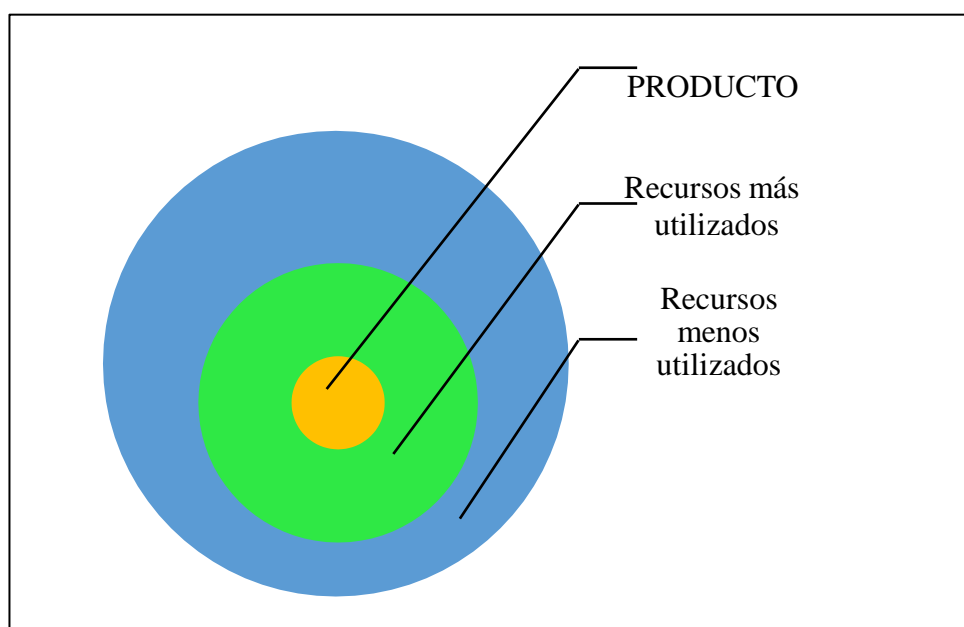
Entonces, la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la selección del tipo de distribución de planta. Este criterio es el que tradicionalmente se sigue para la clasificación de las distintas distribuciones en planta, por el cual para el desarrollo de este libro adoptaremos esta forma. Debemos destacar que existen tres formas básicas para la distribución de una planta: orientadas al producto que se asocian a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso asociadas a las configuraciones por lotes y finalmente las distribuciones por posición fija, correspondientes a las configuraciones por proyecto. Como se lee, los diseños de cada uno de estos se diferencian entre sí de acuerdo con los siguientes tres factores:

- Producto. Se revisa si es un solo producto o si son productos estandarizados, ya sea este varios productos o un producto a pedido.
- Cantidad. Se debe evaluar si se requieren grandes volúmenes de producción, cantidades intermitentes o solo una unidad. (Díaz Garay, Jarufe Zedán, & Noriega Aranibar, 2014, p.113)
- Proceso productivo. Si la producción es continua, por lotes (batch) o por proyectos. (Díaz Garay, Jarufe Zedán, & Noriega Aranibar, 2014)

## 2.1. Ubicación Fija

Es la distribución en planta en la que el material permanece en su ubicación definida desde el inicio del proceso. El personal, el equipo y materiales que se necesitan serán los que realicen todos los movimientos. También se denomina “proceso unitario”, es recomendable cuando el proceso no pueda realizarse de otra forma por limitaciones técnicas, construcción, fabricación de elementos tremendamente voluminosos (construcción naval, aeronáutica, material ferroviario, obras de construcción, etc.) (Centros Europeos de Empresas Innovadoras, 2008)

Figura 1. Estructura de la Distribución por Posición Fija



En esta estructura las herramientas, recursos, materiales y equipos se sitúan en el círculo más alejado, que representan los menos utilizados, y próximo a el producto se sitúa aquellos materiales empleados de forma más habitual para su fabricación.

### Características

- El personal, maquinaria, herramientas y materiales son los que intervienen en el desplazamiento, siendo necesario para la elaboración del producto.
- El producto permanece estático durante el proceso de producción.

### **Ventajas**

- Reducción de movimientos de la pieza mayor
- Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.
- Planificación de los trabajos no limita por la distribución de planta
- Elevada flexibilidad dado que permite cambios frecuentes en el diseño y secuencia de productos, así como una demanda intermitente.
- No requiere técnicas de distribución muy costosas

### **Desventajas**

- Baja flexibilidad en los tiempos de fabricación debido a que el flujo de trabajo no puede ser más rápido que la actividad más lenta del mismo.
- Ocupación de espacio excesivo.
- Número de unidades a producir bajo
- Inversión elevada con equipos específicos y utilización de equipos difíciles de mover.
- Las operaciones requieren principalmente trabajo manual.
- Necesidad de una inversión elevada en equipos específicos.
- Elevada monotonía de los trabajos, lo que puede incidir en la motivación personal del personal y tener una repercusión sobre la productividad de la empresa. (Kluwer)

### **Condiciones en el que se debe aplicar la distribución por ubicación fija**

- Productos de tamaños voluminosos y grandes en masa.
- Pocas unidades o una sola
- Cuando el traslado de la pieza de mayor tamaño genera costos elevados o dificultades en el proceso.

### **Pasos que se debe seguir para desarrollar un proyecto de ubicación fija**

- a. Definir actividades del proyecto.
- b. Establecer las secuencias de actividades definidas.
- c. Estimar recursos a utilizar en las actividades
- d. Estimar tiempo que duraran las actividades
- e. Desarrollar el cronograma.
- f. Controlar el cronograma



## **2.1.1. Ejemplos de distribución de planta por ubicación fija**

### **2.1.1.1. Ejemplo 1**

En el año 2020 Corea del Sur ensambló su primer avión prototipo de combate autóctono, evaluado en 8,8 billones de wones (7300 millones de dólares), con el fin de reemplazar su flota antigua de aviones

Figura 2. Ensamble de Avión de Combate Surcoreano – Ubicación Fija

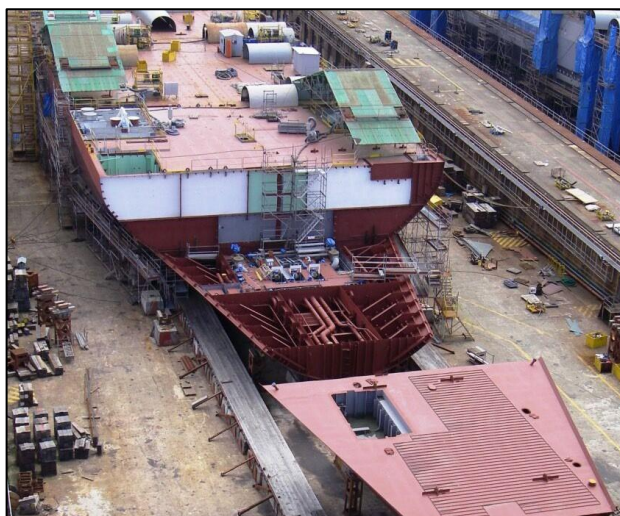


Nota. De la Administración del Programa de Adquisiciones de Defensa, 2020 (<https://sp.yna.co.kr/view/ASP20200903001300883>)

### **2.1.1.2. Ejemplo 2**

Ensamblaje de bloques del LHD Juan Carlos I, es un buque multipropósito y el mayor buque de guerra construido en España.

Figura 3. Ensamblaje de Bloques del LHD Juan Carlos I – Ubicación Fija



Nota. De Raúl Villa C, 2012 (<https://www.exponav.org/estrategia-constructiva-aplicacion-en-buques/>)

### **2.1.1.3. Ejemplo 3**

La construcción de un parque eólico en mar abierto. Ubicada a 20km de la costa de Dinamarca, se encuentra el mayor parque eólico del mundo. Cuenta con 91 torres que se elevan a 110m generando un total de 209NW de energía

Figura 4. Montaje del Rotor de Horns Rev 2



Nota. De WordPress, 2013  
(<https://conbotassocias.wordpress.com/2013/04/10/parque-eolico-de-horns-rev/>)

Figura 5. Montaje de Torres que sostienen los rotores del Horns Rev2



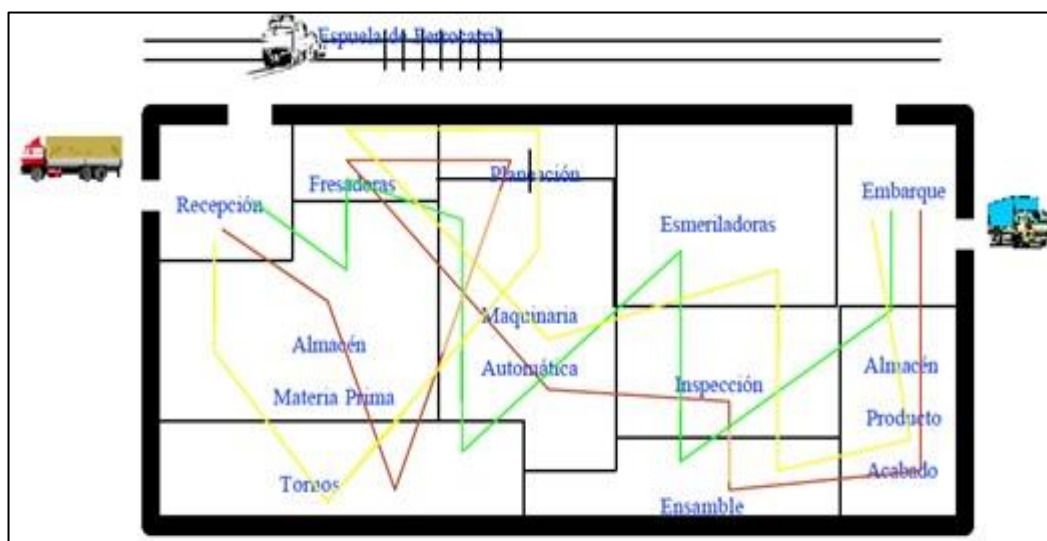
Nota. De WordPress, 2013

(<https://conbotassucias.wordpress.com/2013/04/10/parque-eolico-de-horns-rev/>)

## **2.2. Fabricación por Procesos**

La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas, los distintos ítems tienen que moverse, de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá, por regla general, diversas secuencias de operaciones, lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres. A esta dificultad hay que añadir la generada por las variaciones de la producción a lo largo del tiempo que pueden suponer modificaciones (incluso de una semana a otra) tanto en las cantidades fabricadas como en los propios productos elaborados. Esto hace indispensable la adopción de distribuciones flexibles, con especial hincapié en la flexibilidad de los equipos utilizados para el transporte y manejo de materiales de unas áreas de trabajo a otras. (UPV, 2018)

Figura 6. Esquema de Distribución en Planta por Proceso



Tradicionalmente, estas características han traído como consecuencia uno de los grandes inconvenientes de estas distribuciones, el cual es la baja eficiencia de las operaciones y del transporte de los materiales, al menos en términos relativos respecto de las distribuciones en planta por producto. Sin embargo, el desarrollo tecnológico está facilitando vencer dicha desventaja, permitiendo a las empresas mantener una variedad de productos con una eficiencia adecuada. Las principales ventajas e inconvenientes fueron introducidas en clase. (UPV, 2018)

### 2.2.1. Análisis de la Distribución por Proceso

La decisión clave a tomar en este caso será la disposición relativa de los diversos talleres. Para adoptar dicha decisión se seguirá fundamentalmente la satisfacción de criterios tales como disminuir las distancias a recorrer y el coste del manejo de materiales (o, en el caso de los servicios, disminuir los recorridos de los clientes), procurando así aumentar la eficiencia de las operaciones. Así, la superficie y forma de la planta del edificio, la seguridad e higiene en el trabajo, los límites de carga, la localización fija de determinados elementos, etc., limitarán y probablemente modificarán las soluciones obtenidas en una primera aproximación. (UPV, 2018)

Si existiese un flujo de materiales claramente dominante sobre el resto la distribución de los talleres podría asemejarse a la disposición de los equipos en una línea de producción. Sin embargo, esto no es lo habitual, teniendo que

recurrir a algún criterio que determine dicha ordenación. El factor que con mayor frecuencia se analiza, aunque raramente será el único por las razones ya expuestas, es el coste de la manipulación y transporte de materiales entre los distintos centros de trabajo. Lógicamente, éste dependerá del movimiento de materiales, pero también de la necesidad que tenga el personal de realizar esos recorridos por motivos de supervisión, inspección, trabajo directo o simple comunicación. Dado que para un producto determinado los costes mencionados aumentan con las distancias a recorrer, la distribución relativa de los departamentos influirá en dicho coste.

En algunas ocasiones no es posible obtener de forma fiable la información cuantitativa referida al tráfico de materiales entre departamentos o, simplemente, no es éste el factor más importante a considerar, siendo los factores cualitativos los que cuentan con verdadera relevancia a la hora de tomar la decisión.

El proceso de análisis se compone, en general, de tres fases: recogida de información, desarrollo de un plan de bloque y diseño detallado de la distribución.

#### **2.2.1.1. Recogida de Información**

En primer lugar, es necesario conocer los requerimientos de espacio de cada área de trabajo. Esto requiere un cálculo previo que comienza con las previsiones de demanda, las cuales se irán traduciendo sucesivamente en un plan de producción, en una estimación de las horas de trabajo necesarias para producir dicho plan y, por consiguiente, en el número de trabajadores y máquinas necesario por áreas de trabajo. En este cálculo habrán de considerarse las fluctuaciones propias de la demanda y la producción a las que antes hicimos referencia.

Las máquinas y puestos de trabajo necesitan un cierto espacio físico, denominado superficie estática, Se junto a él hay que reservar otro, denominado superficie de gravitación,  $S_g$ , para que los operarios desarrollen su trabajo y los materiales y herramientas puedan ser situados. Además, hay que añadir la superficie de evolución,  $S_v$ ,

espacio suficiente para permitir los recorridos de materiales y operarios. De acuerdo con ello, una de las formas más comunes de calcular la superficie total necesaria, ST, de un departamento o sección es a través de la suma de los tres componentes citados:

$$ST = Se + Sg + Sv.$$

Los dos últimos elementos se calculan respectivamente como:  $Sg = Se * n$  y  $Sv = (Se + Sg) k$ , donde n es el número de lados accesibles de las máquinas al trabajo y k un coeficiente que varía entre 0,05 y 3, según el tipo de industria.

En cuanto al espacio disponible, en principio bastará con conocer cuál es la superficie total de la planta para, en una primera aproximación, cuadricularla y estimar la disponibilidad para cada sección. Sin embargo, a la hora de realizar la distribución detallada se necesitará dar formas más exactas y ajustadas a la realidad, considerando aquellos elementos fijos que limitan y perfilan la distribución.

Cuando el objetivo fundamental de la distribución en planta sea la reducción del coste por manejo de materiales, el problema podrá plantearse, en la mayoría de las ocasiones, en términos cuantitativos. Para ello, será indispensable conocer el flujo de materiales entre departamentos, las distancias entre los mismos y la forma en la que los materiales son transportados.

La información proporcionada por datos históricos existentes, por las hojas de ruta y/o por los programas de producción permitirá construir una Matriz de Intensidades de Tráfico, cuyos elementos representan el número de manipulaciones entre departamentos por período de tiempo. Por su parte, las distancias entre las diversas áreas en las que se dividirá la planta y en las que podrían localizarse los distintos talleres quedarán recogidas en la Matriz de Distancias.

Por lo que respecta al coste del transporte del material, éste dependerá directamente del equipo utilizado para ello; dicho coste quedará plasmado en la denominada Matriz de Costes. Las diagonales

de estas tres matrices tendrán todos sus elementos nulos, dado que representarían el transporte de materiales de cada departamento consigo mismo.

Como ya comentábamos, puede que, en ocasiones, esta información cuantitativa no esté disponible, o bien que la importancia de la cercanía o lejanía entre departamentos venga marcada por factores de naturaleza. En otros casos, lo aconsejable es que determinadas áreas se sitúen cercanas entre sí (por ejemplo: puede ser conveniente que la sala de rayos X de un hospital se sitúe cerca de traumatología). Toda esta información cualitativa sobre prioridades de cercanía puede explicitarse mediante algún instrumento, tal como el cuadro o gráfico de interrelaciones, que veremos con el método SLP.

Por último, se recogerá cualquier otra información que se considere relevante y que pueda influir en algún aspecto de la distribución.

#### **2.2.1.2. Desarrollo de un Plan de Bloque**

Una vez determinado el tamaño de las secciones habrá que proceder a su ordenación dentro de la estructura existente o a determinar la forma deseada que dará lugar a la construcción de la planta que haya de englobarlas. Esta fase de la distribución presenta un número extremadamente elevado de posibles soluciones de forma que, en la inmensa mayoría de las ocasiones, se llega a la determinación de una buena solución que alcance los objetivos fijados y cumpla en lo posible las máximas restricciones impuestas, pero sin llegar a determinarse la solución.

#### **2.2.1.3. Criterios Cualitativos: El Coste del Transporte**

Con la información recogida en las tres matrices descritas en el apartado anterior, se trata de minimizar el coste de desplazamiento de materiales entre secciones. Para una distribución dada, el coste total del transporte sería:

$$CTT = \sum \sum tij dij cij$$

donde  $t_{ij}$  es el número de mantenimientos que salen de la actividad  $i$  hacia la actividad  $j$ ,  $d_{ij}$  es la distancia existente desde la actividad  $i$  a la actividad  $j$ , y  $c_{ij}$  es el coste por unidad de distancia y manutención de la actividad  $i$  a la actividad  $j$ .

De las variables mencionadas, la única que depende de la localización relativa de los departamentos es  $d_{ij}$ , por lo que, lógicamente, el problema a resolver será determinar aquella distribución o combinación particular de  $d_{ij}$  que minimice CTT. La resolución se complica extraordinariamente, debido al elevado número de posibles combinaciones existentes, el cual implica que, en general, el número de casos posibles cuando existen  $n$  secciones sea  $n$  factorial (p. e. un proceso con 10 secciones contaría en principio con 3.628.000 alternativas).

Aunque para problemas pequeños podría obtenerse la solución óptima si se analizaran todas las combinaciones existentes, para los casos más comunes esto suele ser imposible incluso con la ayuda del ordenador. Para superar dicho inconveniente se recurre a la resolución mediante algoritmos heurísticos que, al menos, proporcionan soluciones satisfactorias.

El denominado algoritmo básico de transposición parte de una distribución arbitraria a la cual se denomina permutación base. Se calcula el coste por transporte que esta supone y, a continuación, se generan todas las permutaciones posibles entre las actividades, intercambiando dos a dos las de la permutación base (el número de permutaciones obtenidas de esta forma será  $(n - (n - 1)) / 2$ ).

Acto seguido, se calcula el coste de cada una de las permutaciones generadas, de forma que, si se obtiene alguno inferior al de la base, la distribución correspondiente será adoptada en lugar de aquélla, volviéndose a aplicar sobre la misma el proceso descrito. Este proceso iterativo será repetido hasta que en alguna de las iteraciones no aparezca ninguna distribución con coste inferior, en cuyo caso, la



distribución de menor coste hasta ese momento será considerada como la mejor solución.







Sin embargo, hay que ser conscientes de que la solución obtenida puede ser la más satisfactoria en base al criterio de minimizar el coste del transporte, pero que, en la práctica, ésta puede ser inviable por determinadas restricciones y circunstancias que deben ser consideradas, pudiendo ser necesario un reajuste de la solución encontrada. Una vez tenida en cuenta dicha información, se procederá a dar forma a los distintos departamentos a partir de sus necesidades y limitaciones de espacio.

#### 2.2.1.4. Criterios Cualitativos: Las Prioridades de Cercanía

Por las razones apuntadas en el apartado 1.1.1.1 puede ocurrir que la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos. En dichos casos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (Systematic Layout Planning).

En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a 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) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

Figura 7. Prioridad de Cercanía y Códigos

Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas	Código	Razón
A	Absolutamente		1	Flujo de trabajo
E	Especialmente		2	Espacios y/o equipos
I	Importante		3	Seguridad e higiene
O	Importancia		4	Personal común
U	Indiferente		5	Facilidad supervisión
X	Indeseable		6	Contacto necesario
			7	Psicología

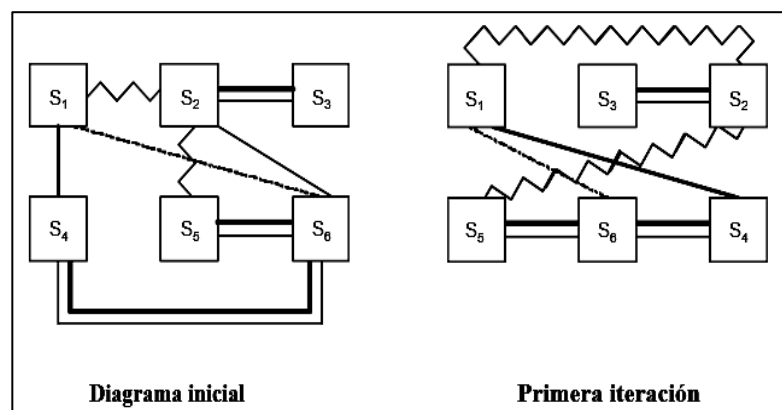
Dichas especificaciones se recogen en un cuadro o gráfico de interrelaciones que muestra, además, las razones que motivan el grado de preferencia expresado.

Figura 8. Gráfico de Interrelaciones

Sección	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
S <sub>1</sub>		X 3	U	E 1	U	O 1
S <sub>2</sub>			A 2	U	X 3	I 4,7
S <sub>3</sub>				U	U	U
S <sub>4</sub>					U	A 1
S <sub>5</sub>						A 4
S <sub>6</sub>						

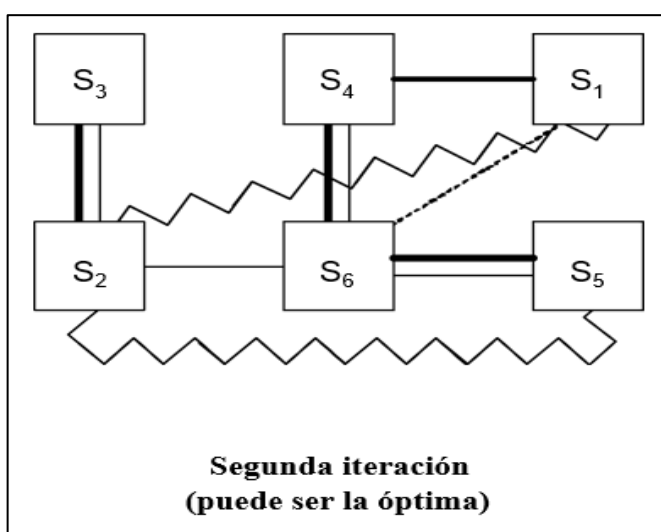
El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan.

Figura 9. Gráfica con Prioridades de Cercanía – Primera Iteración



A continuación, este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos A juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y, finalmente, los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria.

Figura 10. Segunda Iteración de la Gráfica con Cercanías



Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

#### 2.2.1.5. Distribución Detallada

Por último, hay que realizar la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, obteniéndose una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos. Dicha ordenación puede enfocarse como un problema de distribución en planta en miniatura, pudiéndose utilizar los métodos contemplados para la distribución interdepartamental.

Ahora bien, a este nivel de detalle no cabe duda de que las técnicas más útiles y difundidas siguen siendo los dibujos, los modelos

a escala y las maquetas. En la obtención de esta distribución pueden surgir determinados contratiempos (por ejemplo: escaleras, montacargas, columnas, resistencia de suelos, altura de techos, etc.) no considerados en etapas previas, que pueden hacer necesaria la revisión de la solución obtenida en la etapa anterior.

### **2.2.2. Ventajas de la Distribución por Proceso**

- Mayor utilización de máquinas que permite menor inversión.
- Adaptable a variedad de productos y cambios frecuentes en la secuencia de operaciones (gran flexibilidad).
- Se adapta a una demanda intermitente y a variaciones en el plan de producción.
- Supervisión efectiva
- Facilita la continuidad de la producción en caso de:
  - ✓ Fallas.
  - ✓ Averías en máquina o equipos.
  - ✓ Escasez de materiales.
  - ✓ Ausencia de operarios.

### **2.2.3. Desventajas de la Distribución por Proceso**

- Generación de gran cantidad de stock de piezas en curso de elaboración.
- Mayor área requerida.
- Necesidad de mayor habilidad o número de operarios.
- Imposibilidad de utilizar la multifunción o polivalencia de operarios.
- Desconexión entre procesos que genera estacionamientos en el flujo de Producción con el consecuente incremento en el tiempo de producción.
- Necesidad de una inspección más frecuente.
- Mayor manipuleo de los materiales.
- Mayor complejidad del planeamiento y control de la producción.

- Dificulta detectar causas de ineficiencia entre los factores que intervienen en la producción. (CIDETER)

Figura 11. Referente a Distribución por Proceso



## 2.2.4. Ejercicio de la Distribución por Proceso

### 2.2.4.1. Planta de Fabricación de Aceite

En una planta se realizan 5 operaciones (A, B, C, D, E) cada una lleva a cabo por una estación de trabajo, en esta planta se producirán 3 productos con una secuencia de fabricación y producción diaria como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tabla de Datos

Producto	Secuencia	Producción Diaria
1	A-B-C-D-E	10000
2	A-C-B-D-E	25000
3	B-C-D-	50000

Cada estación de trabajo tiene un cierto número de máquinas y un operador por máquina. El área que ocupa cada operador es de  $4\text{m}^2$ . El almacenamiento de material de cada estación, el área necesaria para cada máquina, así como el número de máquinas para cada operación se da en la siguiente tabla:

Tabla 2. Datos de Máquinas

Operación	N° de Máquinas	Dimensión de cada Máquina (m)	Área de Materiales ( $\text{m}^2$ )
A	2	2X2.5	3
B	1	1.8X2	2.4
C	3	1X2	4
D	3	2X4	5
E	2	1.5X2	3

Se desea saber, ¿Cuál es el apropiado acomodo por cercanía más apropiado?

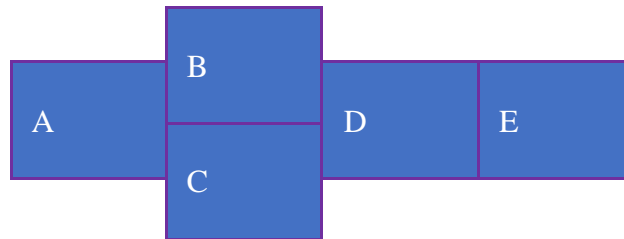
**Tomando en cuenta que:**

Producto	Secuencia	Producción Diaria
1	A-B-C-D-E	10000
2	A-C-B-D-E	25000
3	B-C-D-E	50000

**Notamos que:**

- A conviene que esté al inicio.
- La secuencia D-E conviene que esté al final.
- Los procesos B y C conviene que sean paralelos.

**La distribución final sería:**



**2.3. Línea de Producción**

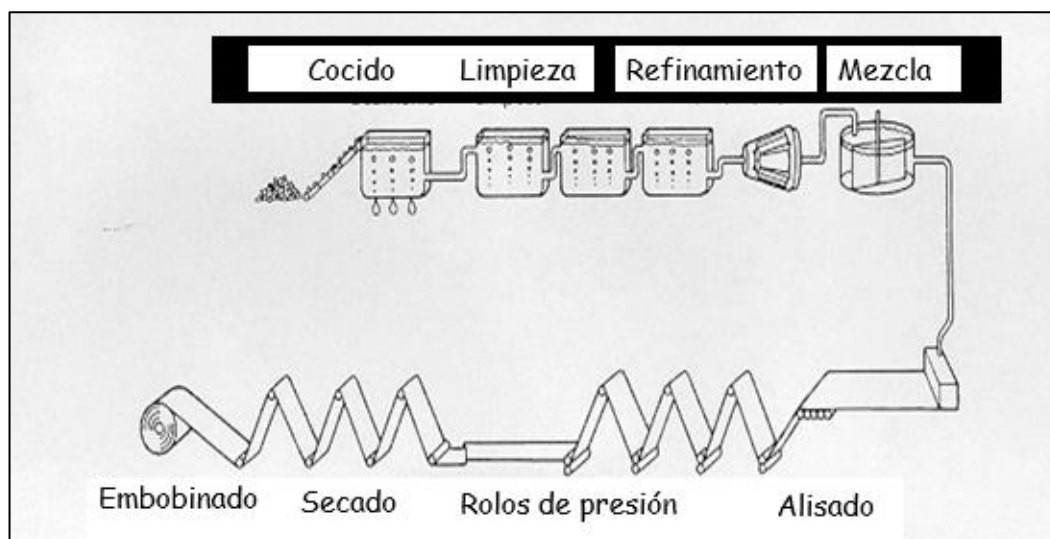
El producto se fabrica en un área determinada, el material se mueve según la secuencia de operaciones desde la materia prima hasta el producto final.

Se dispone cada operación adyacente a la siguiente. Las máquinas y equipos utilizados independientemente del proceso que realicen, estarán colocados siguiendo el Flujo de Producción. (CIDETER)

Figura 12. Referente a Línea de Producción



Figura 13. Secuencia del Proceso de Manufactura del Papel



### 2.3.1. Ventajas de la Distribución en Línea de Producción

- Reducción del manipuleo del material.
- Reducción del tiempo de fabricación (tiempo de proceso) y menor inversión en materiales.
- Necesidad de:
  - ✓ Mayor especialización
  - ✓ Facilita el entrenamiento del operario
- Control más sencillo:
  - ✓ Necesita de menos papeleo.
  - ✓ Permite una supervisión más fácil.
- Reduce la congestión y la superficie necesaria destinada a almacenaje y pasillos.
- Se simplifican actividades como la planificación, el control y la evaluación de la producción.
- Se reduce el espacio de fabricación, el tiempo de producción y el stock. Lo mismo pasa con la inversión en la logística de transporte y de almacenamiento de materias primas y productos.
- Por lo general, los trabajadores no necesitan conocimientos avanzados. Por tanto, la inversión en capacitaciones es poca.



### **2.3.2. Desventajas de la Distribución en Línea de Producción**

- Inversión inicial elevada.
- Costo fijo elevado.
- Vulnerabilidad de la línea de producción.
- Inflexibilidad de los medios de producción ante variaciones cualitativas y cuantitativas de la demanda.
- Si una máquina falla o se daña, afecta la continuidad de toda la línea de producción.
- Para realizar cambios en el producto es necesario modificar la estructura de producción. Esto implica que la empresa debe invertir en nueva maquinaria o en modificaciones técnicas.
- Los trabajadores realizan tareas repetitivas que pueden generar desmotivación.

### **2.3.3. Utilización de la Distribución en Línea de Producción**

- Se produce gran cantidad de productos o piezas.
- El diseño del producto está normalizado.
- Cuando la demanda del mismo está estabilizada.
- Los tiempos entre operaciones están equilibrados y hay continuidad en el flujo del material.

### **2.3.4. Ejercicio de Línea de Producción**

#### **2.3.4.1. Línea de Montaje**

Se quieren producir 480 unidades diaria de un producto P en nuestras instalaciones, en las que se trabaja 10 horas al día.

Se quiere realizar el equilibrado de la línea de montaje, utilizando como regla principal el asignar la tarea, dentro de las posibles candidatas, que tenga una mayor duración.

### Calcular la eficiencia de la solución propuesta

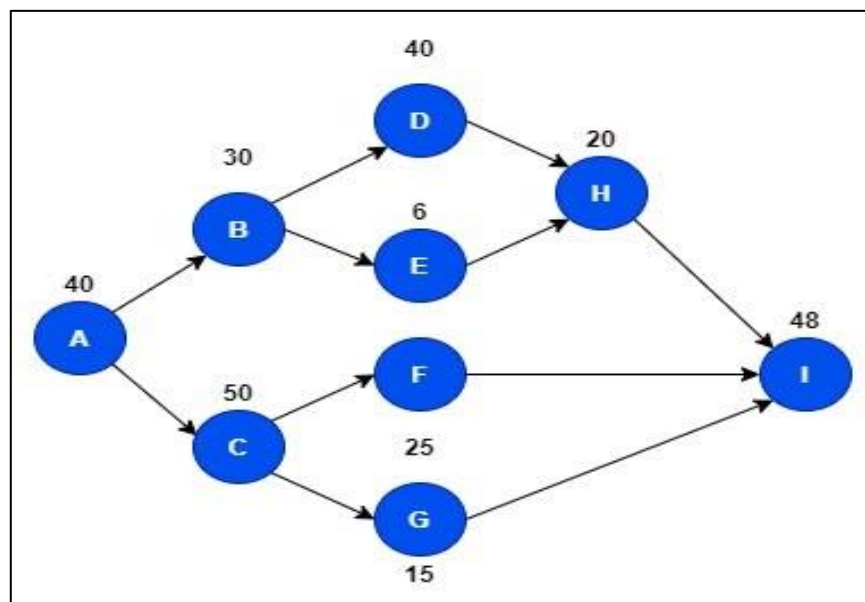
Las tareas que deben realizarse, con su tiempo de realización en segundos y las precedencias entre tareas es la siguiente:

Tabla 3. Datos del Ejercicio

Tarea	Tiempo de realización (s)	Tareas Precedentes
A	40	-
B	30	A
C	50	A
D	40	B
E	6	B
F	25	C
G	15	C
H	20	D, E
I	48	G, F, H
<b>Totales</b>	274	

#### 2.3.4.2. Solución del Ejercicio

Figura 14. Diagrama de Precedencia - Elaboración Propia



**Tiempo de Ciclo (S):**

$$C = \frac{\text{Tiempo de Producción Diaria}}{\text{Producción Diaria}} = \frac{10 \times 60 \times 60}{480} = 75\text{s}$$

**Nº mínimo de estaciones de trabajo:**

$$Ne = \frac{274}{75} = 3.65 = 4 \text{ estaciones}$$

**Asignar Tareas:**

Tabla 4. Tabla de Asignación de Tareas

Estación de Trabajo	Candidatas	Asignada	Tiempo (s)	Tiempo No Asignado (s)
1	A	A	40	75 - 40 = 35
	B, C	B	30	35 - 30 = 5
2	C, D, E	C	50	75 - 50 = 25
	D, E, F, G	F	25	25 - 25 = 0
3	D, E, G	D	40	75 - 40 = 35
	E, G	G	15	35 - 15 = 20
	E	E	6	20 - 6 = 14
4	H	H	20	75 - 20 = 55
	I	I	48	55 - 48 = 7

**Calculando Eficiencia:**

$$\text{Eficiencia} = \frac{274}{(4 \times 75)} = 0.91 = 91\%$$

**3. Tamaño de planta**

La determinación del tamaño de planta se encontrará tomando en cuenta la determinación de la superficie necesaria para la realización de las operaciones.

Es la capacidad nominal de producción de una planta industrial. Se utiliza también el término capacidad de diseño, para referirse al tamaño de una planta industrial. Ambos términos se refieren a la máxima cantidad que es posible producir, sin forzar la planta. La determinación del tamaño de planta industrial (y por lo tanto el tamaño del proyecto) es para conformar el estudio económico de todo proyecto de factibilidad. El tamaño de la planta incide sobre el

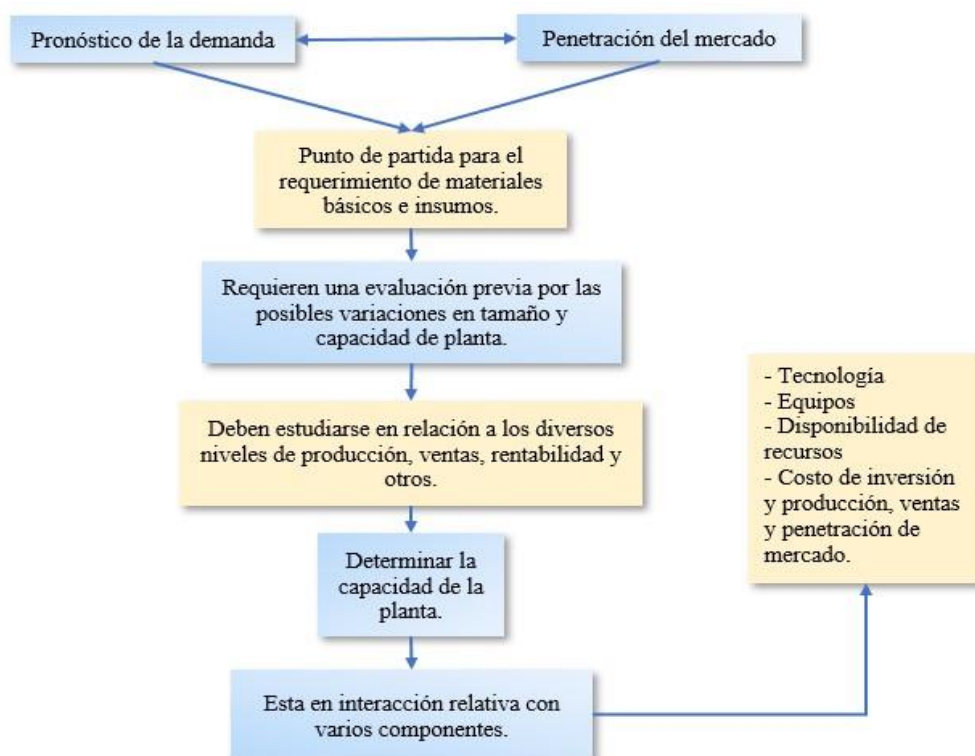
nivel de inversiones y costos que se calcularán, así como sobre la rentabilidad que podría generar la implementación del proyecto.

### 3.1. Conceptos claves

#### 3.1.1. Estimación del tamaño viable de planta

En primer lugar, se deberá de considerar la demanda que se obtuvo al realizar un estudio de mercados. Describir el proceso para determinar los recursos que se requieren para llevar a cabo el proceso productivo (materia prima, maquinarias, equipos y mano de obra). Investigar las distintas alternativas que ofrece el mercado en cuanto a materia prima, maquinaria, mobiliario, etc. Con la finalidad de elegir la más adecuada.

Figura 15. Viabilidad de planta



#### 3.1.2. Factores del tamaño de la planta

Los factores son la demanda del producto, la disponibilidad de insumos, recursos energéticos, la localización, el plan estratégico comercial de

desarrollo futuro de la empresa (Disponibilidad de inversión), así como la tecnologías y equipo.

Figura 16. Tamaño de planta

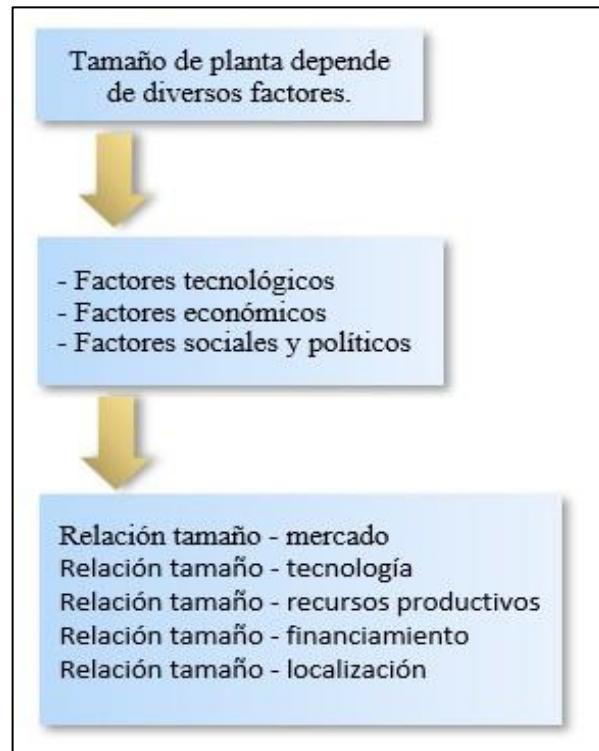
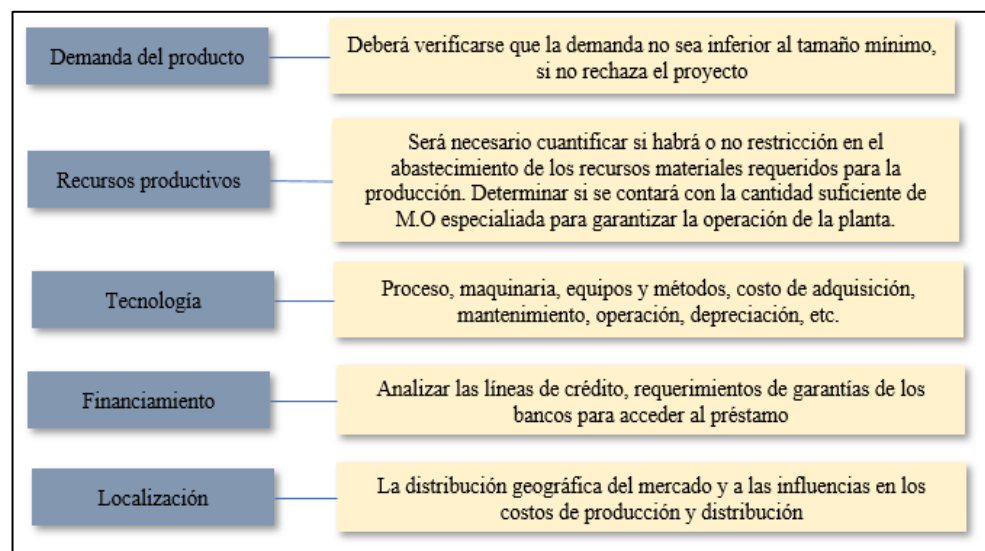


Figura 17. Factores determinantes



**Existen dos posibilidades:**

Definir un tamaño inicial suficientemente grande para que pueda responder al futuro crecimiento del mercado. Esta posibilidad obliga a trabajar con capacidad ociosa programada.

Definir un tamaño inicial más pequeño pero que vaya ampliándose de acuerdo con las posibilidades de escala de producción.

**3.1.3. Metodología para determinar el tamaño de planta**

Consiste en determinar los límites superior e inferior del tamaño, es decir, definir el tamaño máximo y mínimo y dentro de tales límites analizar un tamaño intermedio.

Figura 18. Metodología

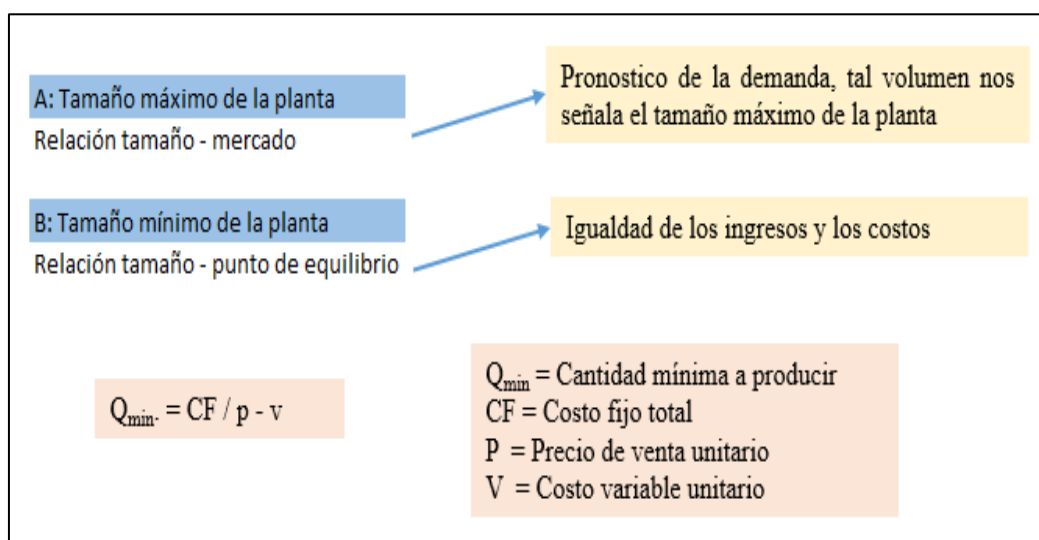


Figura 19. Tamaños intermedios

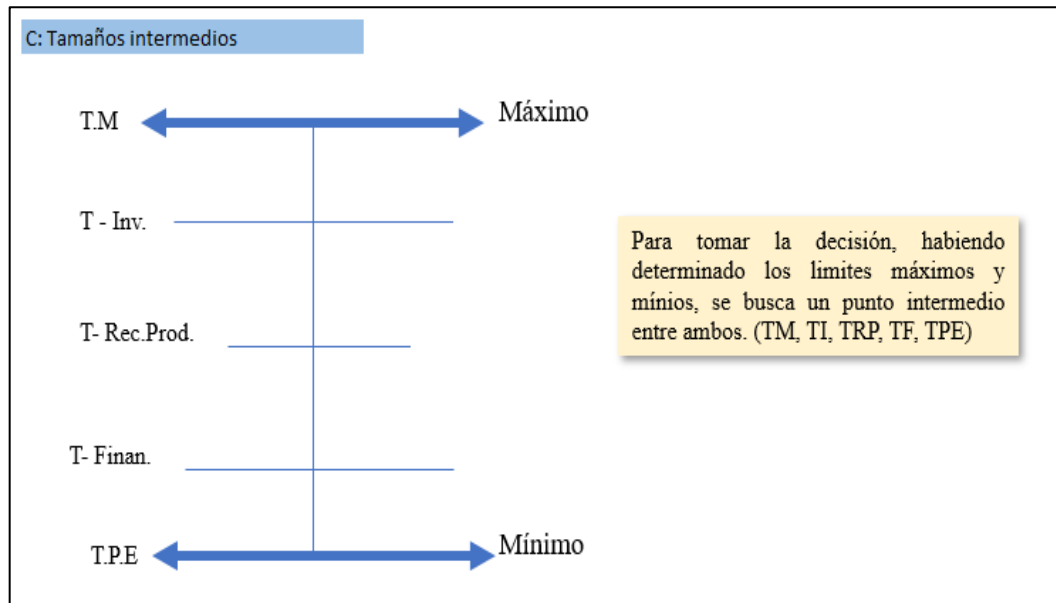
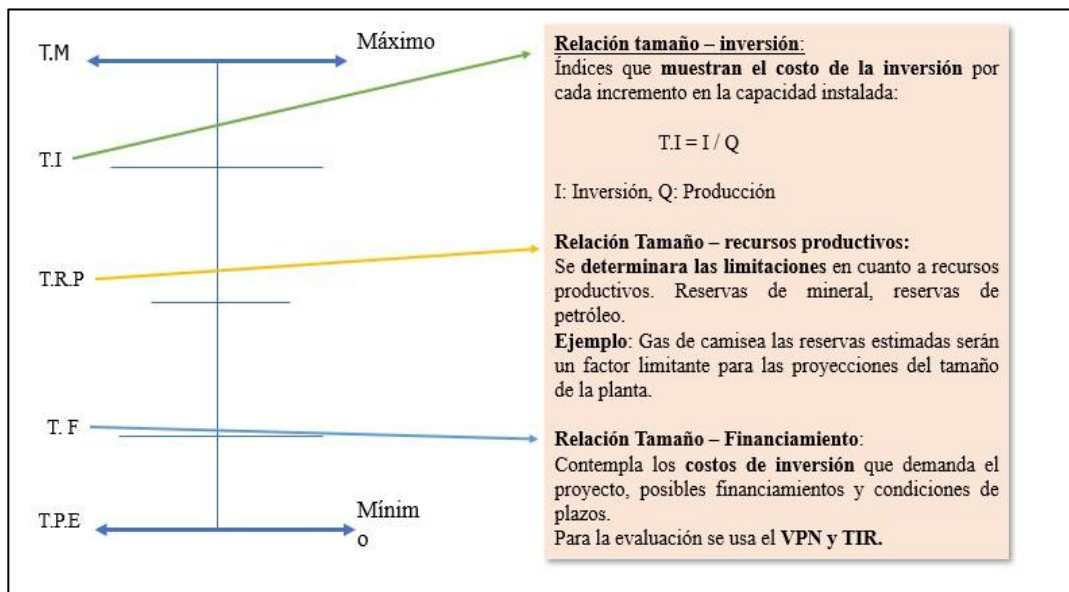


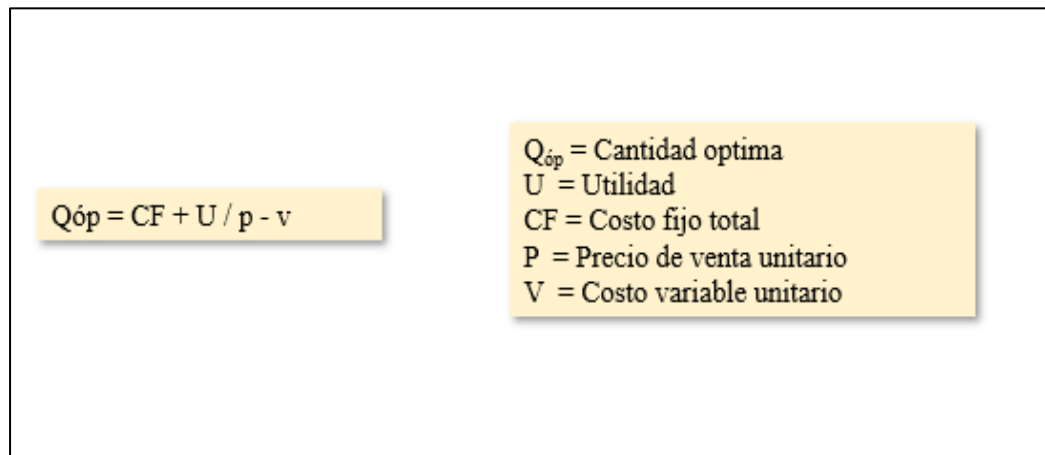
Figura 20. Relación tamaño – inversión



### 3.1.4. Selección del tamaño de planta

La selección óptima del tamaño de la planta será aquella que conduzca al resultado económico más favorable para el proyecto en conjunto. Estos resultados se pueden medir: rentabilidad, costo unitario mínimo, utilidades, relación ingreso costo, etc.

Figura 21. Formula



### 3.1.5. Capacidad de producción

Estudiar la capacidad de planta es necesario para toda empresa, todo esto con el fin de poder abarcar la mayor cantidad de demanda, optimizando las utilidades y a largo plazo contemplar la posibilidad de crecer o expandirse para poder aumentar su mercado y brindar un mejor servicio de calidad y satisfacción de necesidades a la mayor parte de la población consumidora del producto.

Figura 22. Capacidad





### 3.1.6. Costo de inversión y de producción

El nivel de los costos de inversión y de producción será un factor determinante cada vez más importante si no existen limitaciones graves en cuanto a recursos o materiales e insumos. El volumen de los costos de inversión por unidad de producción tiende a decrecer a medida que aumenta la capacidad de la planta. Por lo general, los costos no aumentan en proporción directa al tamaño. Esta relación se puede expresar de la siguiente manera.

$$C_1 = C_2 \left( Q_1 / Q_2 \right)^2$$

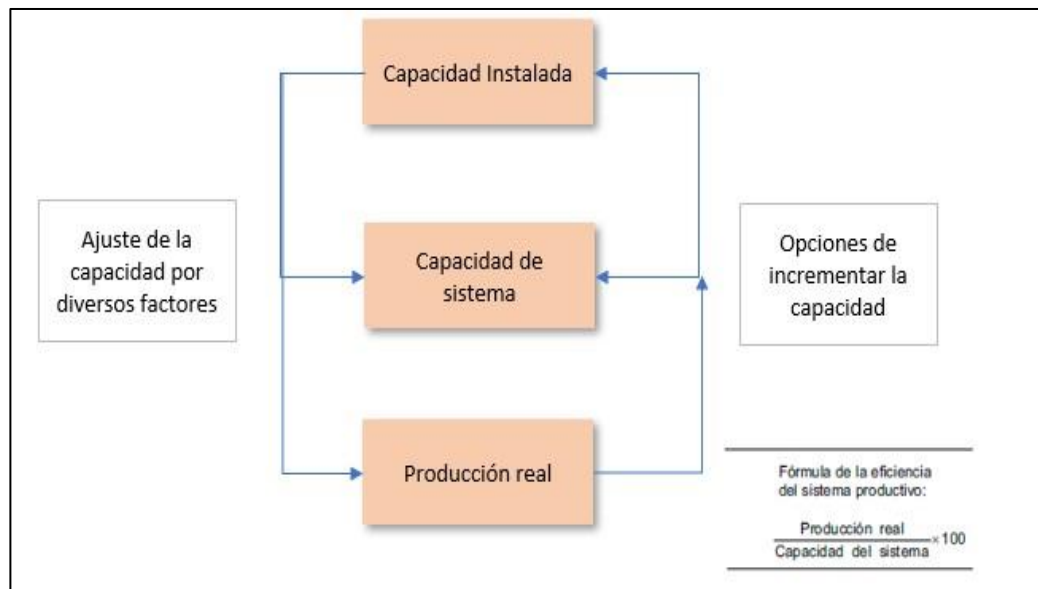
Donde:

$C_1$  = Costo derivado de la capacidad

$C_2$  = Costo derivado de la capacidad

X = factor costo de la capacidad

Figura 23. Niveles de la capacidad de producción



### 3.2. Ejercicios aplicativos

#### 3.2.1. Ejemplo 1

En la realización de un Estudio técnico para una planta de fabricación de mayólicas, se encuentra en consideración dos alternativas tecnológicas; tiempo de vida del proyecto 5 años; el estudio de mercado señala que existe la siguiente demanda.

Figura 24. Planteamiento del ejercicio

Año	BASE	1	2	3	4	5
Demanda	4.524.00	2.000.00	2.200.00	3.000.00	4.200.00	6.000.00

CAPACIDAD DE PLANTA'S		
Planta	P(1)	P(2)
Capacidad Anual	3.000.00	6.000.00

TABLA DE COSTOS				
Planta	Tamaño de planta	PU del producto	Costo fijo al 100% de capacidad	costo variable al 100% de capacidad
Planta 1	3000	250.00	200.000.00	240.000.00
Planta 2	6000	250.00	240.000.00	600.000.00

CALCULO DE COSTOS			
Tamaño 1		Tamaño 2	
P. Venta:	250	P. Venta:	250
C.Variable:	80	C.Variable:	100

Luego del planteamiento se procedió a analizar la planta 1, que tiene un costo de inversión de s/. 300000.

Tabla 5. Análisis de planta

Tamaño PLANTA 1	3.000.00	Inv. Tam. planta 1					300.000.00
Año	0	1	2	3	4	5	
inversion	- 300.000.00						
Demanda		2.000.00	2.200.00	3.000.00	4.200.00	6.000.00	
Produccion		2.000.00	2.200.00	3.000.00	3.000.00	3.000.00	
Costo Fijo		200.000.00	200.000.00	200.000.00	200.000.00	200.000.00	
Costo Variable		160.000.00	176.000.00	240.000.00	240.000.00	240.000.00	TCO
Costo Total		360.000.00	376.000.00	440.000.00	440.000.00	440.000.00	30%
Ventas		500.000.00	550.000.00	750.000.00	750.000.00	750.000.00	VAN
Flujo Neto	- 300.000.00	140.000.00	174.000.00	310.000.00	310.000.00	310.000.00	243.784.02
Utilidad	944.000.00						
relacion B/C	0.46						

Se siguió lo mismo con la planta 2, que tienen una inversión de s/. 500000

Tabla 6. Análisis de planta 2

Tamaño PLANTA 2	6.000.00	Inv. Tam. planta 2			500.000.00		
Año	0	1	2	3	4	5	
inversion	-500.000.00						
Demanda		2.000.00	2.200.00	3.000.00	4.200.00	6.000.00	
Produccion		2.000.00	2.200.00	3.000.00	4.200.00	6.000.00	
Costo Fijo		240.000.00	240.000.00	240.000.00	240.000.00	240.000.00	
Costo Variable		200.000.00	220.000.00	300.000.00	420.000.00	600.000.00	TCO
Costo Total		440.000.00	460.000.00	540.000.00	660.000.00	840.000.00	30%
Ventas		500.000.00	550.000.00	750.000.00	1.050.000.00	1.500.000.00	VAN
Flujo Neto	-500.000.00	60.000.00	90.000.00	210.000.00	390.000.00	660.000.00	9.300.20
Utilidad	910.000.00						
relacion B/C	0.31						

**Conclusión:**

Luego de realizar el análisis y en función a los beneficios que nos brinda se escogió la Planta 1.

**3.2.2. Ejemplo 2**

La empresa Chocomix plantea fabricar una línea de productos de chocolates negros, de la cual recibe tres propuestas, además se hizo un estudio de la demanda de 10 años. Los datos son los siguientes:

Figura 25. Datos del ejercicio

EVOLUCION DE LA DEMANDA											
Año	BASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda	2.990.00	1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	4.300.00	3.200.00	3.800.00	4.100.00
CAPACIDAD DE PLANTA'S											
Planta	P(1)	P(2)	P(3)								
Capacidad Anual	2.000.00	3.500.00	4.500.00								
TABLA DE COSTOS											
Planta	Tamaño de planta	PU del producto	Costo fijo al 100% de capacidad	costo variable al 100% de capacidad							
Planta 1	2000	18	5.000.00	6.000.00							
Planta 2	3500	17	8.750.00	10.500.00							
Planta 3	4500	15	11.250.00	13.500.00							
CALCULO DE COSTOS											
Tamaño 1		Tamaño 2		Tamaño 3							
P. Venta:	18	P. Venta:	17	P. Venta:	15						
C.Variable:	3	C.Variable:	3	C.Variable:	3						

La planta 1, tiene una inversión de s/. 180 000

Tabla 7. Análisis planta 1

Tamaño PLANTA 1	2000	Inv. Tam. planta 1				180.000.00					
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	-180.000.00										
Demanda		1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	4.300.00	3.200.00	3.800.00	4.100.00
Produccion		1.500.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00	2.000.00
Costo Fijo		5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00	5.000.00
Costo Variable		4.500.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00	6.000.00
Costo Total		9.500.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00	11.000.00
Ventas		27.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00	36.000.00
Flujo Neto	-180.000.00	17.500.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00	25.000.00
Utilidad	62.500.00										
relacion B/C	0.58										
											TCO
											5%
											VAN
											5.900.52

La planta 2, tiene una inversión de s/. 220 000

Tabla 8. Análisis planta 2

Tamaño PLANTA 2	3500	Inv. Tam. planta 2				220.000.00					
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	-220.000.00										
Demanda		1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	4.300.00	3.200.00	3.800.00	4.100.00
Produccion		1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	3.500.00	3.200.00	3.500.00	3.500.00
Costo Fijo		8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00	8.750.00
Costo Variable		4.500.00	6.000.00	6.600.00	7.500.00	8.400.00	10.500.00	10.500.00	9.600.00	10.500.00	10.500.00
Costo Total		13.250.00	14.750.00	15.350.00	16.250.00	17.150.00	19.250.00	19.250.00	18.350.00	19.250.00	19.250.00
Ventas		25.500.00	34.000.00	37.400.00	42.500.00	47.600.00	59.500.00	59.500.00	54.400.00	59.500.00	59.500.00
Flujo Neto	-220.000.00	12.250.00	19.250.00	22.050.00	26.250.00	30.450.00	40.250.00	40.250.00	36.050.00	40.250.00	40.250.00
Utilidad	87.300.00										
relacion B/C	0.51										
											TCO
											5%
											VAN
											7.324.58

La planta 3, tiene una inversión de s/. 300 000

Tabla 9. Análisis planta 3

Tamaño PLANTA 3	4500	Inv. Tam. planta 3				300000					
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversion	-300.000.00										
Demanda		1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	4.300.00	3.200.00	3.800.00	4.100.00
Produccion		1.500.00	2.000.00	2.200.00	2.500.00	2.800.00	3.500.00	4.300.00	3.200.00	3.800.00	4.100.00
Costo Fijo		11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00	11.250.00
Costo Variable		4.500.00	6.000.00	6.600.00	7.500.00	8.400.00	10.500.00	12.900.00	9.600.00	11.400.00	12.300.00
Costo Total		15.750.00	17.250.00	17.850.00	18.750.00	19.650.00	21.750.00	24.150.00	20.850.00	22.650.00	23.550.00
Ventas		22.500.00	30.000.00	33.000.00	37.500.00	42.000.00	52.500.00	64.500.00	48.000.00	57.000.00	61.500.00
Flujo Neto	-300.000.00	6.750.00	12.750.00	15.150.00	18.750.00	22.350.00	30.750.00	40.350.00	27.150.00	34.350.00	37.950.00
Utilidad	-53.700.00										
relacion B/C	-0.27										
											TCO
											5%
											VAN
											-120.643.55

**Conclusión:**

Luego de realizar el análisis y en función a los beneficios que nos brinda se escogió la Planta 2.

#### **4. Localización de plantas**

##### **4.1. Definición**

El concepto de la localización de una planta industrial se refiere a la ubicación de la nueva unidad productora, de tal forma que se logre la máxima rentabilidad del proyecto o el mínimo de los costos unitarios. Los elementos más importantes que se consideran en un análisis de localización son:

- La suma de los costos de transporte de las materias primas hacia la planta y de los productos acabados hacia el mercado.
- La disponibilidad y los costos relativos a los insumos.
- Acceso a la infraestructura industrial: caminos de acceso, abastecimiento de energía, abastecimiento de agua, etc.
- Servicios de transporte: carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, etc.
- Estímulos fiscales, leyes y reglamentos, condiciones generales de vida.

##### **4.2. Causas De Los Problemas Relacionados Con La Localización**

En general, una planta industrial que ya viene operando en un lugar, no realiza estudios de localización de planta y se adapta a las condiciones del entorno. Sin embargo, esa situación no se puede mantener ante un mercado globalizado y dinámico, que muchas veces obligan a la empresa a cuestionar su actual localización debido a causas como:

- Un mercado en expansión.
- La introducción de nuevos productos o servicios.
- Una contracción de la demanda.
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento.
- La obsolescencia de una planta de fabricación.
- La presión de la competencia.
- Las fusiones y adquisiciones entre las empresas.

Los problemas de localización de instalaciones que generalmente se enfrentan son:

- Localización de una sola instalación.
- Localización de fábricas, oficinas administrativas y almacenes.

#### **4.3. Ubicaciones posibles**

Para los fabricantes, la localización de instalaciones se divide en 2 categorías en general: instalación de la fábrica y de los almacenes. Basado en estas categorías, el interés podría ser localizar primero la fábrica o almacén de la organización o localizar una totalmente nueva fábrica o almacén relacionadas con instalaciones existentes. La localización de la planta inicial comúnmente se debería al entorno histórico de la organización, por lo cual la exploración económica de la localización de instalaciones se concentra en el problema de aumentar almacenes o fábricas a la cadena de producción y repartición que existe.

La metodología de localización que se recomienda es la determinación previa de posibles ubicaciones (zonas geográficas o ciudades) sobre la base de los siguientes factores preliminares:

- Proximidad a las materias primas.
- Cercanía al mercado.
- Requerimientos de infraestructura industrial (camino de acceso, energía, agua) y condiciones socioeconómicas (la eliminación de desechos, la disponibilidad de mano de obra, entre otros).

Sobre la base de estos factores preliminares se determinan tres o cuatro ubicaciones que denominaremos las ciudades A, B, C, etc. Luego se procederá con más detalle a un análisis de los factores de localización definitivos en relación con las tres o cuatro ubicaciones determinadas previamente.

#### **4.4. Análisis de los factores de localización**

Los factores de localización para este análisis pueden ser muy variados, dependiendo de la naturaleza del proyecto industrial que está en estudio. Tentativamente, señalamos a continuación los 12 factores de localización más utilizados:

#### **4.4.1. Proximidad A Las Materias Primas**

Comparar distancias entre las tres o más ubicaciones predeterminadas con relación a las principales fuentes de insumos.

#### **4.4.2. Cercanía Al Mercado**

Analizar las distancias entre cada una de las ubicaciones preliminares de producción y los principales mercados (clasificación porcentualmente).

#### **4.4.3. Disponibilidad De Mano De Obra**

En relación con cada ubicación predeterminada analizar:

- El tipo de empleados y nivel de capacitación.
- Sueldos.
- El tipo de obreros y nivel de calificaciones, disponibilidad y salarios.

#### **4.4.4. Abastecimiento De Energía**

Analizar para cada ubicación:

- Electricidad suministrada por empresas públicas o privadas:
  - ✓ Energía disponible (Kva).
  - ✓ Tensión (V) alta o baja.
  - ✓ Punto de conexión (distancia al emplazamiento).
  - ✓ Precios (tarifas).
- Aceite combustible:
  - ✓ Cantidad disponible.
  - ✓ Calidad (KJ/kg).
  - ✓ Fuente (estación de suministro, refinería, otros).
  - ✓ Precio.
- Carbón, coque, gas:
  - ✓ Cantidad disponible.
  - ✓ Calidad (KJ/kg).
  - ✓ Fuente.
  - ✓ Precio.

- Sistema de comunicación:
  - ✓ Teléfono: sistema, capacidad, punto de enlace, tarifas.
  - ✓ Télex, fax.

#### **4.4.5. Abastecimiento De Agua**

- Características
  - ✓ Contenido disuelto: dureza, corrosividad, gases.
  - ✓ Sólidos en suspensión.
- Fuentes
  - ✓ Empresas públicas: cantidad máxima obtenible, lugar de conexión posible, diámetro y material de la red existente, presión, precio
  - ✓ Aprovechamiento de fuentes superficiales (ríos), fuentes subterráneas, afluentes regenerados

Esto supone la realización de estudios de la capa freática, examen de derechos ribereños, adjudicaciones, tratamiento de efluentes para su recuperación.

Entre los métodos de tratamiento están la remoción de materias en suspensión, la remoción de materias disueltas y el tratamiento biológico de efluentes.

#### **4.4.6. Servicios De Transporte**

- Carreteras
  - ✓ Ancho de las carreteras y puentes.
  - ✓ Carga admisible.
  - ✓ Alturas de paso bajo los puentes.
  - ✓ Tipos de carreteras (asfaltadas, afirmadas, otros).
- Ferrocarril
  - ✓ Red de ferrocarriles (indicar en mapas).
  - ✓ Ancho y perfil de la vía.
  - ✓ Capacidad del material rodante (cargas, cantidades).
  - ✓ Instalaciones de carga y descarga.



- Transporte acuático
  - ✓ Sistema de ríos, puertos (indicar en mapas).
  - ✓ Ancho y profundidad de canales y ríos.
  - ✓ Capacidad de las embarcaciones.
  - ✓ Instalaciones de carga y descarga.
- Transporte aéreo
  - ✓ Tipo de instalación (aeropuerto, pista de aterrizaje y despegue)
  - ✓ Longitud de las pistas. o Depósitos y almacenes. o Tarifas.
- Servicios de transporte de pasajeros
  - ✓ Autobuses, trenes, otros.

#### **4.4.7. Terrenos**

- Ubicación de los terrenos
  - ✓ Dirección (distrito, ciudad, calle, numero).
  - ✓ Plantas vecinas (nombre, dirección, tipos de industrias).
- Descripción de los terrenos
  - ✓ Dimensiones y altura sobre el nivel del mar.
  - ✓ Orientación geográfica y topografía.

#### **4.4.8. Clima**

- Temperatura ambiente y humedad.
- Horas del sol y vientos.
- Precipitaciones atmosféricas.

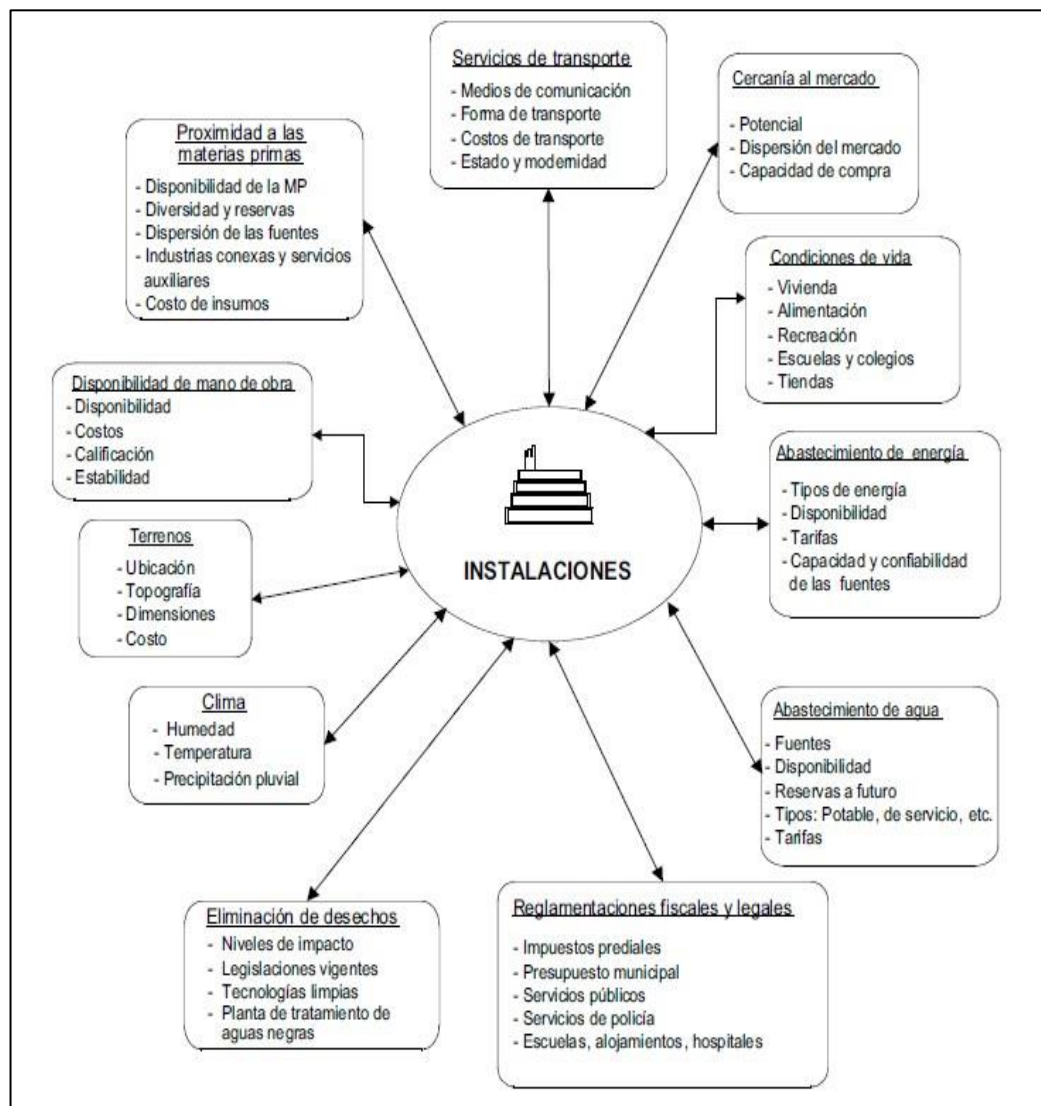
#### **4.4.9. Eliminación de desechos**

- Vertederos y Sistema de alcantarillado.
- Planta de tratamiento de aguas negras.

#### **4.4.10. Reglamentos fiscales y legales**

- Autoridades (locales, regionales, nacionales).
- Reglamentaciones fiscales y legales.
- Seguros.

Figura 26. Factores De Localización



#### 4.5. Niveles De Localización

La localización de las instalaciones de una planta tiene diferentes niveles de decisión, dependiendo del carácter del estudio, esto es, si se está desarrollando un perfil de proyecto, un estudio de prefactibilidad o un estudio de factibilidad.

Estos niveles pueden ser: macro localización, micro localización y localización propiamente dicha.

En muchos casos la macro localización no es necesaria y se define previamente, en general, dependerá del nivel de detalle que requiera el estudio en curso.

**Macro localización:** Se relaciona con los aspectos sociales y nacionales de desarrollo, toma en consideración las condiciones regionales de la oferta y la demanda y posibilidades de infraestructura.

La macro localización podrá ser:

- Internacional.
- Nacional.
- Regional.

**Micro localización:** Se incide en el análisis de detalles relacionados con los recursos de la región y la comparación de componentes de costo.

Para la micro localización se evaluará dentro de:

- La región
- El departamento
- La provincia
- La ciudad

**La localización propiamente dicha:** se estudia las condiciones del lugar de ubicación, costo del terreno, reglamentaciones municipales y facilidades. Se refiere a:

- Ubicación en un área específica.

#### **4.6. Fases de análisis de localización**

##### **4.6.1. Análisis preliminar**

En esta parte se trata de estudiar las estrategias empresariales y políticas de las diversas áreas (operaciones, marketing, etc.), para traducirlas en requerimientos para la localización de las instalaciones.

##### **4.6.2. Búsqueda de alternativas de localización**

Se establece un conjunto de localizaciones candidatas para un análisis más profundo, rechazándose aquellas que claramente no satisfagan los factores dominantes de la empresa.

En una determinación previa se considerará:

- Proximidad a las materias primas
- Cercanía altercada

#### **4.6.3. Evaluación de alternativas**

En esta fase se recoge toda la información acerca de cada localización para medirla en función de cada uno de los factores considerados.

#### **4.6.4. Selección de localización**

A través de análisis cuantitativos y/o cualitativos se compararán entre si las diferentes alternativas para determinar una o varias localizaciones válidas.

### **4.7. Método De Evaluación De Localización**

Debido a los factores que se representan en el análisis de localización, teniendo en consideración que la localización particular de cualquier empresa va a depender de las características del producto y del mercado al cual está dirigido, se hace difícil plantear un método universal que proponga una solución óptima y final para más proyectos, razón por la cual hay una variedad de métodos que tienen diferentes enfoques para la evaluación.

Resulta también importante considerar que existen innumerables localizaciones posibles para el proyecto, cada una de ellas diferenciada por los factores de localización que en algunos casos les son favorables, haciendo de ello más compleja la elección.

#### **4.7.1. Métodos cualitativos de evaluación**

##### **4.7.1.1. Antecedentes industriales**

Se supone que si en un área determinada existen industrias similares a la que se pretende instalar, esta zona es adecuada para el proyecto. Las limitaciones de este método son obvias, desde el momento en que se realiza un análisis estático cuando se requiere uno dinámico, para aprovechar las oportunidades entre las localizaciones posibles de elegir.

Por ejemplo, podemos observar que en la zona de Chimbote y en el sur chico están ubicada gran cantidad de empresas pesqueras y productoras de harina de pescado; este antecedente industrial podría ayudar a decidir alguna inversión en esos lugares.

#### **4.7.1.2. Factor preferencial**

Basa la selección en la preferencia personal de quien debe decidir. Así, el deseo de vivir en un lugar determinado puede relegar los factores económicos al adoptar la decisión final.

Pueden considerar también las prioridades de desarrollo que establezca el plan nacional y orientar sus esfuerzos hacia la industrialización de una zona.

#### **4.7.1.3. Factor dominante**

Más que una técnica es un concepto, puesto que no otorga alternativas de localización. Es el caso de la minería o el petróleo, donde la ubicación está condicionada por el servicio de agua potable y debe instalarse, entonces, donde exista la fuente de agua. Si el lugar no cuenta con este servicio no es posible la instalación.

### **4.7.2. Métodos semicuantitativos de evaluación**

Es una técnica que emplea un sistema de evaluación tomado en consideración los factores de localización de planta, tales como mercado, materias primas, mano de obra, transporte, servicios, energía, y otros. De estos factores, deben relacionarse aquellos cuya aplicación es pertinente en el caso específico.

#### **4.7.2.1. Ejercicio**

Se está estudiando la ubicación más adecuada para una planta productora de espárragos enlatados para exportación, luego de un análisis preliminar se han definido tres posibles lugares donde ubicarla: A, B y C.

Haciendo uso del ranking de factores, determinar el mejor lugar donde se ubicaría la planta.

#### **4.7.2.2. Solución**

Habiendo estudiado el proceso productivo, los requerimientos de insumos y el mercado objetivo, se definieron los siguientes factores:

Tabla 10. Factores del ejercicio

1	Proximidad a la materia prima
2	Cercanía al mercado
3	Disponibilidad de mano de obra
4	Abastecimiento de energía
5	Abastecimiento de agua
6	Servicios de transporte
7	Servicios de construcción, montaje y mantenimiento
8	Clima
9	Eliminación de desechos
10	Reglamentaciones fiscales y legales
11	Condiciones de vida

Para ponderar los factores se ha tomado en consideración la siguiente evaluación en el cuadro de enfrentamiento.

Luego se desarrolla la tabla de ranking de factores

Tabla 11. Tabla De Ranking De Factores

	Pond %	Ciudad A		Ciudad B		Ciudad C	
		Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.
1. Proximidad a la materia prima	17	8	136	4	68	6	102
2. Cercanía al mercado	15	6	90	6	90	4	60
3. Disponibilidad de mano de obra	12	10	120	8	96	8	96
4. Abastecimiento de energía	11	10	110	8	88	6	66
5. Abastecimiento de agua	14	4	56	8	112	4	56
6. Servicios de transporte	8	8	64	6	48	4	32
7. Servicios de construcción, montaje y mantenimiento	3	6	18	8	24	8	24
8. Clima	3	4	12	6	18	6	18
9. Eliminación de desechos	3	2	6	8	24	6	18
10. Reglamentación fiscales y legales	3	6	18	10	30	10	30
11. Cercanía a puertos, aeropuertos	8	10	80	4	32	2	16
12. Condiciones de vida	3	8	24	5	18	6	18
Totales	100%		734		648		536

De acuerdo con el resultado se elegirá la ciudad A como la más adecuada para la localización de planta.

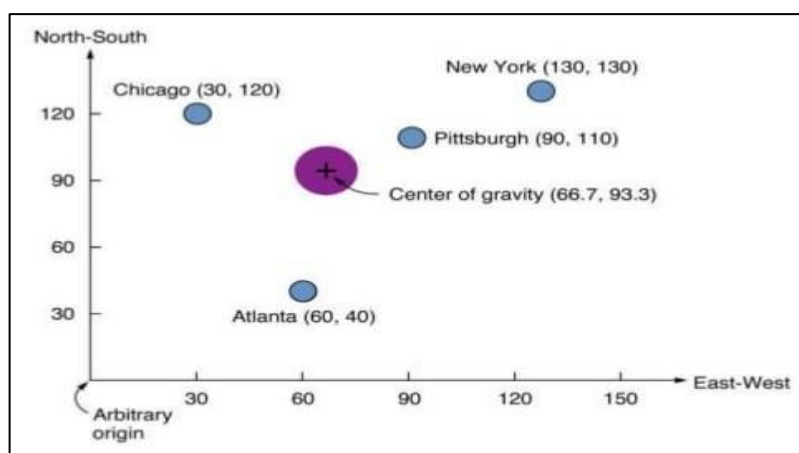
### 4.7.3. Métodos cuantitativos de evaluación

#### 4.7.3.1. Centro de gravedad

Se determina en función de la amplitud del mercado de acuerdo con el número de unidades demandadas por localidad.

La elección de un sitio en especial puede ser determinada por aquel centro de mercado que permitía un costo mínimo de distribución.

Figura 27. Método del centro de gravedad



Para el uso de este método debe considerarse que los medios de transporte deben tener condiciones equivalentes en el área geográfica en estudio.

Este método es una aplicación particular de la ley física de la gravedad universal a los fenómenos del mercado.

Una masa cualquiera  $M$  ejerce fuerzas o tensiones distintas sobre dos puntos cualesquiera como  $A$  y  $B$  dado que dichos puntos están a diferentes distancias de la masa  $M$ , a mayor distancia menor será la fuerza que la masa ejerce sobre cada punto, esto quiere que la fuerza sea inversamente proporcional a la distancia. Si lo interpretamos como centros de venta, aquel que esté más cerca al mercado ejercerá mayor influencia sobre este.

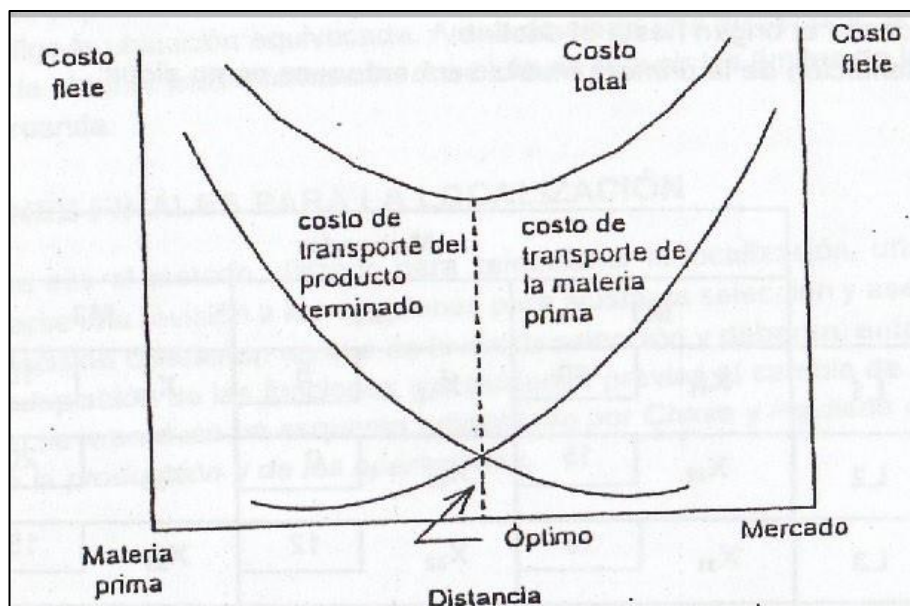
Se puede considerar también que si dos masas distintas tales como  $M_1$  y  $M_2$ , situadas a igual distancia de un punto  $A$ , ejercen diferentes fuerzas sobre este, cuanto mayor sea la masa mayor será la fuerza ejercida sobre dicho punto. Además, si cada punto posee una masa que a su vez ejerce las otras masas del universo, entonces la fuerza entre dos masas cualesquiera es directamente proporcional a la magnitud de ellas es inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias.



### 4.7.3.2. Evaluación del transporte

Se considera como únicos factores el costo de transporte de materia prima y del producto terminado.

Figura 28. Evaluación e transporte



Esta evaluación puede hacerse a través de una técnica de optimización denominada el método de transporte, que permite, además, la evaluación de varios centros de producción y varios centros de demanda o de almacenamiento.

El problema del método consiste en reducir al mínimo posible los costos de transporte destinados a satisfacer los requerimientos totales de la demanda y el abastecimiento de materiales.

Se deben tomar como base los siguientes supuestos:

- Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades embarcase.
- Tanto la oferta como la demanda se expresan en unidades homogéneas.
- Los costos unitarios de transporte no varían de acuerdo con la cantidad transportada.

- La oferta y la demanda deben ser iguales.
- Las cantidades de oferta y la demanda no varían con el tiempo.
- No considera más factores para la localización que los costos de transporte.

#### **4.7.3.3. Método de ponderación de costos**

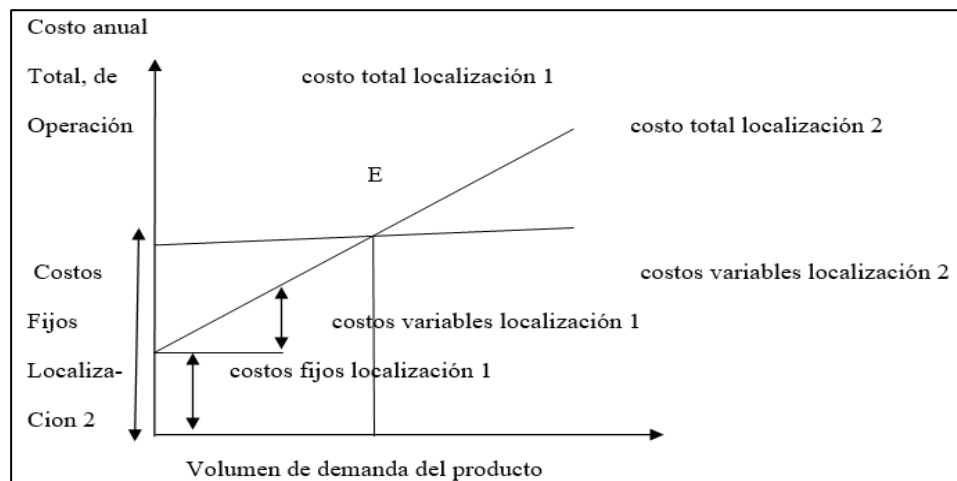
Muchas veces los puntajes de dos localizaciones en el “ranking de factores” se encuentran muy cercanos unos de otros, y como se trata de un proceso de ponderaciones y calificación subjetivas, existe una razonable duda con relación a la mejor localización. En estos casos es necesario realizar un estudio de los costos de operación entre las dos localizaciones que ostentan los mayores puntajes. Los costos operativos de mayor significación son los relacionados con el transporte de las materias primas y los productos acabados.

#### **4.7.4. Usando el concepto de punto de equilibrio**

Es probable que el agente de operaciones, a pesar de conocer y entender los métodos de comparación de factores diferentes entre ubicaciones, no conozca con certeza los valores de estos, debidos a que algunos de los factores están sujetos a cierto tipo de incertidumbre. Por ejemplo: la disponibilidad de mano de obra depende de los patrones de empleo de la región y de la demanda de la producción depende de la economía nacional.

Por ejemplo, supóngase que la variable dudosa es el nivel de la demanda del producto y el criterio de ubicación/distribución expresando gráficamente los costos totales de operación de cada alternativa para los diferentes niveles de demanda, como se indica en la figura siguiente:

Figura 29. Niveles De Demanda



Esto se lleva a cabo dividiendo el costo total de operación en dos componentes: costos fijos que no varían con la demanda del producto (terrenos, edificios, seguros) y costos variables, como mano de obra, materiales y transporte, y marcándolos sobre los ejes de la gráfica.

En el punto de demanda E (intersección de las dos curvas), los costos de las dos alternativas son los mismos; para niveles de demanda mayores que E, la ubicación 2 es la mejor y para niveles menores que E la ubicación 1 es la mejor. Así, pues, si los límites de incertidumbre respecto del volumen de producción están enteramente arriba del punto E, el gerente no debe preocuparse por el lugar que debe elegir; la ubicación 2 es la mejor, del mismo modo que la ubicación 1 es la mejor para cualquier incertidumbre debajo del punto E.

#### 4.8. Decisiones Finales Para La Localización

Cualquiera que sea el método utilizado para seleccionar la localización, una vez determinado el lugar, deberá pasarse una revisión a las decisiones para ajustar la selección y asegurarse de que todas las unidades de decisión concuerden en que es la mejor selección y deberán, entonces, iniciar los estudios de ajuste y adaptación de las funciones y actividades previas al cambio de localización.

#### 4.9. Ejercicio

Determine la mejor ubicación: Cajamarca, Arequipa o Junín, para la instalación de una planta de leche pasteurizada. Teniendo en cuenta la competencia de los productos importados, se ha decidido que el abastecimiento de la materia prima es el factor más importante. Arequipa tiene valles que permiten la crianza de ganado vacuno con ventaja respecto de Cajamarca y muy superiores a Junín. Enseguida se debe prestar atención al transporte del producto terminado al mercado limeño. El transporte representa en importancia el 80% de la materia prima. Junín tiene mayor cercanía que Arequipa y Cajamarca se encuentra más alejado que Arequipa.

Los costos de mano de obra ayudarán para ser competitivos y representan en importancia el 50% del costo del transporte. Los costos de mano de obra son mayores en Arequipa y en Junín éstos tienen un costo superior a Cajamarca. Otro factor de costo es la energía eléctrica que representa en importancia el 50% del costo de mano de obra. Junín se abastece, por su cercanía, de la hidroeléctrica del Mantaro, mientras que Arequipa tiene energía suficiente pero más cara que la de Junín. Cajamarca tiene ciertas deficiencias.

Asignar a la calificación excelente 10 puntos, a la buena 7 y a la regular 4.

Tabla 12. Factores del ejercicio

Factores	M.P.	Transpor	M.O.	Energía	Conteo	Pond. (%)
M.P.		1	1	1	3	50
Transporte	0		1	1	2	33
M.O.	0	0		1	1	17
Energía	0	0	0		0	0
Totales					6	100%

Tabla 13. Factores de localización

Factores de localización	Pond. %	Arequipa		Cajamarca		Junín	
		Calif.	Punt.	Cali	Pu	Calif.	Pun
M.P.	50	10	500	7	35	4	200
Transporte	33	7	231	4	13	10	330
M.O.	17	4	68	10	17	7	119
Energía	0	7	0	4	0	10	0
Totales	100%		799		65		649

De acuerdo con el resultado se elegirá la ciudad de Arequipa como la más adecuada para la localización de la planta de leche pasteurizada.

## **5. Planeamiento Sistemático para la Disposición de Planta**

El planeamiento aplicado en el contexto de disposición de planta se realiza con el objetivo de poder observar la disposición de planta en todo tipo de formatos esquemáticos representativos, con la finalidad de poder configurarlos contemplando su funcionalidad y las operaciones que están previstas para ellas. Este paso es muy importante debido a que nos ayuda a evitar costos e inconvenientes durante la ejecución de la construcción e implementación.

### **5.1. Desarrollo del planeamiento sistemático**

Richard Muther (1961) desarrolló el método Systematic Layout Planning (SLP) donde indica los cuatro niveles o fases de la Planeación Sistemática de la distribución de Planta:

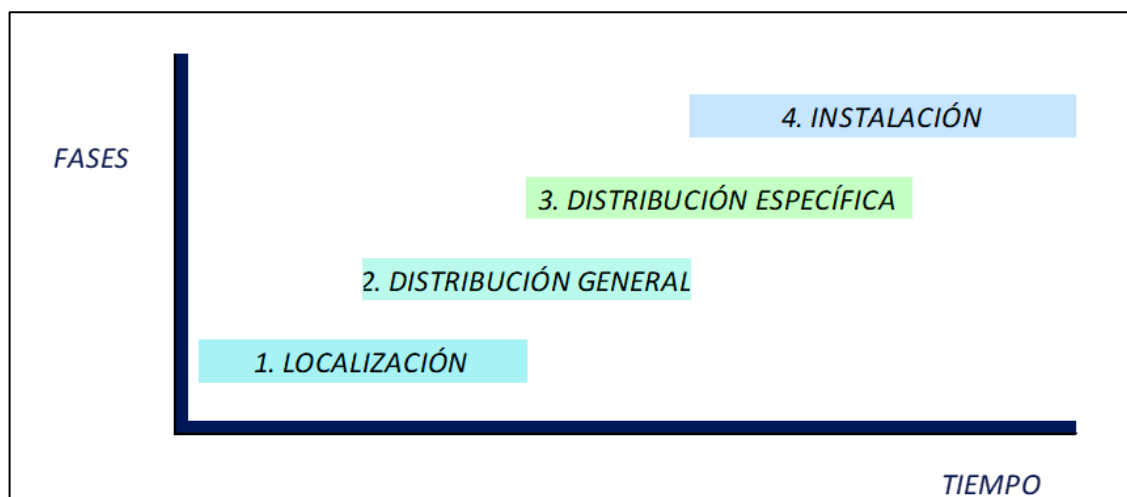
**Nivel 1 - Localización:** En este nivel es donde se decidirá la ubicación de la nueva planta, es decir, la ubicación geográfica donde se puede sacar el mayor provecho y beneficio de la misma, tomando en cuenta los factores internos y externos del entorno.

**Nivel 2 - Plan de Distribución general:** Se establecen los flujos generales básicos para todas las áreas en la instalación que se va a ordenar. Indicando también el tamaño y configuraciones de cada una de las actividades elementales. Esto nos servirá de croquis general de lo esperamos que sea la futura planta.

**Nivel 3 - Plan de Distribución detallada:** En este nivel se definen, preparan y planifican localizan los detalles de cada uno de los elementos que intervienen en todas las áreas indicadas en el nivel anterior. Estos elementos son asignados de acuerdo al área y actividad que realizarán en la planta, tomando en cuenta los criterios mencionados.

**Nivel 4 – Instalación:** En esta fase final se procede a instalar y ajustar los equipos, máquinas y también las instalaciones. Hasta completar satisfactoriamente la instalación de la planta.

Figura 30. Niveles de la Planeación Sistémica de distribución de planta.



## 5.2. Elementos base del problema de Planeamiento Sistémico

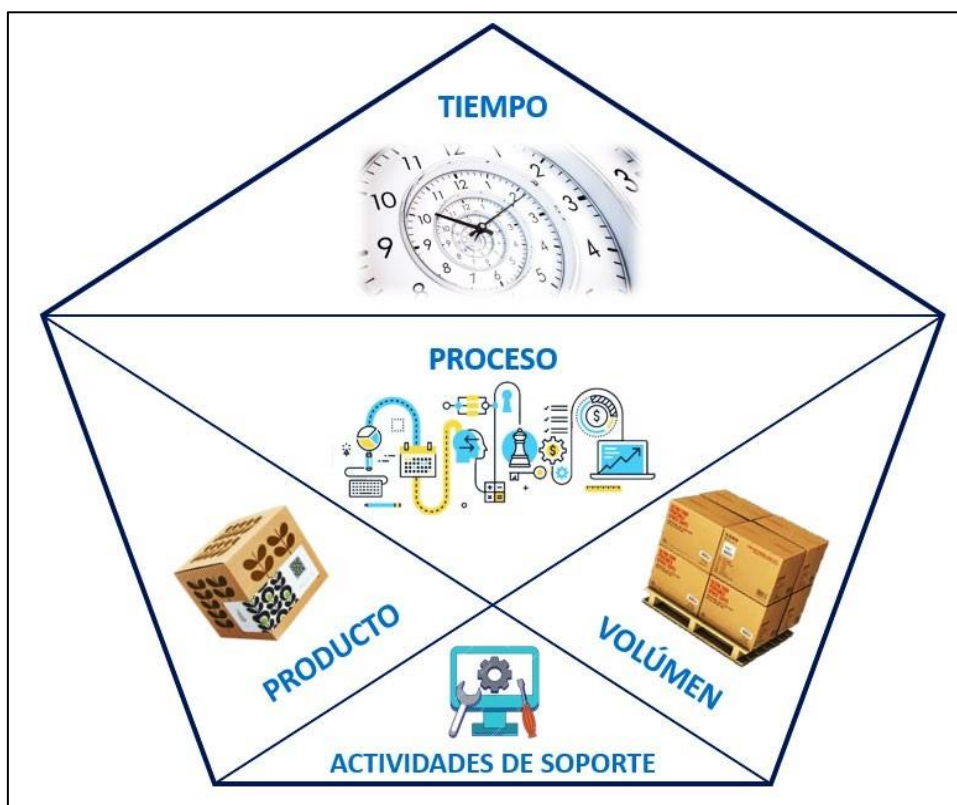
Según el método Systematic Layout Planning de Richard Muther éstos son los cinco elementos a considerar a la hora de solucionar un problema de distribución de planta:

1. **El Producto (P):** Toma en cuenta a todas las materias primas, pizas que se fabricaron, piezas que deben comprarse o se compraron, así como artículos terminados o por terminar.
2. **El volumen (V):** La cantidad de artículos que deben ser producidos.
3. **El proceso (R):** La secuencia de actividades y operaciones con el cual se realizan los productos.
4. **Las actividades de soporte y funciones (S):** Son actividades con las cuales el funcionamiento de toda la planta se realice de forma correcta.
5. **El tiempo (T):** Elemento primordial dentro de las cuatro anteriores pues permite detallar la duración de todas las actividades, de los procesos, de los volúmenes de producción, así como la rapidez de trabajo del personal y de las máquinas.

Deben usarse estos elementos de manera conjunta pues cada una está estrechamente relacionada con la otra, de modo que, el encargado o lo encargados de la distribución de la planta deben considerarlos con la debida importancia que tienen. Utilizarlos como unos poderosos elementos que ayuden a solucionar los problemas

que se presenten en la distribución de planta, poniendo mayor importancia en el tiempo, pues en una distribución de planta es determinante saber programarla y controlarla.

Figura 31. Elementos base del problema del Planeamiento Sistémico



### 5.3. Fases o Etapas del Planeamiento

Muther (1961) nos explica que, para realizar un correcto enfoque organizado del proyecto de disposición de planta, se deben de seguir las siguientes fases de forma ordenada:

1. Fase de Determinación del Problema
2. Fase de Distribución general
3. Fase de Distribución al detalle
4. Fase de Plan de implementación

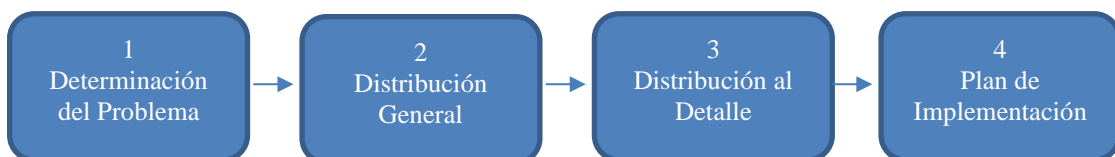
Primero, se realiza la descripción de los elementos que intervendrán en los próximos cálculos de la planeación. Elementos como el Producto (P) y la Cantidad. Así como otros elementos que ayuden a realizar las relaciones entre los productos, las

relaciones entre todas las actividades que intervienen en el proceso de producción, también los recursos que serán utilizados en la fabricación de los productos.

Segundo, se realiza la distribución general de toda la planta. Empezando con el análisis de los productos, así como las relaciones entre las actividades bajo el Análisis PQ. Para proceder a realizar los diagramas que relacionen a las actividades y recorridos. También con el estudio de las necesidades de espacios y espacios disponibles. Todos estos factores, unificarlos bajo el diagrama relacional de los espacios. Factores influyentes como el Hombre, máquinas, materiales, edificios, materiales, etc.

Todo reflejado en proyectos donde se realicen todas las actividades considerando los costos y la ansiada rentabilidad. Finalmente, se realizan los mismos procedimientos para todas las áreas planeadas en el trabajo.

Figura 32. Etapas del Planeamiento



#### **5.4. Herramientas del planeamiento sistemático**

Para realizar un correcto planeamiento sistemático de la disposición se hace uso de herramientas para realizar los estudios para describir todas aquellas operaciones y actividades. Aquí algunas herramientas importantes y más usadas son:



Figura 33. Balance de línea

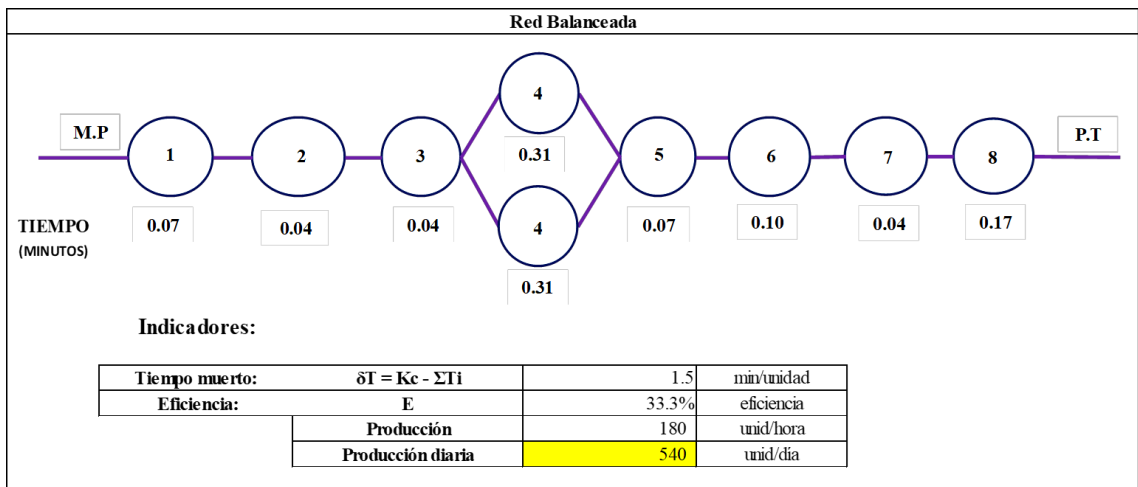


Figura 34. Gráfico P – Q

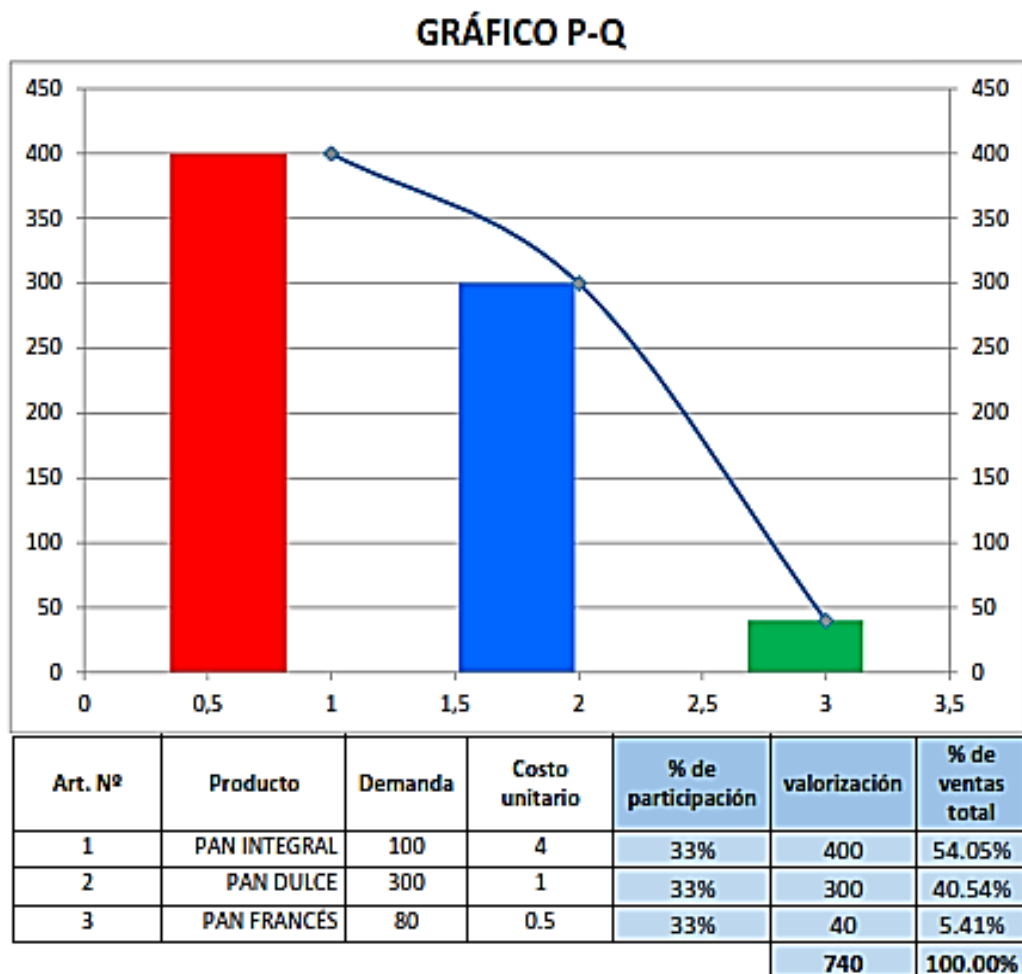




Figura 37. Diagrama Relacional de Espacios

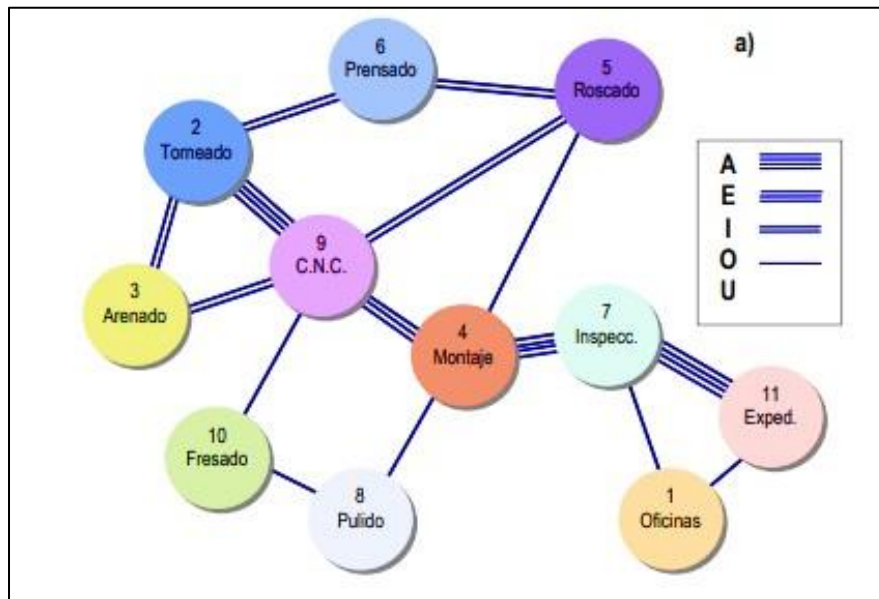


Figura 38. Diagrama de Operaciones (DOP) - Tipo Hombre

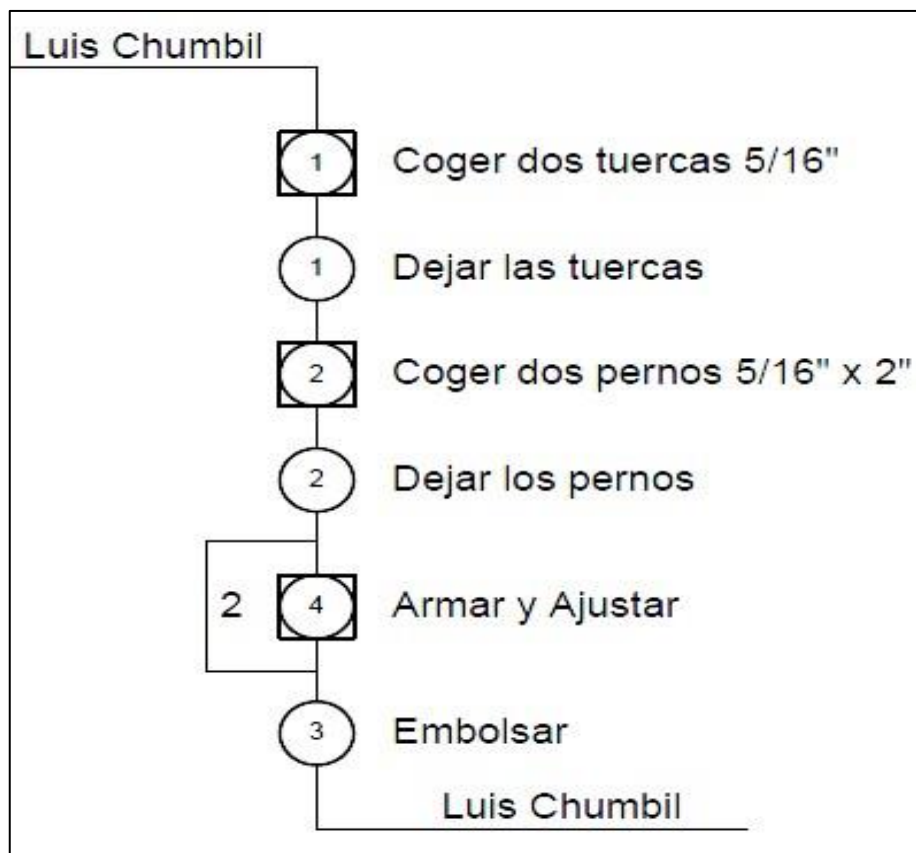


Figura 39. Diagrama de Operaciones (DOP) - Tipo Hombre

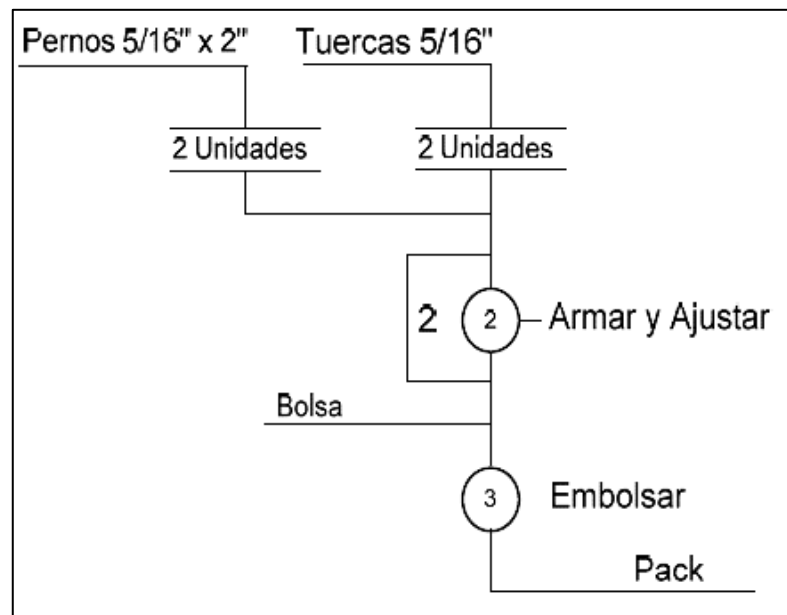


Figura 40. Diagrama de análisis de procesos (DAP) – Tipo Hombre

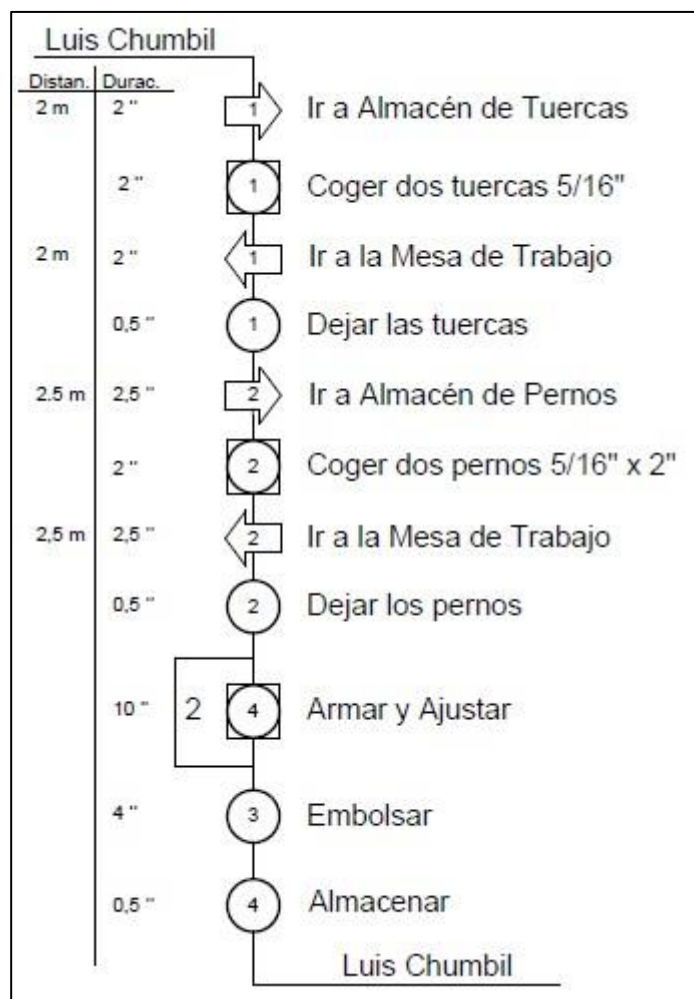


Figura 41. Diagrama de análisis de procesos (DAP) – Tipo Máquina

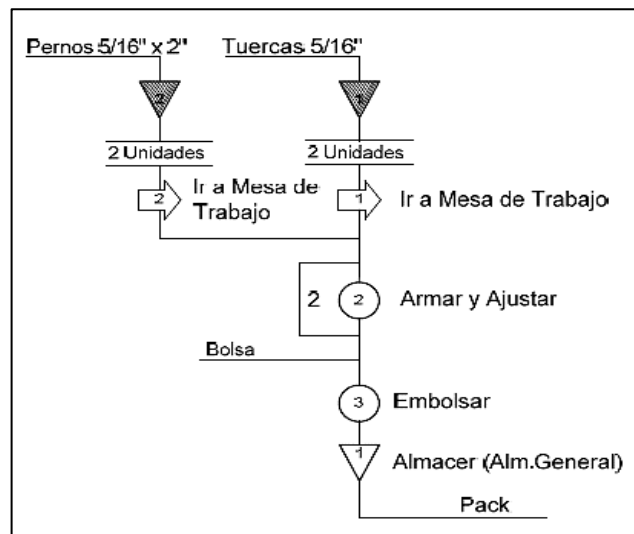


Figura 42. Diagrama de análisis de procesos (DAP)

DAP		Operario/ Material/ Equipo							
Diagrama N°. 01	Hoja N°. 01	RESUMEN							
Objetivo: Despacho de tubos de plástico		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA				
Actividad: Proceso completo		Operación	22						
Método: ACTUAL		Transporte	19						
Lugar:		Espera	1						
Operarios: Ficha N°. 1		Inspección	2						
Compuesto por: Fecha: 21/07/2020		Almacenamiento	4						
Aprobado por:		Distancia	m	33.65					
		Tiempo	min	1.043					
		Costo							
		Mano de Obra							
		Material							
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
1. Recibe la orden de pedido			0.05	○	➡	□	▽		
2. Lee el orden de pedido			0.25	○	➡	□	▽		
3. Se dirige al bastidor de tubos				○	➡	□	▽		
4. Coge los tubos		1		○	➡	□	▽		
5. Lleva los tubos al mostrador				○	➡	□	▽		
6. Deposita los tubos en el mostrador		0.2		○	➡	□	▽		
7. Mide los tubos				○	➡	□	▽		
8. Marca los tubos medidos		0.05		○	➡	□	▽		
9. Se dirige al estante de herramientas		2	0.03	○	➡	□	▽		
10. Coje una tierra		0.05		○	➡	□	▽		
11. Regresa al mostrador		2	0.03	○	➡	□	▽		
12. Coge los tubos marcados		0.4		○	➡	□	▽		
13. Se dirige al banco de trabajo		6	0.2	○	➡	□	▽		
14. Realiza cortes respectivos		0.4		○	➡	□	▽		
15. Toma los tubos cortados		0.4		○	➡	□	▽		
16. Se dirige al mostrador		6	0.2	○	➡	□	▽		
17. Hace la confrontación con la orden de pedido		0.5		○	➡	□	▽		
18. Espera al usuario				○	➡	□	▽		
19. Se dirige a la oficina/ sello y autorización		11	0.183	○	➡	□	▽		
20. Recibe la copia		0.4		○	➡	□	▽		
21. Entrega la copia al usuario		0.05		○	➡	□	▽		
22. Regresa al banco de trabajo		3	0.1	○	➡	□	▽		
23. Toma los tubos sobrantes		0.2		○	➡	□	▽		
24. Lleva los tubos sobrantes al bastidor				○	➡	□	▽		
25. Deposita los tubos en el bastidor				○	➡	□	▽		
<b>TOTAL</b>		<b>33.65</b>	<b>1.043</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

Figura 43. Hoja de verificación de factores

DEFECTO	DIA				TOTAL
	1	2	3	4	
Tamaño erróneo					26
Forma errónea					9
Depto. Equivocado					8
Peso erróneo					37
Mal Acabado					7
TOTAL	25	20	21	21	87

Figura 44. Diagrama Multiproducto

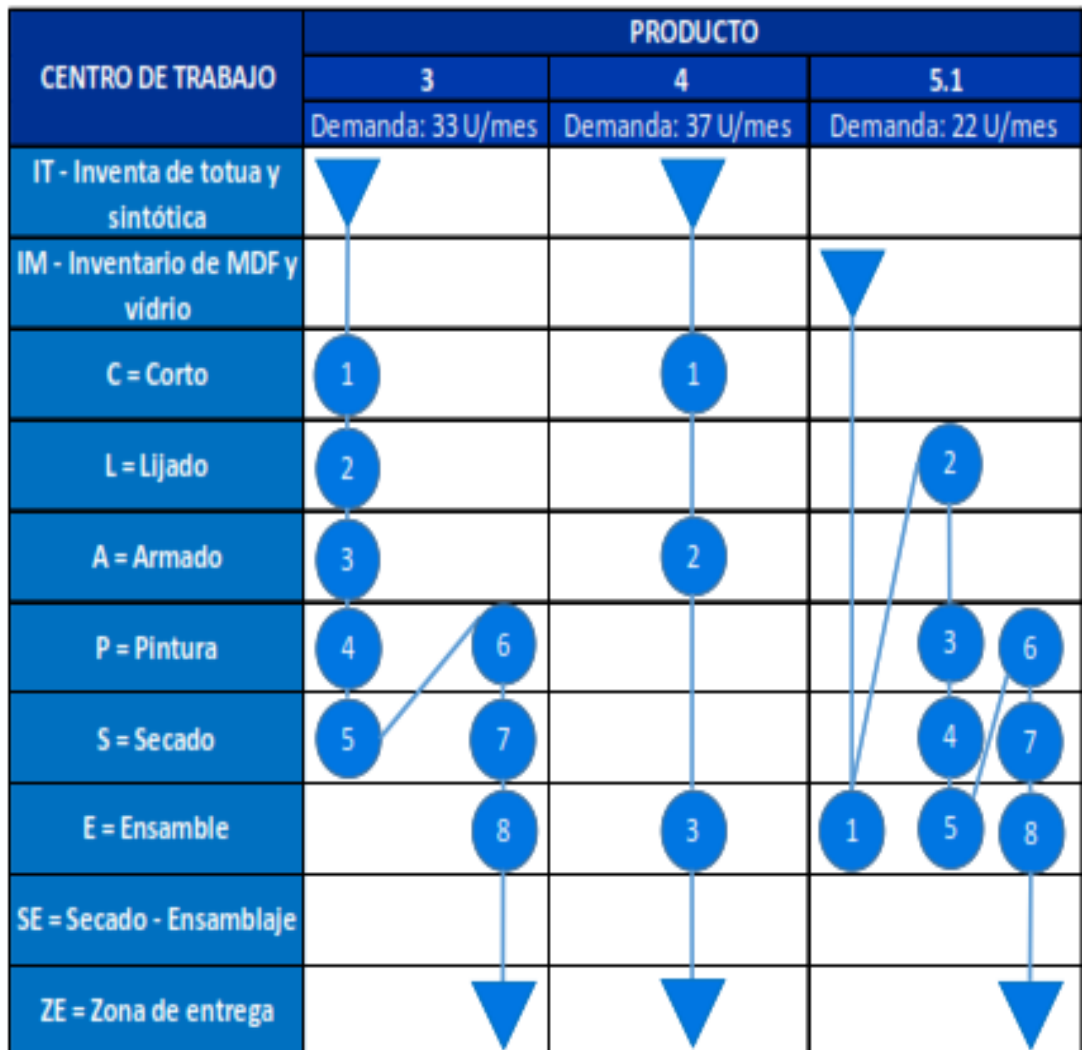


Figura 45. Diagrama de Disposición Ideal

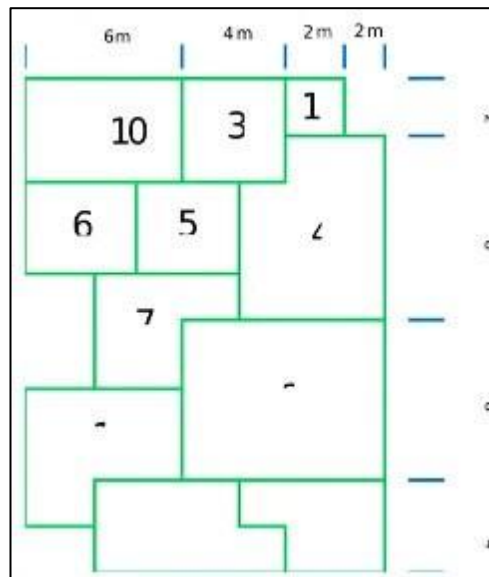
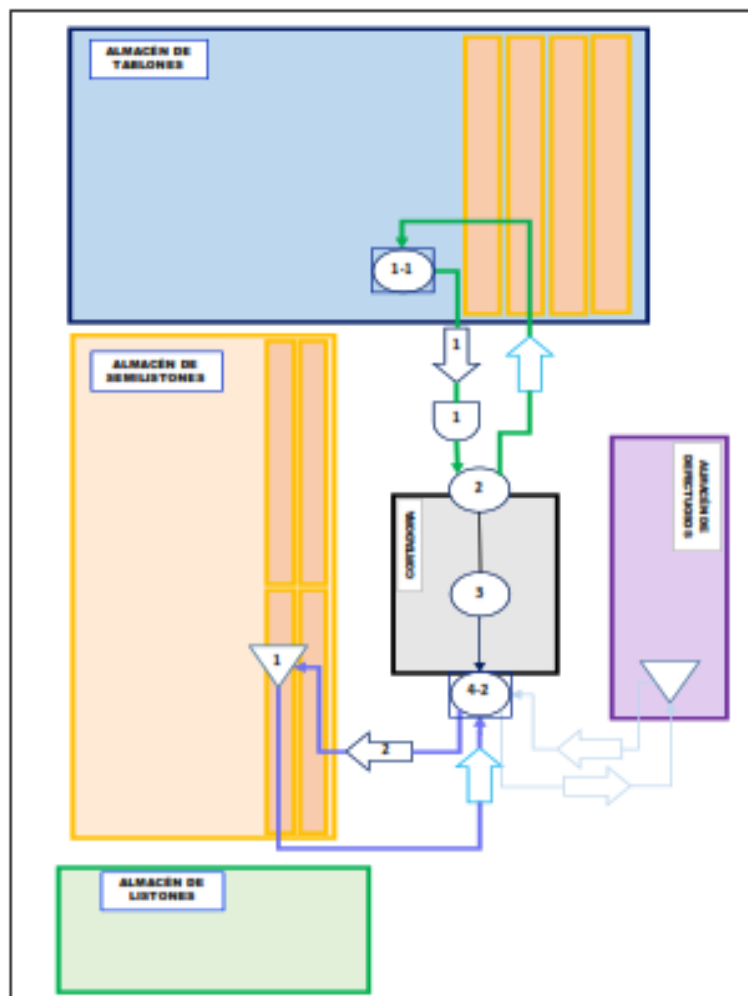


Figura 46. Diagrama de recorrido



## **6. Factores de Disposición de Planta**

Tomando como base los principios de la disposición de planta, se requerirán estudiar algunos factores que por su naturaleza influyen directamente en las decisiones de la disposición de planta. (Bertha Diás, 2014)

### **6.1. Factor Material**

Uno de los factores decisivos en la distribución de plantas son los materiales, y considerar sus características es determinante en para su elección, como su diseño, su tipo, su composición física – química, cantidad, etc. Una buena distribución de planta ayudará a facilitar el adecuado manejo de estos materiales y los productos que resulten de éstas. El estudio organizado de la cantidad y beneficios obtenidos de los productos se realizan a través de técnicas cuantitativas útiles.

Las empresas tienen como finalidad minimizar costos y maximizar ganancias, por lo que hacerlo de manera apropiada implica contar con cierto nivel competitivo en cuanto al manejo de sus materiales. Realizar el correcto ordenamiento de la posición de los materiales que participan en el proceso de producción, ayudará a realizar las actividades de manera más eficiente y eficaz, considerándose también las secuencias de las operaciones y las áreas interconectadas. Es así que el entorno de la producción debe estar condicionado a que esto funcione de la mejor manera para minimizar también los errores, los reprocesos y también los futuros accidentes.

Figura 47. Materiales en planta de producción





Conocer la información detallada del material nos ayuda a la empresa saber dónde y cómo almacenar los materiales. Las áreas deben ser acorde a las operaciones que desarrolle.

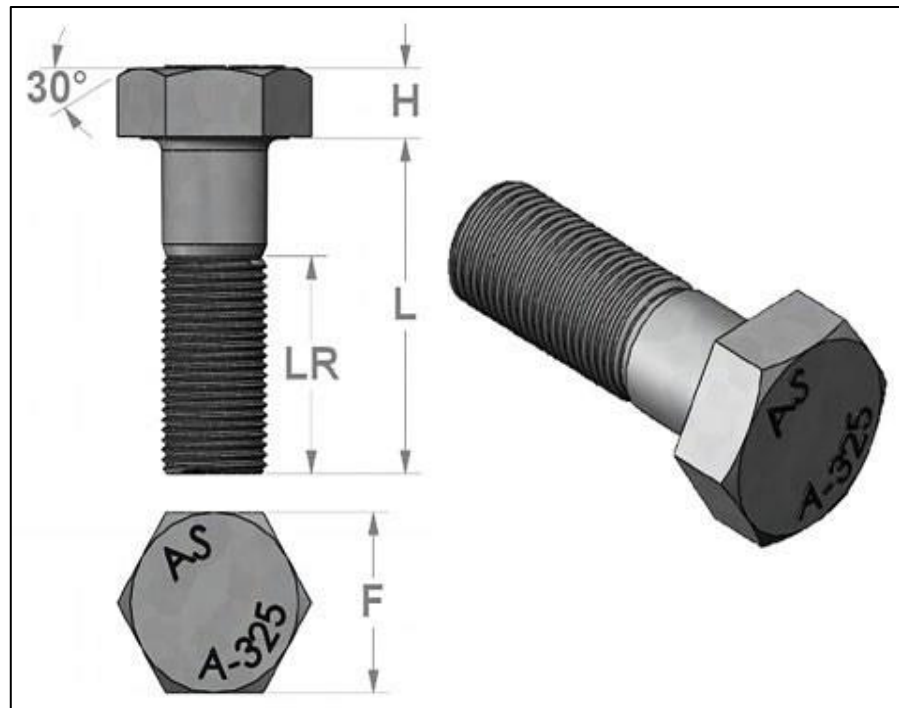
#### **6.1.1. Elementos del factor material**

1. En el proceso productivo: Materiales, materias primas, productos en proceso, productos defectuosos, materiales de desecho.
2. En el envasado: Materiales de envasado y productos envasados.
3. Embalajes finales: Materiales para embalaje y productos embalados.

#### **6.1.2. Consideraciones**

1. **Diseño:** Le producto final debe contar con una serie de especificaciones concretas para cumplir con los estándares de calidad. Por lo que, el diseño de sus materiales con las siguientes características. Deben tener el tamaño adecuado con lo que acepta el mercado, debe ser accesible para los consumidores, debe ser amigable con el medio ambiente, tener una calidad adecuada para lo que los clientes están dispuestos a pagar y con un costo considerable para su nueva producción y ventas.

Figura 48. Diseño de un Perno Estructural Cabeza Hexagonal ASTM A-325



- 2. Características físico – químicas del producto:** Conocer las características de los materiales y sus componentes es determinante a la hora de realizar los procedimientos transformativos de la misma para alcanzar el producto deseado. Físicamente, desde su forma, tamaño, funciones mecánicas como su grosor, rectitud, anchura, afinidad con otros materiales, su resistencia a diferentes ambientes, etc. Químicamente, desde su reactividad con otras sustancias, su grado de humedad, su resistencia química, resistencia a las manchas, resistencias a los cambios de temperatura, etc.

Figura 49. Características Físicas del producto

ØD Diámetro	F Entre Caras	H Altura Cabeza	LR (Largo Rosca)	L (Largo Total)
1/2 - 13	7/8	5/16	1	1.1/4 a 5
5/8 - 11	1.1/16	25/64	1.1/4	1.1/4 a 5
3/4 - 10	1.1/4	15/32	1.3/8	1.1/2 a 6
7/8 - 9	1.7/16	35/64	1.1/2	1.3/4 a 8
1 - 8	1.5/8	39/64	1.3/4	2.1/4 a 8
1.1/8 - 7	1.13/16	11/16	2	2.1/2 a 8
1.1/4 - 7	2	25/32	2	2.1/2 a 8
1.1/2 - 6	2.3/8	15/16	2.1/4	3 a 8

TOLERANCIAS DE LARGO (ASME B18.2.4)				
Medida Nominal	1/2	5/8	3/4 a 1	1.1/8 a 1.1/2
Hasta 4	+0.00 -3.05	+0.00 -3.05	+0.00 -4.83	+0.00 -6.35
Sobre 4	+0.00 -4.83	+0.00 -6.35	+0.00 -6.35	+0.00 -6.35

TOLERANCIAS DE LARGO (ASME B18.2.4)				
Medida Nominal	1/2	5/8	3/4 a 1	1.1/8 a 1.1/2
Hasta 4	+0.00 -3.05	+0.00 -3.05	+0.00 -4.83	+0.00 -6.35
Sobre 4	+0.00 -4.83	+0.00 -6.35	+0.00 -6.35	+0.00 -6.35

LARGOS DE INCREMENTO DE 1/4"

CLASE DE ROSCA : UNIFICADA CORRIENTE UNC CLASE 2B (ASME B1.1 - 2002).

RECUBRIMIENTO : GALVANIZADO POR INMERSION EN CALIENTE (ASTM F-2329 Similar A-153-2000 CLASE C).  
: CINCADO ELECTROLITICO (ASTM B-633 -1998).

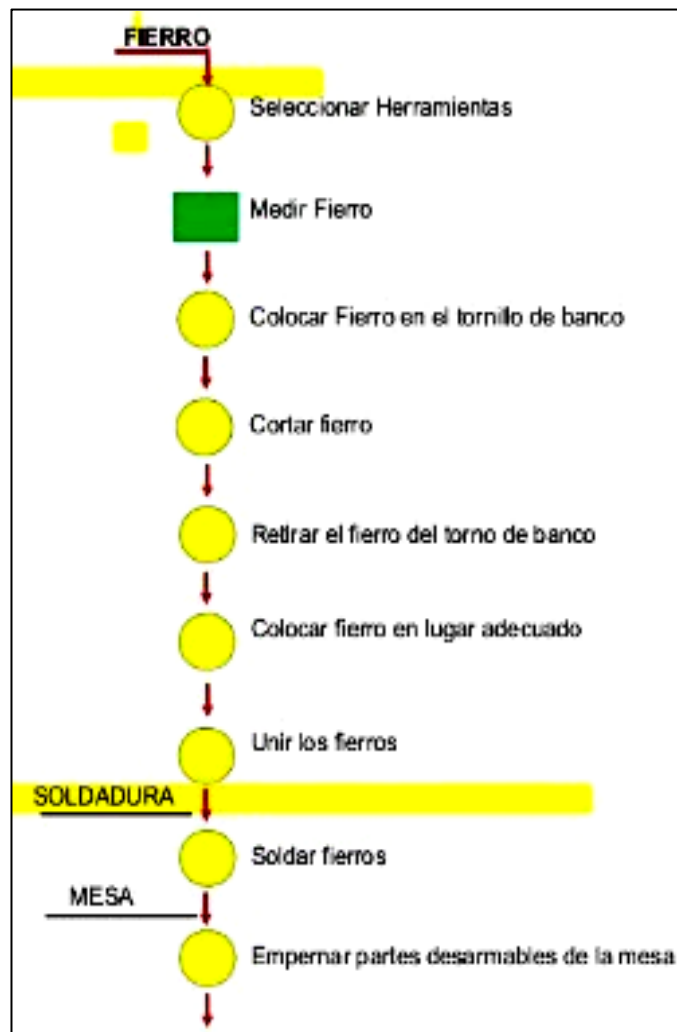
TERMINACIÓN : PAVONADO NEGRO.

\* CUALQUIER MODIFICACION EN EL LARGO DE LA ROSCA PRODUCE QUE EL PERNO SEA REGIDO POR LA NORMA ASTM A-449 TIPO 1.

NORMA	MATERIAL	DIAMETRO NOMINAL	RESISTENCIA MIN. A LA TRACCION	DUREZA Hrc
ASTM A 325 TIPO 1	Acero Medio Carbono Templado y Revenido	1/2" HASTA 1" SOBRE 1" HASTA 1 1/2"	120 KSI 105 KSI	25-34 19-30

- Combinación:** Para producir un producto, deben de realizarse mezclas y combinaciones de materiales, dependiendo de las características que se quieran lograr. Las herramientas de diagramado como el DOP son muy importantes para darnos unas ideas generales y hasta detalladas de las operaciones transformativas, y bajo ese criterio, realizar las distribuciones de planta adecuadas.

Figura 50. Diagrama de operaciones de la producción



4. **Variedad:** En cuanto a la variedad, cuando se cuenta con una sola variedad de producto la distribución es mucho más sencilla, pues lo que se busca es una producción en cadena en grandes cantidades, entonces, la producción de un tipo de producto tendrá una distribución fija de toda la planta de producción. Cuando se tiene una familia de productos, se debe de considerar la disposición de la planta conforme a los productos patrones. El análisis PQ es una herramienta muy importante para determinar esta importancia entre productos.

Figura 51. Diversidad de Pernos

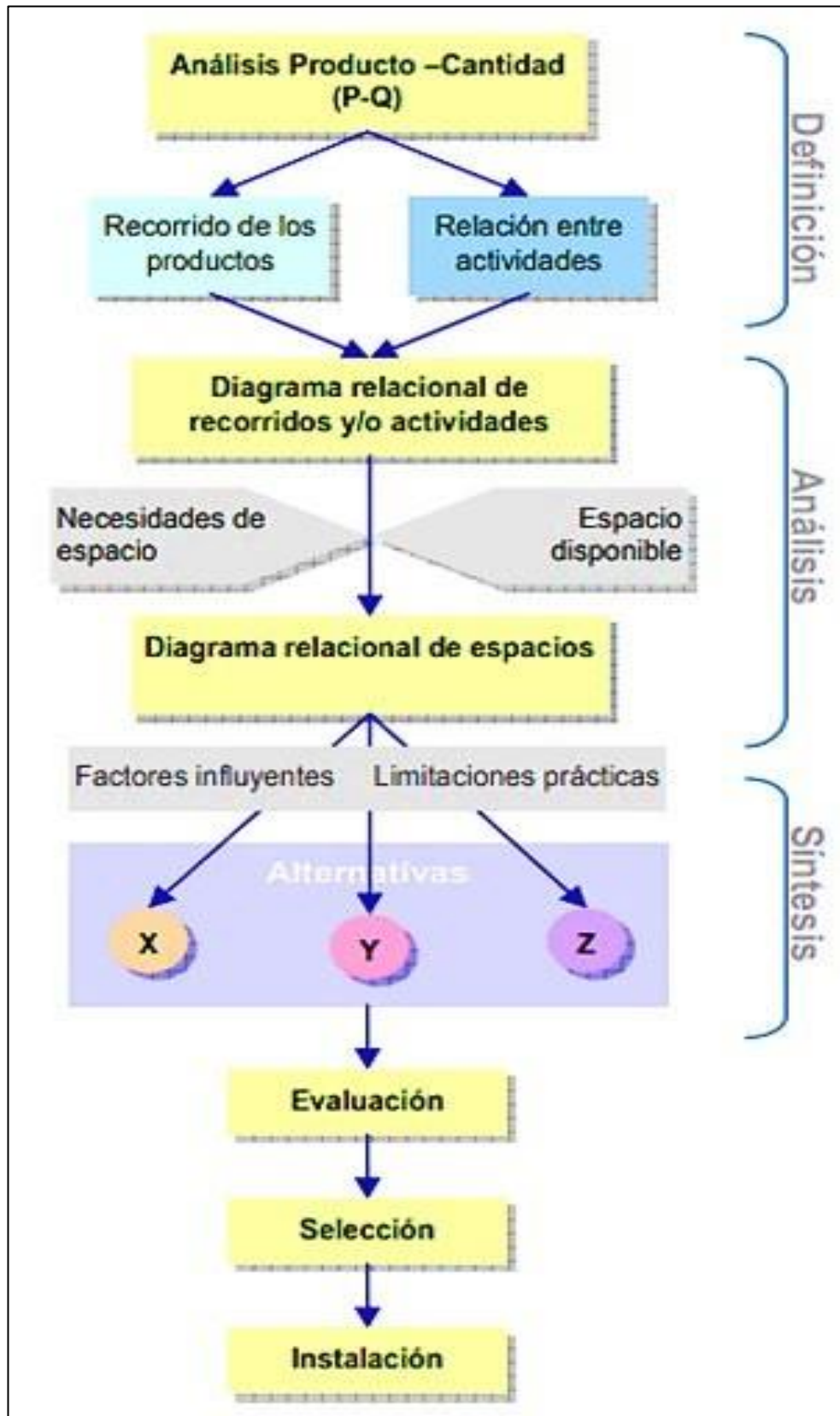


### 6.1.3. Análisis PQ

EL análisis P-Q no proporciona una información más ordenada de la relación entre los productos y sus cantidades. Este análisis nos ayuda a determinar la mejor distribución para los procesos que vamos a realizar en la planta de producción.

Lo primero que debe hacerse es recopilar toda la información sobre los productos, como las cantidades que se demandan en cierto periodo de tiempo, así como los ingresos percibidos por estos. Ordenarlas en tablas y pasarlas gráficas de histogramas de frecuencias. Donde el eje "x" estén los productos con sus respectivos códigos o nombres y en el eje de "y" las cantidades de las mismas. Estas deben ordenarse de forma decreciente.

Figura 52. Diagrama análisis P-Q



### 6.1.3.1. Ejemplo de aplicación P - Q

La empresa ENVASA S.R.L. se dedica al envasado en bolsas y/o cajas de diversos productos de consumo masivo, generalmente productos en polvo. Con el objetivo de resolver los problemas en el flujo de materiales el Gerente Carlos Martínez decide que se debe iniciar con los análisis de selección de productos P-Q y ABC. Se cuenta con la siguiente información de los productos que se envasan:

Tabla 14. Lista de productos

Cód.	Producto	Presentación (gr.)	Unidad	Producción Semanal (kg.)	Precio Unitario (S/.)
1	Mazamorra de Piña	280	Caja	5040	1.5
2	Gelatina Naranja	100	Bolsa	4000	1.3
3	Flan de Chocolate	150	Bolsa	1500	2
4	Pudín de Vainilla	150	Caja	750	2.1
5	Polvo de Hornear	80	Sobre	360	0.8
6	Flan de Vainilla	150	Bolsa	6000	2
7	Pudín de Chocolate	150	Caja	1800	2.1
8	Azúcar Fina	250	Bolsa	1500	1
9	Gelatina de Fresa	100	Bolsa	6000	1.3
10	Colapez en escamas	50	Sobre	2400	1.2
11	Gelatina de Cereza	100	Bolsa	3000	1.3
12	Gelatina de Piña	100	Bolsa	2500	1.3
13	Mazamorra Morada	280	Caja	14000	1.5
14	Gelatina de Uva	100	Bolsa	2200	1.3
15	Gelatina de Limón	100	Bolsa	1300	1.3
16	Pudín de Fresa	150	Caja	450	2.1
17	Flan de Dulce de Leche	150	Bolsa	3000	2
18	Mazamorra de Durazno	280	Caja	2240	1.5

### 6.1.3.1.1. Desarrollo

Se halla la cantidad de unidades en base a la Producción Semanal en kilogramos entre la Presentación en gramos. Y luego se ordena de manera decreciente los productos, de este modo tener una vista general del o los productos con mayor demanda en el mercado. Luego se procede a hallar los ingresos percibidos que se halla multiplicando la cantidad de unidades por el precio unitario de cada envasado según producto.

Tabla 15. Cantidad de unidades

Cód.	Producto	Presentación (gr.)	Unidad	Cantidad en Unidades
9	Gelatina de Fresa	100	Bolsa	60000 bolsas
13	Mazamorra Morada	280	Caja	50000 cajas
10	Colapez en Escamas	50	Sobre	48000 sobres
6	Flan de Vainilla	150	Bolsa	40000 bolsas
2	Gelatina de Naranja	100	Bolsa	40000 bolsas
11	Gelatina de Cereza	100	Bolsa	30000 bolsas
12	Gelatina de Pina	100	Bolsa	25000 bolsas
14	Gelatina de Uva	100	Bolsa	22000 bolsas
17	Flan de Dulce de Leche	150	Bolsa	20000 bolsas
1	Mazamorra de Piña	280	Caja	18000 cajas
15	Gelatina de Limón	100	Bolsa	13000 bolsas
7	Pudín de Chocolate	150	Caja	12000 cajas
3	Flan de Chocolate	150	Bolsa	10000 bolsas
18	Mazamorra de Durazno	280	Caja	8000 cajas
8	Azúcar Fina	250	Bolsa	6000 bolsas
4	Pudín de Vainilla	150	Caja	5000 cajas
5	Polvo de Hornear	80	Sobre	4500 sobres
16	Pudín de Fresa	150	Caja	3000 cajas



Tabla 16. Ingresos percibidos por la venta

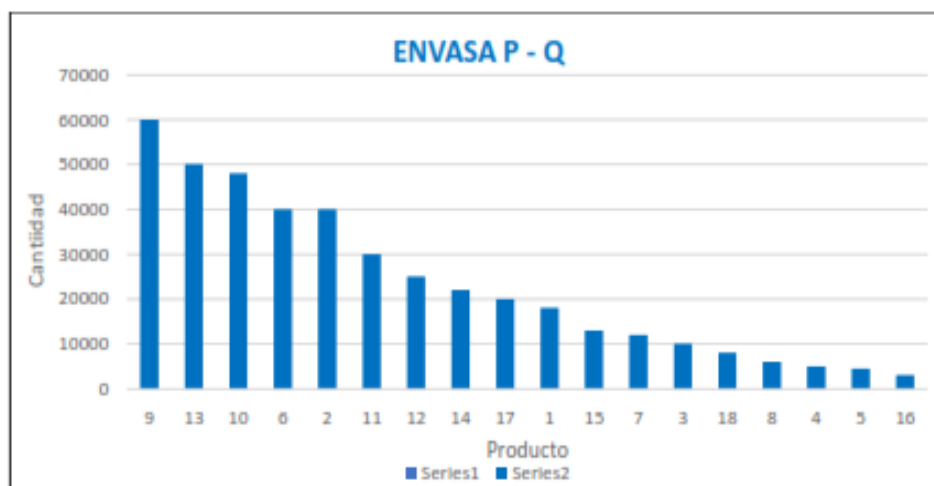
Cód.	Producto	Presentación (gr.)	Unidad	Cantidad en Unidades
6	Flan de Vainilla	150	Bolsa	80000
9	Gelatina de fresa	100	Bolsa	78000
13	Mazamorra morada	280	Caja	75000
10	Colapez en escamas	50	Sobre	57600
2	Gelatina naranja	100	Bolsa	52000
17	Flan de dulce de leche	150	Bolsa	40000
11	Gelatina de cereza	100	Bolsa	39000
12	Gelatina de piña	100	Bolsa	32500
14	Gelatina de uva	100	Bolsa	28600
1	Mazamorra de piña	280	Caja	27000
7	Pudín de chocolate	150	Caja	25200
3	Flan de chocolate	150	Bolsa	20000
15	Gelatina de limón	100	Bolsa	16900
18	Mazamorra de durazno	280	Caja	12000
4	Pudín de vainilla	150	Caja	10500
16	Pudín de fresa	150	Caja	6300
8	Azúcar fina	250	Bolsa	6000
5	Polvo de hornear	80	Sobre	3600

Análisis P – Q

Tabla 17. Producto - Cantidad

Código	PRODUCTO	Cantidad en unidades
9	Gelatina de fresa	60000 bolsas
13	Mazamorra morada	50000 cajas
10	Colapez en escamas	48000 sobres
6	Flan de vainilla	40000 bolsas
2	Gelatina Naranja	40000 bolsas
11	Gelatina de cereza	30000 bolsas
12	Gelatina de piña	25000 bolsas
14	Gelatina de uva	22000 bolsas
17	Flan de dulce de leche	20000 bolsas
1	Mazamorra de Piña	18000 cajas
15	Gelatina de limón	13000 bolsas
7	Pudín de chocolate	12000 cajas
3	Flan de chocolate	10000 bolsas
18	Mazamorra de durazno	8000 cajas
8	Azúcar fina	6000 bolsas
4	Pudín de vainilla	5000 cajas
5	Polvo de hornear	4500 sobres
16	Pudín de fresa	3000 cajas

Figura 53. Gráfico P – Q de la empresa ENVASA S.R.L.



El resultado del análisis P – Q nos muestra que los productos Embolsado de Gelatina de fresa, Encajado de Mazamorra Morada y Ensobrado de Colapez de Escamas son los tres productos más demandados. Sin embargo, siempre un análisis P – Q debe complementarse con un análisis ABC, que nos categoriza la cantidad de productos (familia de productos) en tres sectores según su nivel de ingresos.

### Análisis ABC

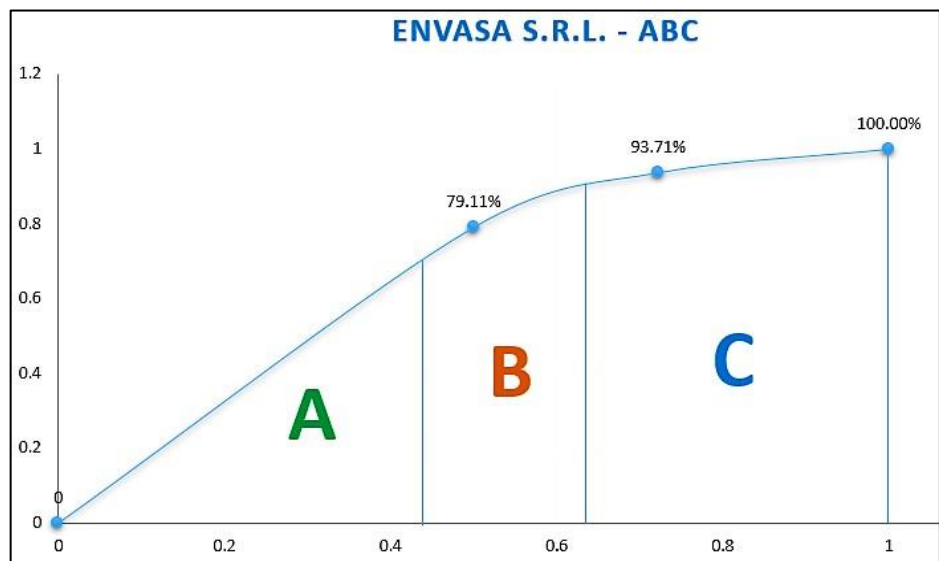
Tabla 18. Análisis ABC

Código	PRODUCTO	Ingresos (S/. )	%	% acumulado	ZONA	
6	Flan de vainilla	S/. 80,000	13.11%	13.11%	A	79.11%
9	Gelatina de fresa	S/. 78,000	12.78%	25.89%	A	
13	Mazamorra morada	S/. 75,000	12.29%	38.18%	A	
10	Colapez en escamas	S/. 57,600	9.44%	47.62%	A	
2	Gelatina Naranja	S/. 52,000	8.52%	56.15%	A	
17	Flan de dulce de leche	S/. 40,000	6.56%	62.70%	A	
11	Gelatina de cereza	S/. 39,000	6.39%	69.09%	A	
12	Gelatina de piña	S/. 32,500	5.33%	74.42%	A	
14	Gelatina de uva	S/. 28,600	4.69%	79.11%	A	
1	Mazamorra de Piña	S/. 27,000	4.42%	83.53%	B	14.60%
7	Pudín de chocolate	S/. 25,200	4.13%	87.66%	B	
3	Flan de chocolate	S/. 20,000	3.28%	90.94%	B	
15	Gelatina de limón	S/. 16,900	2.77%	93.71%	B	
18	Mazamorra de durazno	S/. 12,000	1.97%	95.67%	C	6.29%
4	Pudín de vainilla	S/. 10,500	1.72%	97.39%	C	
16	Pudín de fresa	S/. 6,300	1.03%	98.43%	C	
8	Azúcar fina	S/. 6,000	0.98%	99.41%	C	
5	Polvo de hornear	S/. 3,600	0.59%	100.00%	C	
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 610,200</b>	<b>100.00%</b>			<b>100.00%</b>

ZONA	Número de Productos	% Total de los Productos	Acum Prod	% INGRESOS	% Ingresos acumulados
			0		0
0 - 80%	A	9	50%	79.11%	79.11%
80% - 95%	B	4	22%	14.60%	93.71%
95% - 100%	C	5	28%	6.29%	100.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	

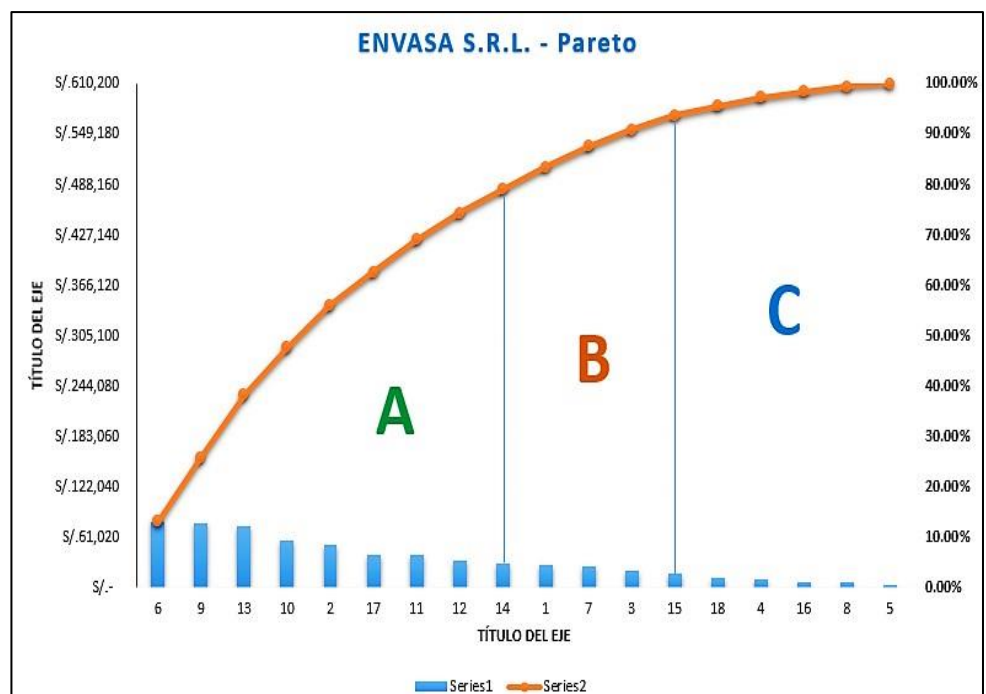
El gráfico ABC nos muestra la que 9 de los 18 productos representan el 79.11% de los ingresos y que están en la zona A, 4 están en la categoría B y representan el 14.60% y 5 productos representan 6.29% que están en la zona C.

Figura 54. Análisis ABC



Finalmente, el Diagrama de Pareto nos muestra esta relación de la siguiente forma. La unión entre el diagrama P – Q y el análisis ABC.

Figura 55. Diagrama de Pareto



## **6.2. Factor Maquinaria**

Contar con una adecuada distribución consiste tener como variable intrínseca las maquinarias que se emplearán, sus rendimientos, sus capacidades de producción, sus equipajes, sus herramientas, sus alcances, etc. Determinar la importancia de este factor, ayudará a tomar mejores decisiones en el futuro de la planta, cuando se trate de tomar decisiones de mejora de las instalaciones, si se tienen que cambiar algunas máquinas, si se tienen que reparar, pero sobre todo cuántas máquinas serán necesarias.

Tomando en cuenta las herramientas de cálculo, los tiempos estándar, las capacidades de producción, las horas disponibles, las eficiencias, su tipología.

Las consideraciones de este factor comprenden:

### **6.2.1. Las características del equipo.**

Características como:

- La disponibilidad de la máquina durante los tiempos de producción.
- Los costos de mantenimientos de cada máquina.
- Qué requerimientos se necesita para la instalación de cada máquina.
- Las especificaciones de seguridad para el manejo adecuado.
- Los costos operativos de acuerdo a su complejidad y el uso de recursos de los mismos.

### **6.2.2. Los elementos.**

Información necesaria para la correcta adecuación de la planta.

- Máquinas de producción, procesos, mantenimiento y de repuestos.
- Dispositivos de control, así como tableros de comando.
- Moldes y plantillas.

### 6.2.3. Métodos de producción.

Para poder determinar la mejor combinación de métodos que ayuden a cumplir con los objetivos planteados por la empresa.

### 6.2.4. Requerimientos dimensionales.

El tamaño de la máquina, su peso, su altura y forma. Para poder realizar el correcto acomodo de las máquinas en la planta de producción, respetando las condiciones y normas de ergonomía en el trabajo. Como la altura correcta de las partes de manipulación, la distancia entre piezas, etc.

### 6.2.5. Requerimientos durante el proceso.

Para que las máquinas funciones de manera adecuada, las condiciones deben ser adecuadas, condiciones como la iluminación, ventilación, humedad, calor. También las condiciones de funcionalidad como la electricidad, desagües, exposición a la contaminación, la movilidad, etc.

#### 6.2.5.1. Descripción de la máquina

Figura 56. Características técnicas de maquinaria

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

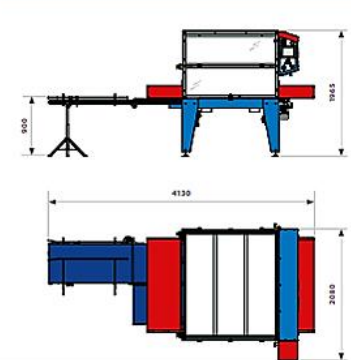
- Pinzas de motorización independiente con tecnología inalámbrica.
- Tablero de mando, programación y autodiagnóstico con pantalla táctil a color de 8,4".
- Posibilidad de varias configuraciones de depósito múltiple.
- Posibilidad de retro lateral para evitar el daño del follaje.
- Pinza de fácil extracción, con distancia mínima de 31 mm.
- Un solo mando de apertura y cierre púas.
- Cinta de acumulación para bandejas de depósito.


**DETALLES**

pág. 74

**ACCESORIOS**

pág. 75





**DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA**

La trasplantadora inalámbrica de bandejas continuas RW16 utiliza **hasta 20 pinzas** operativas en un ancho útil máximo de 1000 mm.

Primera máquina en el mercado con pinzas de motorización independiente y sin cables, para garantizar menor necesidad de mantenimiento y mayor flexibilidad con todos los tipos de bandejas en comercio.

DATOS TÉCNICOS	UDM	RW16
PRODUCCIÓN PINZA	ciclos/hora	800
ANCHO BANDEJAS (máx)	mm	600
PESO	kg	650
POTENCIA INSTALADA	kW	2,5
CONSUMO AIRE (máx)	l/min	80

## 6.2.6. Determinación del número de máquinas

### 6.2.6.1. Método 1

Se toman en cuentas los tiempos de disponibilidad y los tiempos que operan las máquinas.

$$N^{\circ} \text{ de máquinas } (m) = \frac{(\text{Tiempos de operación por cada pieza y máquina}) * (\text{Demanda anual})}{\text{Total de horas disponibles por año}}$$

$$N^{\circ} \text{ de máquinas } (m) = \frac{\text{Requerimiento de producción por hora para cubrir la demanda}}{\text{Producción de cada máquina por cada hora}}$$

Sabiendo que:

$$\text{Requerimiento de producción por hora para cubrir la demanda} = \frac{\text{Demanda}}{N^{\circ} \text{ total de horas por año}}$$

#### 6.2.6.1.1. Ejemplo de aplicación Método 1

En la empresa MCM se buscar determinar el número de máquinas para el año 2022, si la demanda crece a razón de 5% anual. Los datos proporcionados por la misma son los siguientes:

Tabla 19. Datos iniciales

PRODUCTO	Secuencia de procesamiento	Venta del año 2018
P1	A-B-A	45500
P2	B-A-B	72800
P3	C	17600

Se toma en consideración que los días de trabajo por año son de 250 y que por cada turno se trabajan 7.5 horas.

Tabla 20. Datos horas máquina por producto

PRODUCTO	HORAS MÁQUINA POR PRODUCTO		10
	A	B	C
P1	0.09216	0.02512	
P2	0.02115	0.07836	
P3			0.0356565

Primero se determina la demanda para el año 2022, considerando el crecimiento 5% anual de las ventas.

Tabla 21. Cantidad de horas de trabajo por año

Tasa anual de C. de la demanda **5.00%**

días/año	turno/día	h/turno	horas/año
250	1	7.5	<b>1875</b>

Tabla 22. Proyección de ventas por año

	2018	2022	4
PRODUCTO	Venta del año 2018	Venta del año 2022	
P1	45500	<b>55306</b>	
P2	72800	<b>88489</b>	
P3	17600	<b>21393</b>	

Tabla 23. Número de máquinas

PRODUCT		
N° MÁQ	(A1)	2.718377626
N° MÁQ	(B1)	0.740946679
PRODUCT		
N° MÁQ	(A2)	0.998154284
N° MÁQ	(B2)	3.698126228
PRODUCT		
N° MÁQ	(A3)	0.406824691
N° TOTAL DE MÁQUINAS		
A	B	C
<b>3.72</b>	<b>4.44</b>	<b>0.41</b>
<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>



### 6.2.6.2. Método 2

Tomando como datos el Número de máquinas que se requieren, el Tiempo estándar de cada unidad de producto en operación, la Producción que se requiere cada periodo de tiempo y el cociente entre la cantidad total de horas de funcionamiento entre la suma de cantidad la cantidad total de horas de funcionamiento con las horas perdidas.

Finalmente, la cantidad de producción requerida. Que a su vez incluye a la demanda y la cantidad de defectuosos en la operación.

$$N^{\circ} \text{ de máq. requeridas} = \frac{\text{Tiempo estándar de operación unidad} * \left( \frac{\text{Demanda}}{1 - \text{Defectuosos}} \right)}{\text{Horas disponibles} * \left( \frac{\text{Horas totales funcionando}}{\text{Horas totales funcionando} + \text{horas perdidas}} \right)}$$

#### Ítems:

N = Número de Máquinas

T = Tiempo estándar de operación por unidad

H = Horas disponibles al año por factor de corrección

P = Producción requerida (Número de unidades a producir)

D = Demanda, producción buena requerida.

F = Fracción defectuosa en la operación

#### Fórmulas:

$$N = \frac{T * P}{H * C}$$

$$P = \frac{D}{1 - f}$$

$$C = \frac{\text{Total horas de funcionamiento}}{\text{Total de horas de funcionamiento} + \text{horas perdidas}}$$

### 6.2.6.2.1. Ejemplo de aplicación Método 2

Un taller de mecánica tiene tres estaciones de trabajo, A, B y C. A continuación, se muestra, el esquema de la línea, el porcentaje de defectuosos de la estación y la producción anual:

Figura 57. Esquema del problema

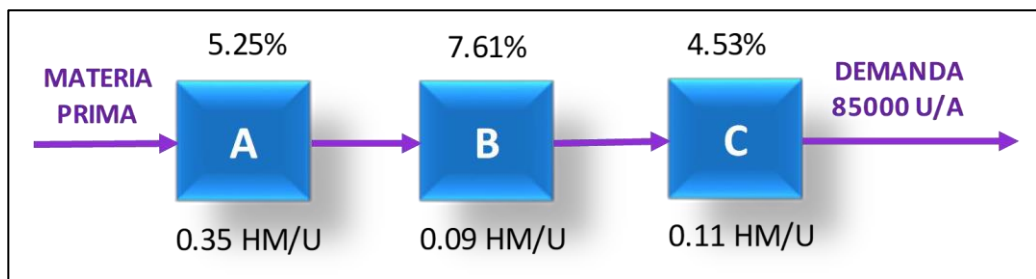


Tabla 24. Datos iniciales

<b>Demanda anual</b>	85000
----------------------	-------

	A	B	C
Fracción defectuosa en la operación	5.25%	7.61%	4.53%
Horas máquina por pieza	0.35	0.09	0.11
Horas disponibles al año	1900	1900	1900
Factor de corrección	0.75	0.75	0.75
Promedio mensual de horas en mantenimiento	8	4	7

Para determinar el número de máquinas necesarias para cada estación se necesita primero calcular la siguiente información de la tabla.

Tabla 25. Cálculo de datos

	A	B	C
P (Unidades anuales)	89709.76	92001.30	89033.20
H (Horas disponibles al año x factor de corrección)	1425	1425	1425
Horas anuales en mantenimiento (hm x 12 meses)	96	48	84
Horas efectivas anuales (He)	1329	1377	1341
C (Coeficientes de utilización)	0.932631579	0.966315789	0.941052632

En base a estos datos hallamos el número de máquinas.

Tabla 26. Número de máquinas

N	23.626	24
N	6.013	7
N	7.303	8

### 6.2.6.3. Método 3.

Este método incluye el número de máquinas para reprocesos, el número de productos en reproceso y el tiempo que toman estos trabajos.

$$N = \frac{\text{Tiempo requerido para esos trabajos} * \text{Artículos para reprocesar}}{\text{Horas disponibles} * \left( \frac{\text{Horas totales funcionando}}{\text{Horas totales funcionando} + \text{horas perdidas}} \right)}$$

Ítems:

$N'$  = Número de Máquinas para Reproceso

$T'$  = Tiempo requerido para el trabajo

$H$  = Horas disponibles al año por factor de corrección

$P'$  = Número de artículos a procesar

$C$  = Coeficiente utilización

$h =$  Horas efectivas de trabajo

$t =$  Tasa de defectuosos

Fórmula:

$$N' = \frac{T' * P'}{H * C}$$

$$C = \frac{h}{h + t}$$

### 6.2.6.3.1. Ejemplo de aplicación Método 3

En un taller se cuenta con tres máquinas y se producen tres productos, pero debido a reprocesos en la producción se necesita buscar el número de máquinas necesarias para cumplir con la demanda.

Tabla 27. Cuadro de datos generales

PRODUCTO	Secuencia de procesamiento	Demanda / mes
P1	B-A-C	3000
P2	A-B-C	12000
P3	A-C-B	6000

Se cuenta con una producción estándar por hora

Tabla 28. Tiempo en máquina según producto

MAQUINA	OPERACIÓN	P1	P2	P3
M1	CORTE	30	12	15
M2	DOBLADO	6	6	6
M3	REMACHADO	12	30	10

Tabla 29. Horas perdidas en reparaciones y mantenimiento

MAQUINA	Horas perdidas por reparación y mantenimiento
M1	8.5 h/ 2 semanas
M2	8.5 h/ 2 semanas
M3	3.5 h/ 2 semanas

Se encontró que, por cada 1000 productos procesados, se producían las siguientes cantidades de defectuosos para las máquinas M1 y M2:

Tabla 30. Defectuosos para las máquinas M1 y M2

MAQUINA	P1	P2	P3
M1	60	0	30
M2	35	45	55

Para la máquina M3 cuenta con una tasa de defectuosos de 3.5% para todos los productos.

Tabla 31. Defectuosos de la máquina M3

MAQUINA	45 horas de trabajo por semana		Tasa de defectuosos
M1	40.75	h/s	3.5
M2	41.75	h/s	
M3	41.50	h/s	

Figura 58. Demanda mensual y porcentaje de defectuosos

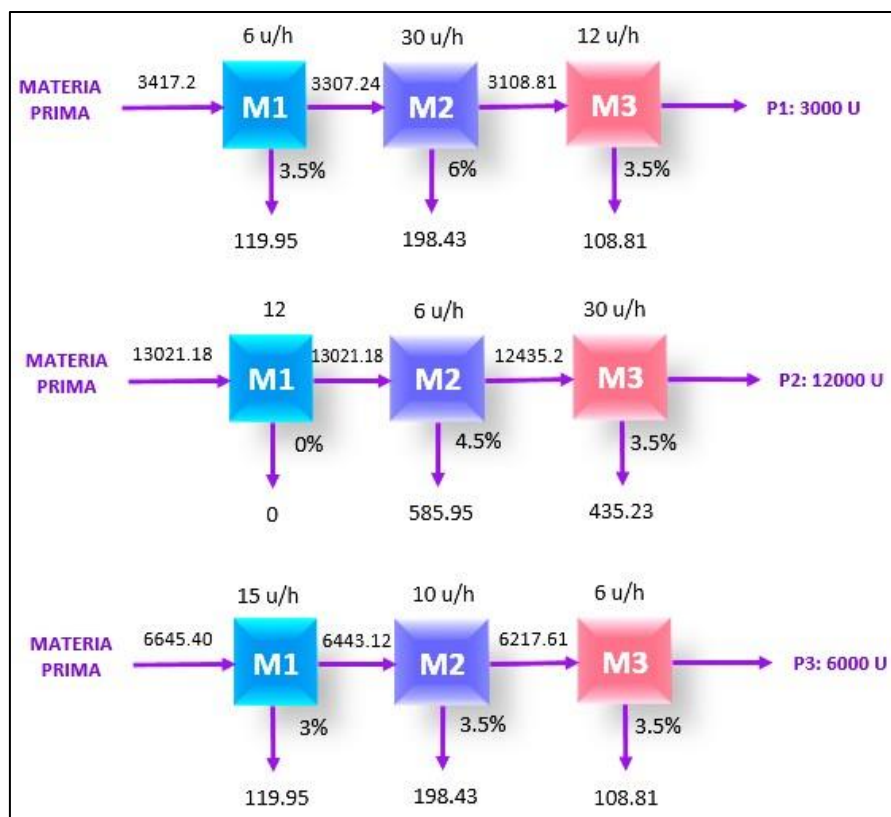


Tabla 32. Horas disponibles y Coeficientes de utilización

Horas disponibles al año(H)		
45 H/sem	1836	h/año
Coeficiente de utilización		
C(M1)	0.921	
C(M2)	0.923	
C(M3)	0.922	

Tabla 33. Número de máquinas

NÚMERO DE MÁQUINAS	
N'(M1)	1
N'(M2)	5
N'(M3)	1

### **6.3. Factor Hombre**

Toda planta de producción tiene como aspecto fundamental a las personas que trabajan o trabajarán en ella, diseñar unos ambientes adecuados con seguridad para el total del personal, cuidando su integridad física y mental.

#### **6.3.1. Elementos**

- MOD = Mano de obra directa.
- Personales, jefes de quipo, de sección, los encargados, personales indirectos y auxiliares.

#### **6.3.2. Consideraciones del Factor Hombre**

##### **6.3.2.1. Condiciones de trabajo.**

Una empresa que cuente con excelentes condiciones de trabajo, siempre tendrá mejores resultados que aquellos que no, pues gracias al cuidado que tienen sobre los factores se reducen drásticamente los accidentes y la inseguridad general en la planta de producción. Seguido, esto como consecuencia también ayuda a los trabajadores en su moral, su motivación para seguir desempeñándose en el campo laboral.

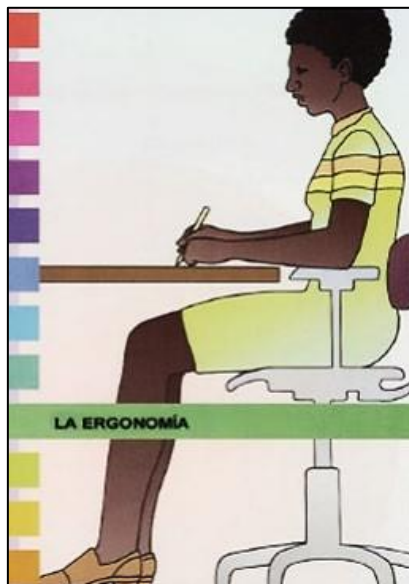
La Constitución de la OIT establece: «Considerando que existen condiciones de trabajo que entrañan tal grado de injusticia, miseria y privaciones para gran número de seres humanos, que el descontento causado constituye una amenaza para la paz y armonía universales; y considerando que es urgente mejorar dichas condiciones (...)».

Es así que la OIT supervisa el cumplimiento de las regulaciones y normas en las empresas, encontrar el balance adecuado entre la vida del personal de los trabajadores.

Es por esto que el concepto de ergonomía y su estudio y aplicación en el trabajo es muy importante. Se estudia la relación con el entorno y quienes interactúan con él. Se debe de alcanzar la total

adaptación de estos entornos al trabajador, para que su salud, comodidad y ganas de trabajar se mantengan de manera adecuada. Es decir, encontrar la estrecha relación entre el Trabajador, el Lugar de trabajo y el Diseño del puesto de trabajo.

Figura 59. Ergonomía en el trabajo

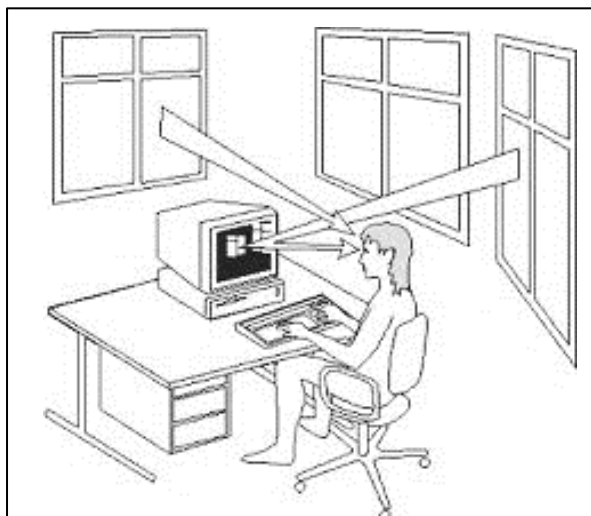


Estos factores son:

- **La iluminación:** La iluminación es uno de los factores más importantes a la hora de diseñar un área de trabajo, el trabajador debe tener plena visión de los objetos que manipula, una visión cómoda y sin distracciones ni sombras. Una correcta iluminación ayudará al trabajador a desempeñarse mejor en su área de trabajo, generándole mejor comodidad y manipulabilidad para realizar su trabajo de manera más eficaz.



Figura 60. Ergonomía en el trabajo



- **Contaminación ambiental en el área de trabajo:** Los trabajadores al momento de realizar cualquier actividad dentro de la planta están expuestos a todo tipo de materiales y sustancias que de acuerdo al nivel de exposición pueden afectar su salud. Es por eso que se deben tomarse precauciones cuidadoso a la hora de exponerse. Usar los implementos de seguridad, que protejan los ojos, las manos, los oídos. Etc.

Figura 61. Contaminación en el trabajo



- **El ruido:** Como sabemos, estar expuestos a tiempos prolongados en ambientes de ruidos fuertes, puede afectar gravemente nuestros conductos auditivos, pérdida de la concentración, aturdimiento, por

lo que eso representa pérdidas grandes para la empresa y el trabajador.

Según la OIT el máximo nivel de ruido que al que puede estar expuesto un trabajador son 90 dB por 8 horas. No deben permitirse por ningún motivo, exponer a los trabajadores a más de 115 dB.

Figura 62. Ruido en el trabajo



En todo tipo de espacio y distribución donde trabajen persona, máquinas, materiales, se deben de tomar siempre las siguientes precauciones.

- Las entradas y salidas de cada área deben de estar libres de obstrucciones; como basuras, cajas sin usar, objetos fuera de lugar, materiales en espera, equipos sin uso. Además de cualquier otra sustancia que pueda provocar caídas.

Figura 63. Instalaciones libres de obstáculos



- La correcta señalización de cada área, entradas, salidas, lugar de maquinarias, almacenes, etc.

Figura 64. Señalización adecuada de las áreas de trabajo



- Los trabajadores deben de estar en zonas libres de peligros latentes. Donde puedan desempeñarse sin complicaciones a posibles accidentes.

Figura 65. Riesgos de exposición a zonas peligrosas



- El correcto acomodo de los materiales para su uso. Apilados de manera adecuada.

Figura 66. Materiales ordenados



### **6.3.3. Requerimientos de la mano de obra**

Determinar la cantidad de trabajadores es muy importante para realizar el trabajo coordinado de las áreas de producción, para encontrar los tiempos de ciclos, etc.

Cada planta de producción tiene diferentes tipos de requerimientos, es por eso que cada trabajo cubierto por mano de obra especializada por área es remunerado de acuerdo a las necesidades que cubren con su trabajo.

Para hallar la cantidad de personal o trabajadores es necesario contar con datos como:

- El tiempo estándar.
- La demanda de productos por cada tiempo preestablecido.
- La cantidad de H-H disponibles por cada tiempo o periodo.

$$N^{\circ} \text{ de trabajadores} = \frac{\text{Requerimiento de HH por cada periodo}}{\text{HH por cada periodo}}$$

$$N^{\circ} \text{ de trabajadores} = (\text{HH cada unidad de producción}) * (\text{Demanda de productos por periodo})$$

Figura 67. Número de trabajadores



### 6.3.4. Utilización del trabajo.

Para obtener una correcta optimización de la mano de obra, es necesario hacer uso de técnicas como los diagramas HM y bimanual, estos nos ayudarán a correlacionar mejor los métodos de trabajo adecuados, para realizar los cumplimientos de entrega de manera eficiente y eficaz. Para esto se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Realizar estudios de trabajo para determinar los tiempos estándar y balancear la línea de producción.
2. Usar técnicas de medición de tiempo como el cronometraje para la toma de tiempos.
3. Determinar los tiempos de ejecución de cada proceso o actividad.
4. Generar situaciones de apoyo y recompensa para los trabajadores, de este modo mantener su alto rendimiento, ánimo. Incentivarlos a seguir mejorando.

Figura 68. Diagrama Hombre-Máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA					
El estudio trata: Montaje maq 1					Maqui
					Maqui
Operario			Maquina 1		
	Tiempo	Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
	30	preparación de generar el producto	25	preparación	25
	5	atención al cliente	5	Operación maquina	10
			5	inactividad	

## 7. Técnicas para el cálculo de rendimiento de áreas

El cálculo de requerimiento de áreas nos servirá para realizar una disposición adecuada de los elementos de producción en la planta.

Conocer la cantidad y características de las máquinas para poder evaluar las necesidades básicas de espacio requerido y así poder ubicarlos de una manera óptima.

Una vez definido el número de máquinas, y conociendo los requerimientos de personal, se definen las estaciones de trabajo y se determinan las áreas requeridas.

### 7.1. Método Guerchet

Este método calcula los espacios físicos que se requieren para establecer la planta. Es necesario identificar el número total de maquinaria y equipo, llamado elementos estáticos y también el número total de operarios y equipo de acarreo, llamados elementos móviles.

Figura 69. Cálculo de superficies de la distribución

**CALCULO DE LAS SUPERFICIES DE DISTRIBUCION**

Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales:

$$St = Ss + Sg + Se$$

Donde:

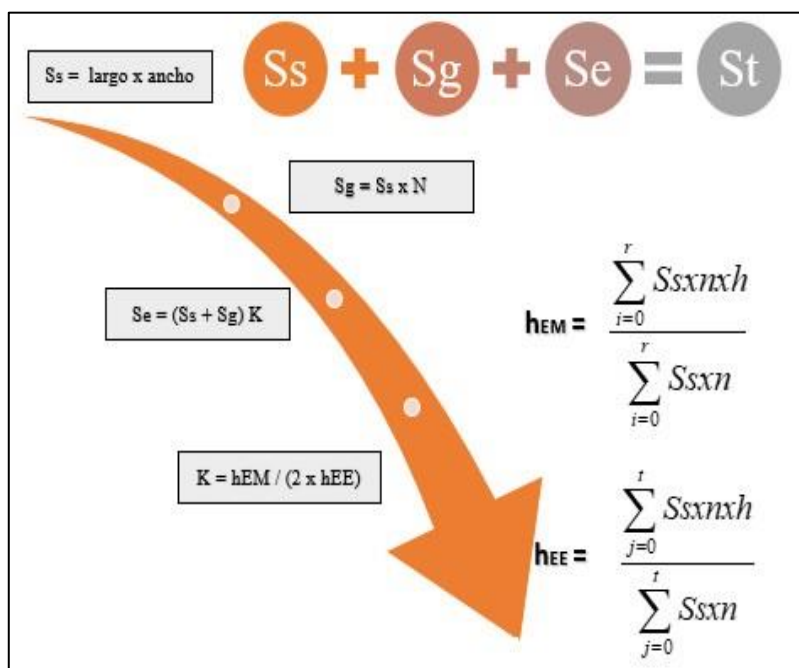
St = Superficie total.

Ss = Superficie estática.

Sg = Superficie de gravitación.

Se = Superficie de evolución.

Figura 70. Representación



### 7.1.1. Ejemplo aplicativo

Una mediana empresa productora de bobinas, bolsas de polietileno y polipropileno, atiende pedidos de empresas para envolturas de sus productos, siendo muy exigentes en el acabado y en la impresión de sus bolsas. La empresa ha considerado conveniente determinar si el área actual (800m<sup>2</sup>) utilizada es suficiente para el desarrollo eficiente de sus actividades de producción, con esta finalidad se aplicará la técnica de Guerchet.



Tabla 34. Departamentos y áreas

Elementos	n	N	h	L	A
Extrusora (poliet)	5	2	4	3.5	2.2
Extrusora (polipr)	5	3	7.7	2.2	6
Extrusora de mallas	1	2	5	3.5	2.2
Peletizadora	1	2	1.7	1.3	1.2
Impresora	4	2	3	6.5	1.2
Selladora	8	3	1.4	4.2	1.5
Cortadora	8	3	1.7	1.7	1.4
Cortadora de rollos	1	3	1.5	1.2	0.9
Molino	1	1	2.5	2	2
Balanza	2	3	1	0.7	0.5
Portarodillos	14	2	2	1.5	1
Carro transportador	3	1	0.6	1.6	0.7
Mesa de trabajo	4	3	1.2	1.5	0.8
Trabajadores	15				

K = 0.65

Tabla 35. Valoración de las actividades y recorridos

Elementos	S <sub>s</sub>	S <sub>g</sub>	S <sub>e</sub>	S <sub>t</sub>
Extrusora (poliet)	7.7	15.4	5.78	144.38
Extrusora (polipr)	13.2	39.6	13.2	330
Extrusora de mallas	7.7	15.4	5.78	28.88
Peletizadora	1.56	3.12	1.17	5.85
Impresora	7.8	15.6	5.85	117
Selladora	6.3	18.9	6.3	252
Cortadora	2.38	7.14	2.38	95.2
Cortadora de rollos	1.08	3.24	1.08	5.4
Molino	4	4	2	10
Balanza	0.35	1.05	0.35	3.5
Portarodillos	1.5	3	1.13	78.75
Carro transportador	1.12	1.12	0.56	8.4
Mesa de trabajo	1.2	3.6	1.2	24
<b>TOTAL</b>				<b>1103.35</b>

## **8. Distribución General**

En este capítulo se abordará y se brindará las herramientas necesarias para el orden físico de los elementos que constituyen la empresa, no solo consistirá en situar máquinas, bancos de trabajo, estanterías, etcétera. Comprende también los espacios necesarios para los movimientos, para el almacén tanto de la materia prima como el producto terminado.

En este capítulo trataremos 4 temas:

- Tabla relacional
- Diagrama de recorrido y actividades
- Diagrama relacional de espacios
- Disposición ideal

### **8.1. Tabla Relacional**

En este sub capítulo se procederá a analizar la disposición de los espacios físicos con ayuda de la tabla relacional. Esta tabla es un cuadrado organizado en diagonal, en el que aparecen relaciones de cercanía o proximidad entre cada actividad y todas las demás actividades. (Díaz Garay, Jarufe Zedán, & Noriega Aranibar, 2014)

Debe responder a la pregunta ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios?

Evalúa también la importancia de la proximidad entre las actividades, apoyándose en una codificación apropiada.

#### **Procedimiento para su construcción**

Se apoya en dos elementos básicos:

- Tabla de valor de proximidad
- Lista de razones o motivos.

Con la tabla se puede preparar un plan de mejora, porque permite integrar los servicios anexos a los servicios productivos y operacionales, también permite prever la disposición de los servicios y de las oficinas.

Cada casilla de la tabla representa la intersección entre dos actividades, y cada casilla está dividida horizontalmente en dos, la parte superior representa el valor de aproximación los cuales son códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación y la inferior indica las razones que han inducido a elegir ese valor. (Díaz Garay, Jarufe Zedán, & Noriega Aranibar, 2014)

La escala de valores para la proximidad de las actividades está definida por las letras A, E, I, O, U, X; sus valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 36. Escala de Valores de Proximidad

Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	Recomendable

Nota. Adaptada del libro “Disposición de Plantas segunda edición”, de la Universidad de Lima, 2014.

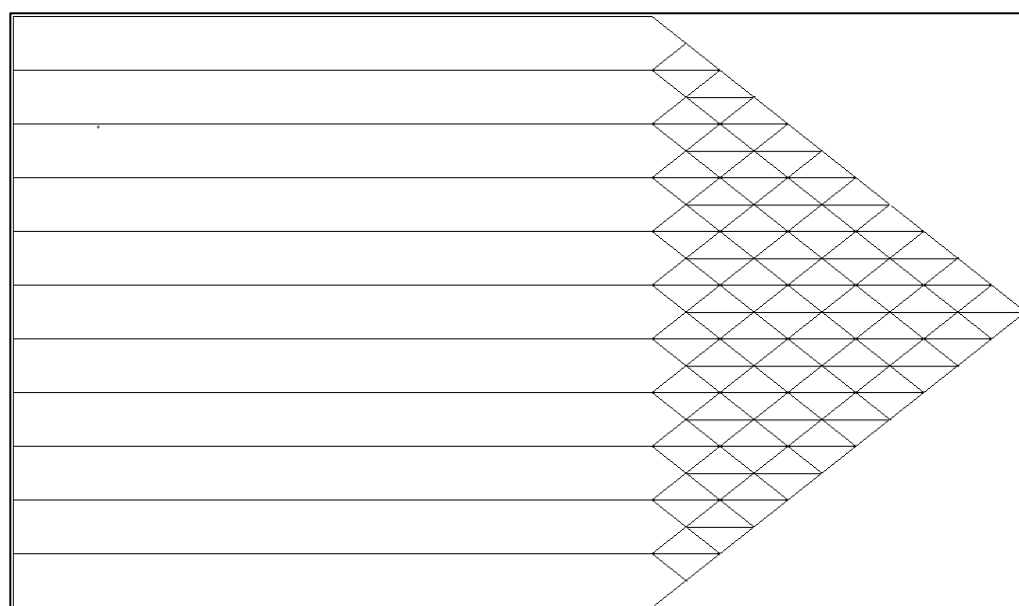
Para el segundo elemento (lista re razones o motivos) que sustenta el valor de proximidad, se recomienda elaborarla en forma independiente por cada tipo de empresa que se esté analizando. Se muestra una lista general de razones:

- Importancia de los contactos directos
- Importancia de los contactos administrativos o de información
- Utilización de los mismos equipos industriales
- Utilización de impresos o formatos comunes.
- Utilización del mismo personal.

- Conveniencias personales o deseos de la dirección
- Inspección o control
- Condiciones ambientales
- Distracciones, interrupciones
- Recorrido de los productos.

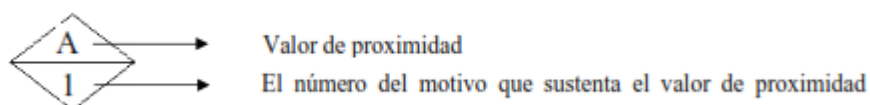
**8.1.1. Esquema de Tabla relacional**

Figura 71. Tabla relacional



Nota. En la tabla relacional se trabajan los valores de proximidad y la lista de razones.

Indicaciones de casillero:



Para la calificación de la proximidad y la asignación de la razón sea lo más acertada posible, los responsables del estudio deben conocer perfectamente el área o sección por distribuir, así como el proceso de producción. Con el fin de complementar los datos, se deberá recoger información de las personas involucradas en el proceso.

### 8.1.1.1. Ejercicio con tabla relacional

La planta de una empresa se dedicará al procesamiento de plantas medicinales encapsuladas, se han determinado las siguientes áreas:

Preparación de la materia prima

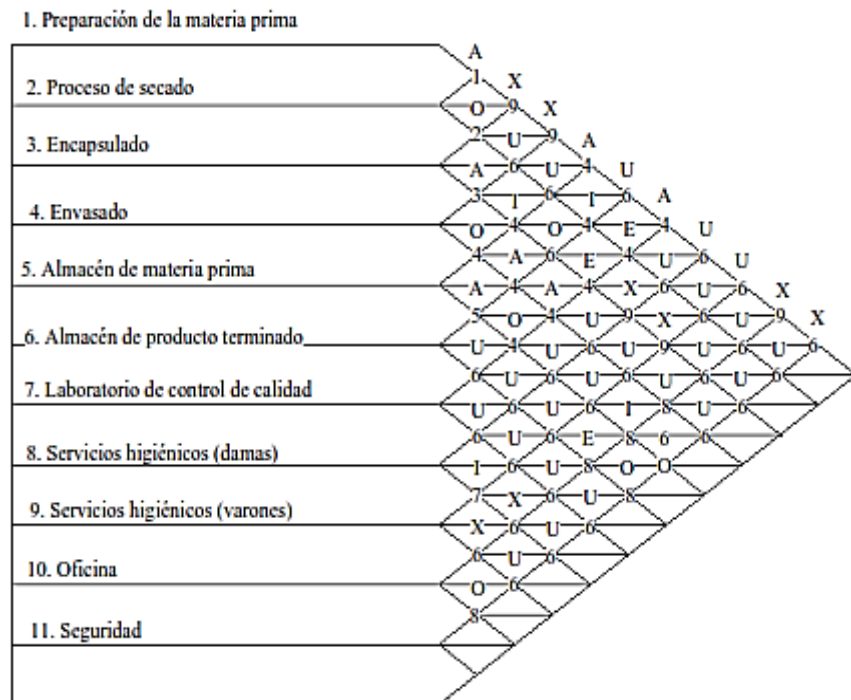
- Secado
- Encapsulado
- Envasado
- Almacén de materia prima
- Almacén de producto terminado
- Laboratorio de control de calidad
- Servicios higiénicos (damas)
- Servicios higiénicos (varones)
- Oficina
- Seguridad

En la siguiente tabla se detallan los motivos existentes en la relación de una sección con otra, para realizar el proceso de producción.

Tabla 37. Códigos y motivos del ejercicio 1 de Tablas Relacionales

Código	Motivos
1	No se desea el manipuleo ni la contaminación de la materia prima.
2	Después de su secado va embolsado al almacén de productos en proceso hasta ser requerido para el encapsulado.
3	Para no contaminar el producto
4	Por el seguimiento del proceso.
5	Para facilitar el control e inventario en el almacén
6	Por no ser necesario
7	Por las tuberías de agua y desagüe.
8	Para el control de entrada y salida.
9	Por el polvo o el olor

Solución:



### Conclusión

Según la tabla relacional de este ejercicio, tendremos los siguientes valores de proximidad, las cuales se obtienen del cruce entre cada área en la tabla de relaciones.

A: (1,2) (1,7) (3,4) (4,6) (4,7) (5,1) E: (2,7) (3,7) (5,10) (6,10)

I: (1,5) (2,6) (3,5) (8,9) (5,10)

O: (2,3) (3,6) (4,5) (5,7) (5,11) (6,11) (10,11)

U: (1,6) (1,8) (1,10) (2,4) (2,5) (2,8) (2,9) (2,10) (2,11) (3,10) (3,11) (4,8) (4,9) (4,10), (4,11) (5,8) (5,9) (6,7) (6,8) (6,9) (7,9) (7,9) (7,10) (7,11) (8,11) (9,11)

X: (1,3) (1,4) (1,10) (1,11) (3,8) (3,9) (8,10) (9,10)

Para el código A (Absolutamente necesario), es necesario que las áreas 1 y 2 estén cerca, del mismo modo los otros ya mencionados (1,7) (3,4) (4,6) (4,7) y (5,1), del mismo modo se puede analizar para los otros códigos de proximidad, por ejemplo, el X, no es recomendable que las áreas 1 y 3 estén juntas o próximas, del mismo modo para las siguientes áreas relacionadas (1,4) (1,10) (1,11) (3,8) (3,9) (8,10) y (9,10).

### **Importante**

Este es una primera forma de resolver una tabla relacional, pero sin duda podrás encontrar diferentes formas de resolución de la misma, las cuales no son erróneas, sin embargo, se debe tener en cuenta sea cual sea la forma de resolución que aplique debe ser coherente para tomar decisiones acertadas, es recomendable analizar cada forma a profundidad antes de aplicarlo a una distribución de plantas reales. Para el ejercicio 2 se aplicará una forma diferente de resolución

## **8.2. Diagrama Relacional de Espacios**

La finalidad de este gráfico es poder representar visualmente de forma sencilla y entendible la distribución de cada área dentro de las instalaciones de planta de producción. A cada área le corresponde sus actividades de acuerdo a las funciones con las que fueron diseñados.

Para generar este tipo de gráficos el diagramador necesita aplicar escalas, así como posicionar cada área al lugar correspondiente de acuerdo a las dimensiones de escala de la planta previamente designadas. A cada área tiene que tener la forma del área real de la planta que representa. De este modo, cualquier persona pueda deducir o entender intuitivamente y fácilmente el diagrama, cumpliendo satisfactoriamente así la finalidad de la misma.

Este diagrama usa aspectos fundamentales como las distancias entre áreas para el diagramada más entendible y que proporcione una buena idea de las dimensiones de la planta.

### 8.2.1. Ejemplo de aplicación DRP

Se cuenta la siguiente tabla con los departamentos y el área correspondiente de una planta híbrida. Se procede a realizar su diagramado respecto a las superficies indicadas.

Tabla 38. Departamentos y áreas

DEPARTAMENTO		ESPACIO (m2)	UNIDADES SUPERFICIALES EQUIVALENTES
1	Oficinas	300	30
2	Despacho del gerente	60	6
3	Sala de conferencia	25	2.5
4	Mensajería	40	4
5	Almacenamiento de componentes	600	60
6	Mantenimiento	180	18
7	Área de servicios	90	9
8	Recepción	20	2
9	Control de calidad	140	14
10	Almacenamiento general	800	80

Tabla 39. Valoración de las actividades y recorridos






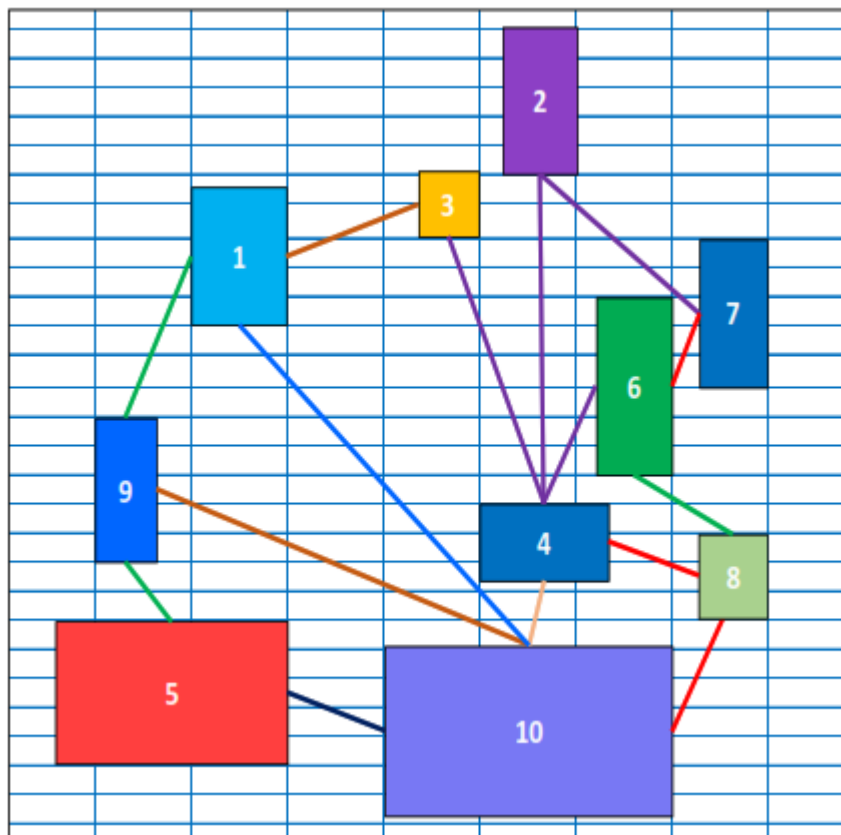
	CERCANÍA	COLOR DE LINEA
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinario	
U	No importante	
X	No deseable	



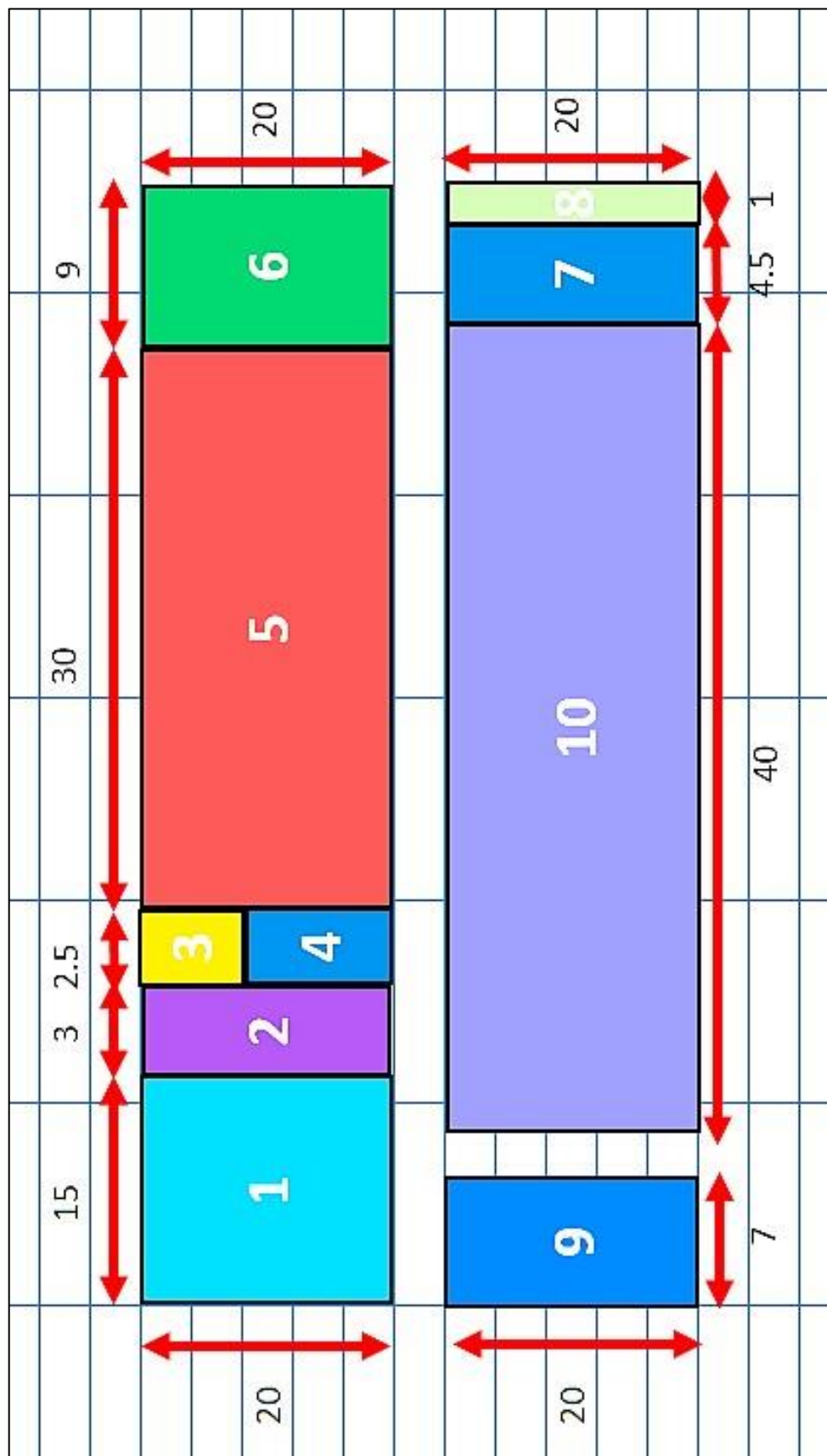
Figura 72. Diagrama relacional de espacios



### 8.3. Disposición Ideal

En la disposición ideal se busca graficar una disposición precisa, se juntas aquellas áreas previamente delimitadas y medidas a las áreas indicadas, en este caso se realizan respetando las medidas, diagramas a escala. Se busca el mejoramiento y la búsqueda de la disposición ideal de una previa presentación de alguna planta.

Figura 73. Disposición Ideal



Se mostrarán algunos ejemplos de disposiciones de plantas ideales de diferentes tipos de plantas industriales.

Figura 74. Disposición ideal de una planta productora de jabones

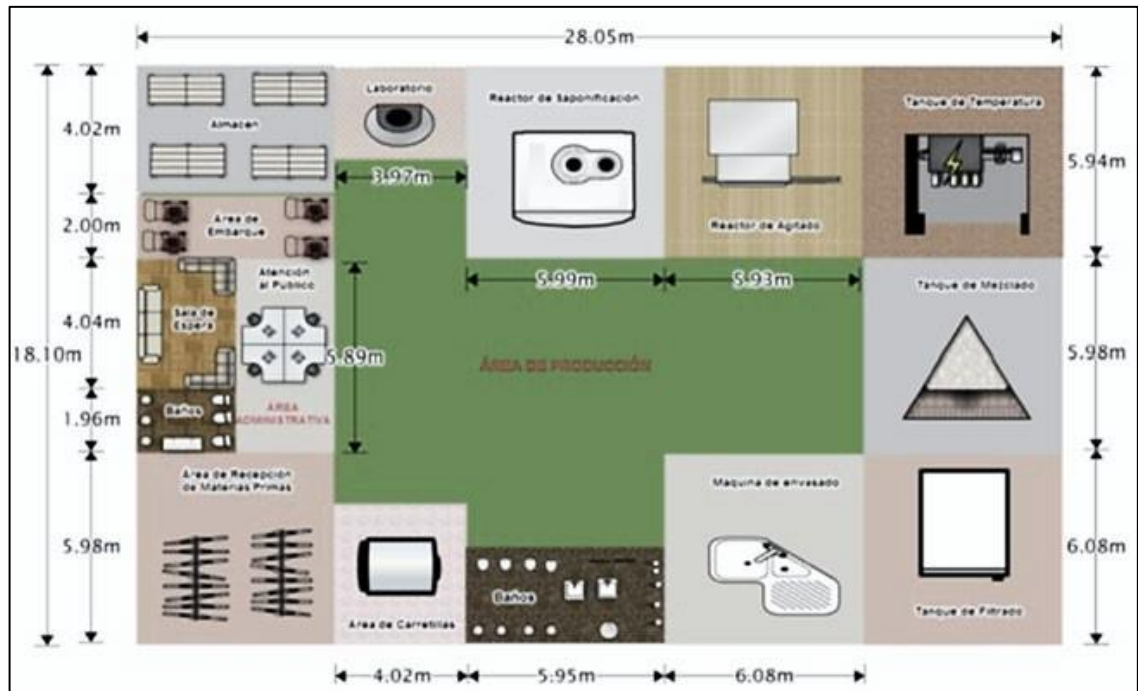


Figura 75. Disposición ideal de una planta productora de papas fritas

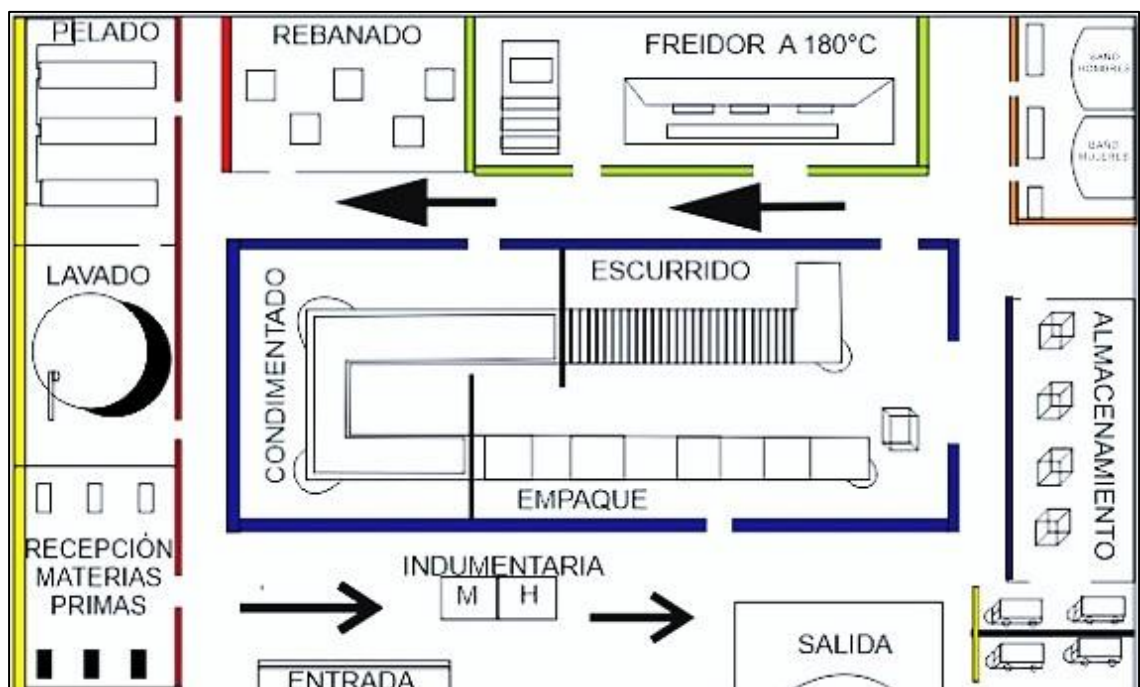
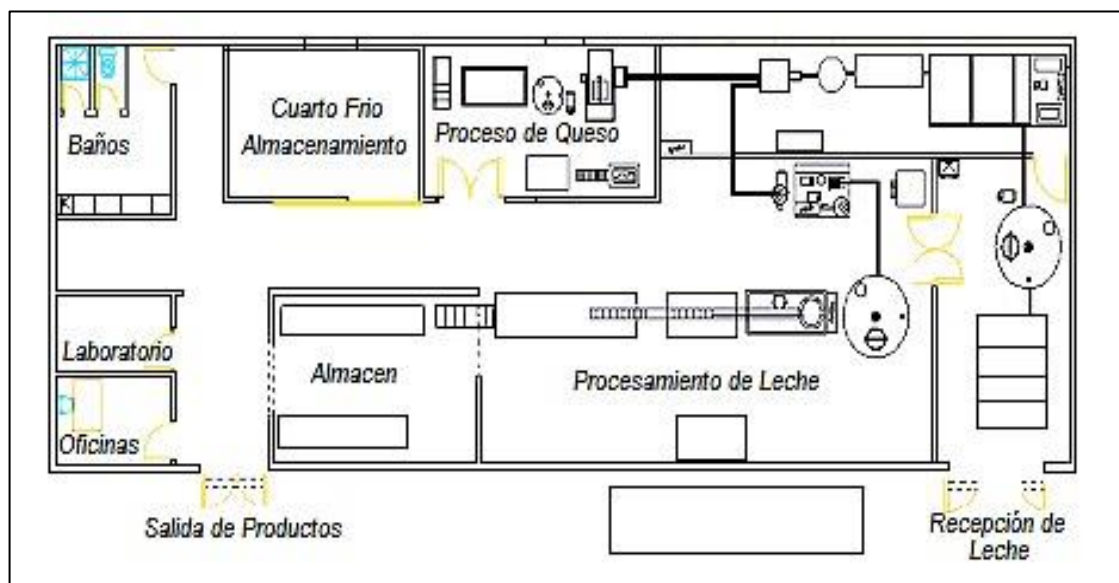


Figura 76. Disposición ideal de una planta productora de quesos

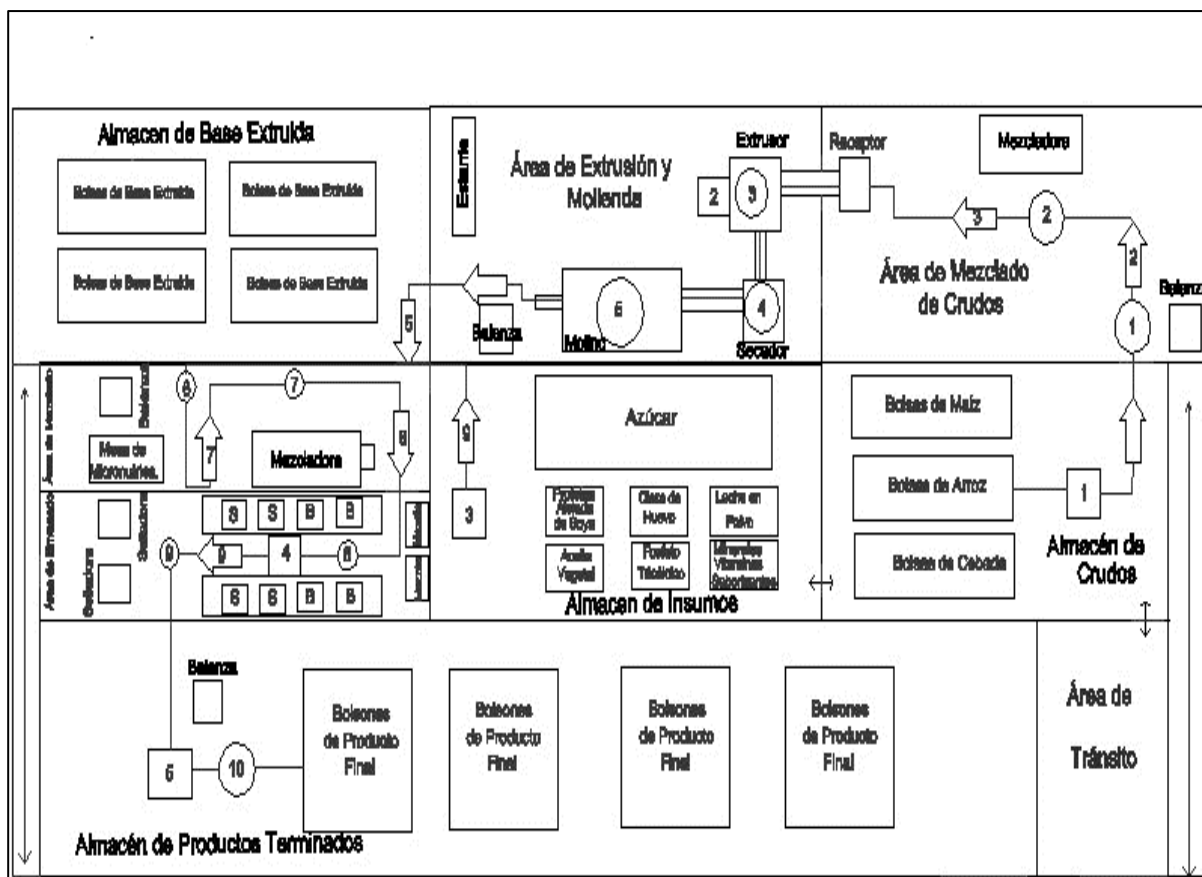


### 9. Distribución de Detalle

En este apartado se realiza el estudio minucioso y detallado de los elementos, así como el ordenamiento físico de que se hará en la planta industrial.

Se tomará en consideración todos los recorridos, las ubicaciones, las distancias, las operaciones y procesos que se llevan a cabo, etc.

Figura 77. Ejemplo de una distribución a detalle de una planta industrial



Existen métodos para realizar los análisis correspondientes está determinado por la cantidad o volumen de productos que se producirán.

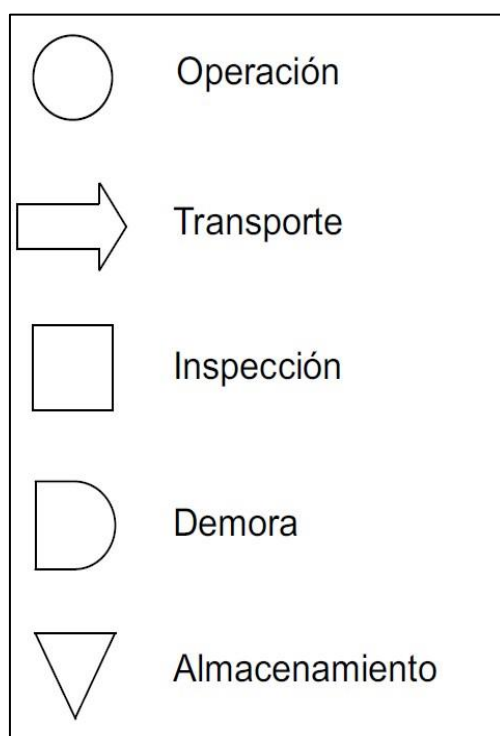
Tabla 40. Tabla de criterios de elección de tipo de diagrama

Cantidad de productos	TÉCNICA O DIAGRAMA A USAR
Uno	Diagrama de recorrido sencillo - Balance de línea
Varios productos	Análisis comparativo de la disposición de planta - Diagrama Multiproducto
Muchos productos	Método de enfoque gráfico simple o análisis de transportación
Gran cantidad productos	Análisis matricial

### 9.1. Método De Análisis De Recorrido

Es una técnica del estudio de métodos que a través de un gráfico nos muestra dónde se realizan las actividades del proceso productivo sobre el plano de distribución de planta. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y se numera de acuerdo con la secuencia ordenada de actividades del proceso. (Diaz, 2014)

Figura 78. Símbolos para el análisis de recorrido



#### 9.1.1. Ejercicio

Una empresa de metalmecánica fabrica andadores para niños. El ensamblado final de las piezas que conforman el producto es un proceso en línea o cadena.

Las tareas necesarias son las siguientes:

Tabla 41. Datos Del Ejercicio

	Precedencia	Tiempo (min)
Colocado de garruchas en aro	-	160
Colocado de ruedas en garruchas	1	40
Colocado de asientos de lona en horquilla recta y horquilla doblada	-	30
Remachado de horquilla (recta y doblada)	3	108
Colocado de horquillas al aro	2,4	180
Colocado de cinta protectora alrededor de las horquillas y aro	5	55
Colocado de bandeja en horquilla doblada	6	20
Embolsado de producto	7	40
<b>Total</b>		<b>6,33 min</b>

Para el año siguiente, la empresa debe elevar su producción a 225 andadores por día, operando en un solo turno de 7,5 horas de trabajo efectivo. Se pide

- Indicar el número de estaciones para este proceso.
- Realizar el balance de línea, teniendo en cuenta que se pueden realizar operaciones paralelas y respetando la precedencia.
- Si el proceso de ensamble dispone de un espacio de 36 m<sup>2</sup> dispuestos en L y cada estación podría tener un área de 3x3 metros, ¿cuál será la distribución adecuada?

### 9.1.2. Solución

#### A. Evaluamos el número de estaciones:

- Producción diaria: 225 unidades
- Número de unidades por hora:  $225/7.5 = 30$  und/h.
- Tiempo de cadencia:  $1/30 * 60 = 2$  min/und.
- Número mínimo de estaciones:  $6.33/2 = 3.165 \approx 4$  estaciones.
- Tiempo ocioso de la línea:  $(4 * 2) - 6.33 = 1.67$  min.

- La eficiencia es:  $E = \frac{6.33min}{4 \cdot 2 min} = 79.125\%$

**B. Elaboramos la red para visualizar la secuencia**

Asignación de tareas a las estaciones, tomando en consideración los mayores tiempos de ejecución de estas y respetando la precedencia de las tareas.

Para la asignación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- No haber sido asignadas
- Tareas precedentes ya asignadas a esta o a una estación previa.
- Tiempo de ejecución menores que el tiempo ocioso de la estación.

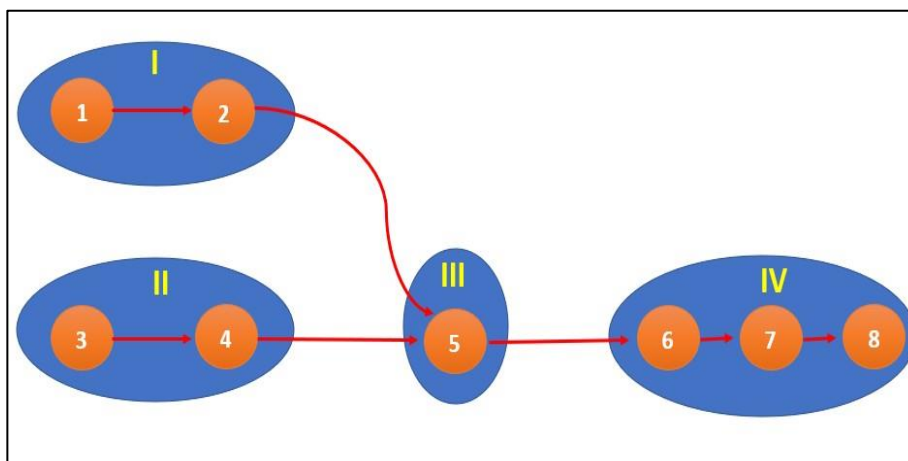
Tabla 42. Red Para Visualizar La Secuencia

Estación	Tareas asignadas	Tiempo	Tareas asignadas	Tiempo ocio
I	1,3	1.6 0.3	1	0.4
	3,2	0.3 0.4	2	0
	3	0.3	3	1.7
II	4	1.08	4	0.62
	5	1.8	--	0.62
III	5	1.8	5	0.2
	6	0.55	6	1.45
IV	7	0.2	4	1.25
	8	0.4	8	0.85
<b>Total Tiempo Ocioso</b>				<b>7.09</b>

Del resultado anterior hacemos un croquis con la unión de estaciones.



Figura 79. Croquis De Las Estaciones



El balance de línea afectará la distribución de la planta debido a la determinación de estaciones de trabajo que incluyen varias tareas.

## 9.2. Diagrama De Multiproducto

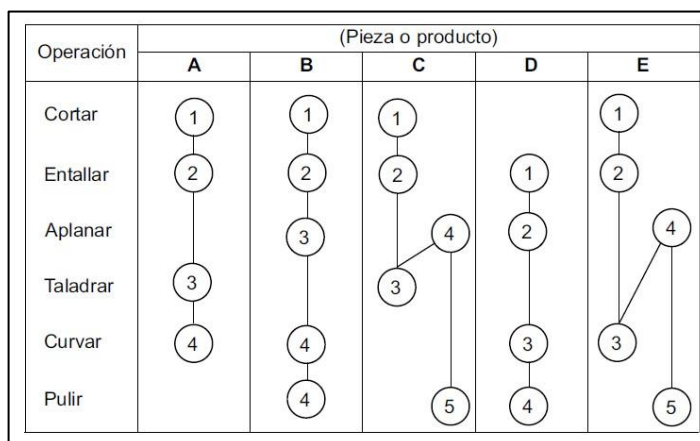
Este diagrama presenta la secuencia de actividades de varios productos que serán elaborados en una planta. Su esquematización en paralelo, tomando como base la distribución actual, permite visualizar posibles retrocesos en el transporte físico de los materiales durante su elaboración. (Edukativos, 2021)

Así, con este registro de información, tendremos una primera base de los recorridos innecesarios que se generarían al operar con la disposición de planta utilizada.

La revisión del diagrama nos permitirá proponer mejoras, variando la disposición de planta, con el fin de eliminar el máximo de retrocesos generados.

El diagrama se presenta de la siguiente manera (se recomienda elaborarlo cuando se analizan varios productos que se fabrican en diferentes cantidades y que utilizan procesos similares, aunque en diferente orden):

Figura 80. Multiproductos



### 9.2.1. Ejercicio

Para una determinada disposición de planta se pide desarrollar un diagrama multiproducto y analizar cuál es el producto más importante de los 5 que se elaboran, porque servirá de base para la propuesta de una mejor disposición de la maquinaria y equipo. La disposición actual se ordena en la siguiente secuencia: a, b, c, d, e.

Tabla 43. Datos De Análisis Del Ejercicio

Producto	Secuencia de procesamiento	Demanda anual
P1	a,b,c,d,e	100
P2	a,c,b,e	1200
P3	b,c,d,e	500
P4	c,d,e	400
P5	a,b,d,e	800
	<b>Totales</b>	3000

9.2.2. Solución

Elaborando el diagrama de multiproducto.

Figura 81. Diagrama de Multiproducto

Operacion	Producto					% Utilizacion
	P1	P2	P3	P4	P5	
a	1	1			1	70.07
b	2		1		2	86.68
c	3	2	2	1		73.33
d			3	2	3	56.66
e	4		4	3	4	100
% de importancia o intensidad de recorrido	3.33	40	16.67	13.33	26.66	

Tabla 44. Resultados Del Diagrama Multiproducto

% de importancia simple	% de utilización simple
$P1 = \frac{100}{3000} * 100 = 3.33$	I.Maq. A $(1*3.4) + (1*40) + (1*26.67) = 70.07\%$
$P2 = \frac{1200}{3000} * 100 = 40$	II.Maq.B $(1*3.4) + (1*40) + (1*16.67) + (1*26.67) = 86.68\%$
$P3 = \frac{500}{3000} * 100 = 16.67$	III.Maq.C $(1*3.4) + (1*40) + (1*16.67) + (1*13.33) = 73.33\%$
$P4 = \frac{400}{3000} * 100 = 13.33$	IV.Maq.D $(1*16.67) + (1*13.33) + (1*26.66) = 56.66\%$
$P5 = \frac{800}{3000} * 100 = 26.66$	V.Maq.E $(1*3.4) + (1*40) + (1*16.67) + (1*13.33) + (1*26.67) = 100\%$

De acuerdo con las evaluaciones, el producto P2 es el más importante (40%); debería entonces evitarse retrocesos en la producción. Si observamos el

diagrama multiproducto, veremos que la disposición actual no genera retrocesos a su recorrido, por lo que puede considerarse aceptable.

### 9.3. Método De Enfoque Grafico Simple

Es un procedimiento de prueba y error que se propone reducir los flujos no adyacentes por una localización central de los departamentos activos. En principio, se desarrolla una carta de recorrido que muestra el número de recorridos hechos entre departamentos, e identifica los departamentos activos. Luego, se desarrolla una solución tentativa, usando círculos para representar los centros de trabajo y se conectan por líneas, con las que se representan las cargas transportadas por períodos de tiempo. Los departamentos contiguos, que se encuentran diagonalmente, son considerados adyacentes. (Diaz, 2014)

#### 9.3.1. Ejercicio

Una empresa tiene dispuesta su planta con seis áreas de producción.

Se propone ubicar los 6 departamentos (A, B, C, D, E, F) en estas áreas, las cuales tienen un número de movimientos por día entre departamentos que se indican en la tabla

Tabla 45. Datos del ejercicio

HACIA DESDE	A	B	C	D	E	F
A	-	5	10	-	3	2
B	-	-	-	12	-	-
C	10	4	-	8	-	-
D	-	-	16	-	-	-
E	-	-	7	-	-	-
F	-	-	8	-	-	-

Hay que desarrollar una distribución para los 6 departamentos que reduzca al mínimo posible los flujos no adyacentes.

**9.3.2. Solución**

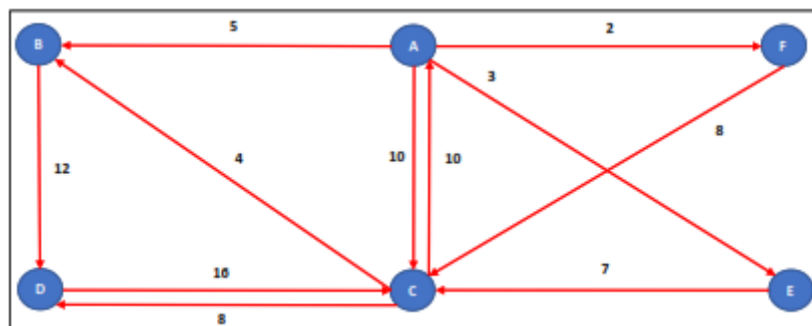
- Determinar cuáles son los departamentos que tienen una relación más frecuente entre ellos; esto puede hacerse obteniendo el número de asignaciones en cada renglón o columna.

Tabla 46. Departamentos Asignados

Dpto.	A	B	C	D	E	F
Nº Asignación	5	3	7	3	2	2

- Localizar los departamentos más activos en la posición central

Figura 82. Localización De Los Departamentos.



- Usar el método de prueba y error para ubicar los otros departamentos de modo que los flujos no adyacentes se reduzcan al mínimo posible.

Si los flujos no adyacentes desaparecen, la solución está completa; si existiesen, inténtese reducir al mínimo posible el número de unidades que fluyan hacia áreas no adyacentes. En estos movimientos se debe ponderar el mínimo de flujos por el número de unidades de distancia, si es necesario.

#### **9.4. Método de la tabla matricial**

Se emplean en el caso de producir gran cantidad de productos. Esta representación es una matriz cuadrada en la que tanto en filas como en columnas figuran las diferentes operaciones del proceso productivo. En las casillas se indica el número de veces que un producto circula desde la operación fila a la operación columna. (Aguilar Jaen, 2017).

Cuando los productos son muy numerosos, la agrupación o selección del producto exige la tabla matricial. Este diagrama se denomina también diagrama cruzado y si se indica las distancias diagrama de trayecto. (Castañeda, 2018).

##### **9.4.1. Pasos para la construcción de la tabla matricial**

La tabla matricial se construye de la siguiente manera:

- La operación se indica en el mismo orden horizontal y verticalmente como cabezas de filas y columnas. no aparece por ningún sitio el producto solo las operaciones unitarias y auxiliares.
- cada casilla de intersección dila columna se utiliza para registrar el movimiento de una operación “A” otra, también se indica en el número de productos que efectúan el movimiento y la intensidad total registrada.

##### **9.4.2. Modificación de la tabla matricial**

Los valores situados por encima de la diagonal principal representan los avances y los valores de la casilla que quedan por debajo de esta diagonal representan los retrocesos que, por supuesto habrá que eliminar, intercambiando filas y columnas procurando que las cifras queden por encima de la diagonal principal, lo más cercano a ella posible. (Castañeda, 2018)

Figura 83. Tabla matricial

Lógica		→		Ser			Esencia			Concepto			
				Cualidad	Cantidad	Relación	Essencia	Acciones	Realidad	Subjetivo	Objetivo	Absoluto	
↓		Filosofía del Espíritu		Espíritu subjetivo			Espíritu objetivo			Espíritu absoluto			
		Filosofía de la Naturaleza		Antropología	Fenomenología	Psicología	Derecho subjetivo	Moralidad	Derecho objetivo (Distributivo)	Ale	Religion	Conciencia (Reflexión)	
Ser	Cualidad	Cualidad	Cualidad	Mecánica (Cuantitativa)	Objeto	Conciencia	Conciencia	Fenomenología del Espíritu	Autocciencia	Razón	Razón		
					Objeto							Objeto	Objeto
					Objeto							Objeto	Objeto
Esencia	Cualidad	Cualidad	Cualidad	Física (Cualitativa)	Objeto	Conciencia	Conciencia	Fenomenología del Espíritu	Autocciencia	Razón	Razón		
					Objeto							Objeto	Objeto
					Objeto							Objeto	Objeto
Concepto	Cualidad	Cualidad	Cualidad	Orgánica (Cualitativa)	Objeto	Conciencia	Conciencia	Fenomenología del Espíritu	Autocciencia	Razón	Razón		
					Objeto							Objeto	Objeto
					Objeto							Objeto	Objeto

### 10. Factor movimiento

El manejo de los materiales es parte integral de la disposición de la planta; no es posible separarlo. Un cambio en el sistema modificará la disposición actual. En este capítulo se enfatiza la importancia de evaluar los movimientos y seleccionar los equipos de acarreo para minimizar los costos de producción y mejorar los tiempos de producción. (Diaz, Jarufe, & Noriega, 2014)

#### 10.1. Principio de manejo de materiales

El manejo de materiales es indispensable en la industria, ya que es fundamental para poder optimizar procesos, reducir costos y disminuir riesgo. (nixon robotics, 2018)

El principio esencial en el manejo de materiales es que las actividades de movimiento de materiales en líneas de producción deben ser integradas por completo para formar un sistema operativo que abarca desde la recepción, inspección, separación, producción, ensamble, empaque, unificación, selección de órdenes, y manejo de los productos ya terminados. (IDNMEXICO, 2019)

Por ello presentaremos los 10 principios básicos del manejo de materiales para reducir costos y aumentar la productividad de la planta.

- **Principio de planeación:** el manejo de materiales debe tener definidas las necesidades, tener claro los objetivos los objetivos y las especificaciones funcionales de los métodos propuestos.
- **Principio de estandarización:** métodos, equipos, controles y software deben estandarizarse dentro de los límites que logran los objetivos globales de desempeño sin sacrificar la flexibilidad, modularidad y producción.
- **Principio de trabajo:** el trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel requerido de la operación.
- **Principio de ergonomía:** deben reconocerse las capacidades y las limitaciones humanas para asegurar operaciones seguras y efectivas.
- **Principio de carga unitaria:** las cargas unitarias deben ser del tamaño adecuado y configurarse de acuerdo a que logren un flujo de material y los objetivos de inventarios en cada etapa de la cadena de proveedores.
- **Principio de utilización del espacio:** debe hacerse uso efectivo y eficiente del espacio disponible.
- **Principio del sistema:** las actividades de movimiento y almacenaje de materiales deben ser integradas por completo para formar un sistema operativo que abarca recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamble, empaque, unificación, selección de órdenes, envíos, transporte y manejo de reclamaciones.
- **Principio de automatización:** las operaciones de manejo de materiales deben automatizarse cuando sea posible con el fin de mejorar la eficiencia operativa, incrementar las respuestas, mejorar la consistencia y predictibilidad, y disminuir los costos operativos.
- **Principio ambiental:** el impacto ambiental y el consumo de energía deben ser criterios considerados en el momento de seleccionar equipos para el manejo de materiales.
- **Principio del costo:** Comparar la justificación económica de las soluciones opcionales en equipo y métodos con base en la efectividad económica medida por gasto por unidad manejada.



## **10.2. Análisis de los métodos de manejo**

Cualquier consideración del movimiento y acarreo de materiales involucra, en primer lugar, un estudio de métodos y tiempos, donde se determinan las distancias recorridas, el flujo del proceso, los esfuerzos ocasionados por el levantamiento de carga por parte de los operarios, así como los métodos utilizados y sus tiempos. (Díaz, Jarufe, & Noriega, 2014)

En el análisis de los métodos de manejo se deben tener en cuenta

### **Factores primarios:**

- Material adecuadamente identificado.
- Especificaciones y condición del material.
- Cantidad.
- Ruta o puntos extremos del movimiento.

### **Factores secundarios:**

- Recipientes necesarios o disponibles.
- Equipo necesario o disponible.
- Condición de la ruta o rutas alternativas.
- Frecuencia, regularidad o requerimientos de sincronización de cada traslado.
- Requerimiento de velocidad.
- Tiempo involucrado en mano de obra y equipo.
- Tarifas laborales.
- Restricciones en el trabajo por convenios, reglas o descripciones del trabajo.
- Cargas del equipo y espacio.

El propósito de un análisis de los métodos de manejo es encontrar, mediante la generación de alternativas propuestas, el diseño de un sistema de acarreo eficiente, flexible y versátil.

### **10.3. Unidad de carga**

Uno de los principios del manejo de materiales recomienda manejar los materiales en cargas unitarias, siendo una unidad de carga la cantidad de material reunido y suficientemente asegurado para permitir que sea transportado como una unidad. La unidad de carga facilita el control de inventarios, el costo de transporte, el apilamiento de los materiales, entre otros. (Díaz, Jarufe, & Noriega, 2014)

Según un blog de CEUPE (2021) podemos mencionar que la unidad de carga está clasificada en las cargas en: volumen, peso lote.

#### **10.3.1. Según el volumen o las dimensiones de la mercancía**

- **Cargas pequeñas:** son las que podemos agarrar con una sola mano y están unidas por un embalaje, por ejemplo: un pack con 3 briks de zumo, el pack de 6 botellas de cervezas, etc.
- **Cargas medias:** un poco mayores que las anteriores y hasta un peso aproximado de diez quilos, pero que pueden manipularse por el personal fácilmente.
- **Cargas paletizadas:** son las que se preparan sobre palet, paleta-caja o cestones, su manipulación se hace con medios mecánicos y las dimensiones dependen del tipo o resistencia de la mercancía.
- **Cargas voluminosas:** aquí nos condiciona las dimensiones del producto, no pudiéndose muchas veces apilar unas encima de otras, como pueden ser las lavadoras o los frigoríficos.
- **Cargas muy voluminosas:** son las que, por la agrupación de muchas mercancías o un producto de gran tamaño, el volumen es de grandes dimensiones o peso y para manipularlas se necesitan medios mecánicos especiales como grúas elevadoras o grúas puente.

#### **10.3.2. Según el peso**

- **Cargas ligeras:** pesan hasta cinco kilos.
- **Cargas medias:** oscilan entre cinco y veinticinco kilos.
- **Cargas pesadas:** entre veinticinco kilos y una tonelada.

- **Cargas muy pesadas:** superiores a una tonelada.

### **10.3.3. Según la forma de apilarse**

- **Cargas sencillas:** con dimensiones normales, pero no podemos apilarlas unas encima de otras, normalmente debido al producto o su envase, y son almacenadas en estanterías por unidades, aspiradoras, sillas, etc.
- **Cargas apilables:** éstas sí podemos apilarlas unas encima de otras, aunque están sujetas a unas normas de apilamiento para que los productos no sufran daños por el peso, como son las cajas de leche, que solo se pueden apilar 7 alturas.

### **10.3.4. Según el lote**

- Aquellos constituidos por una sola unidad, como por ejemplo una lavadora.
- Aquellos constituidos por: 3, 6, 12, 24, o bien 30 unidades, como por ejemplo cajas de vino o paquetes de detergentes.
- Aquellos formados por cien unidades, como pueden ser las baldosas o azulejos.
- Aquellos formados por más de cien unidades como puede ser un palet de 648 botellas de aceite de oliva de un litro.

### **10.3.5. Según la fragilidad:**

- **Frágiles:** Son los productos que por sus características no se le puede poner otro encima y han de ser colocados de forma individual, por ejemplo, las bombillas, (si no están protegidas por un embalaje).
- **Ligeras:** Son aquellas que permiten un cierto peso, como decíamos antes las siete alturas de las cajas de leche o las cinco alturas de las cajas de huevos.
- **Resistentes:** Como os podéis imaginar aquellas que soportan mucho peso encima, ladrillos vigas de acero, mármol, etc.

#### **10.4. Selección del equipo de acarreo**

Cuando el movimiento de los materiales deja de ser eficiente por métodos manuales, se hace necesario el uso de otras alternativas más eficientes, como equipo mecánico, mecánico asistido por computadoras, automatizado o automático. (Díaz, Jarufe, & Noriega, 2014)

Según los autores en la selección de estos equipos se debe tomar en cuenta:

- Costo de funcionamiento.
- Costo de mantenimiento.
- Capacidad.

Entre los factores de uso para la selección tenemos:

##### **Uso de transportadores**

- Cuando las unidades de carga son uniformes.
- Cuando los materiales se mueven o pueden moverse continuamente.
- Cuando el número de movimientos, las cargas unitarias y la situación de la ruta no parecen susceptibles de variar.
- Cuando el tráfico perpendicular puede ser atravesado por el transportador.

##### **Uso de grúas**

- Para movimientos intermitentes dentro de un área fijada.
- Donde los materiales son de peso o tamaño variable.
- Para el movimiento de materiales, sin tener que preocuparse por el cruce de tráfico en el suelo, ni por la variación de la carga.

##### **Uso de vehículos industriales (carretillas, montacargas, camiones, etc.)**

- Cuando los materiales deben ser recogidos y movidos intermitentemente sobre diversas rutas.
- Cuando los materiales sean de peso y tamaño variado o de tamaño uniforme.
- Donde las distancias sean moderadas.

- Donde exista tráfico cruzado.
- Donde existan áreas y espacios despejados.
- Cuando la operación sea principalmente de manejo.
- Cuando sean utilizables las cargas unitarias

### **10.5. Equipo de trayectoria fija**

Por lo general, los transportadores, las grúas y los polipastos se consideran como equipos de trayectoria fija para manejo de materiales debido a que suelen ser una parte fija de la planta física. Una vez que estén en su lugar, cambiar su disposición implica una considerable cantidad de tiempo, interrupciones y costos. Por lo tanto, es muy importante que la instalación de estos equipos se planifique con sumo cuidado. (Guardras Rojas & Sarango Ordeñez, 2007)

Existen muchos tipos de equipos de trayectoria fija y son los toboganes, transportadores, elevadores, grúas de puente, equipo para elevar y robots y están divididas en:

#### **10.5.1. Transportadores simples**

Entre los transportadores simples se pueden mencionar los siguientes:

- **Tobogán:** Son dispositivos de trayectoria fija, sencillos, que utilizan la gravedad para mover materiales a granel o cargas unitarias en pendientes descendentes. Hay de dos tipos: rectos y en espiral.
- **Transportadores de gravedad con ruedas:** Consisten en ruedas de acero estampado, montado en los costados verticales de dos entramados de hierro en ángulo, que están soldadas con un intervalo entre ellas para proporcionar el ancho deseado.
- **Transportadores de rodillos activos:** En estos, las secciones son accionadas muchas veces por fuerza motriz. A veces se coloca debajo de los rodillos soportadores, una correa plana o redondeada que se mantiene apoyada contra ellos por medio de rodillos de presión o retención, situados entre los soportadores. La correa es

impulsada por un motor y transmite su movimiento a los rodillos, que hacen avanzar los paquetes.

- **Transportadores de banda plana:** Se utilizan para clasificar materiales para trabajos ligeros de montaje y para manipular cierta mercancía a granel, como sal, arena, etc.
- **Transportadores de banda cóncava:** En este tipo de transportadores la banda se mueve sobre rodillos de perfil curvo que la hacen tomar una forma cóncava. Constituyen quizá el sistema más económico para distribuir o recoger materiales a granel, debido a su elevada capacidad, su bajo costo de explotación y la facilidad con que se cargan y se descargan.

### **10.5.2. Transportadores con cadena**

Los transportadores de superficie con cadena se utilizan para mover paquetes a lo largo de dos vías corredizas. Dentro de este tipo podemos encontrar:

- Transportadores de listones
- Transportadores de placas,
- Transportadores de tela metálica
- Transportadores de arrastre por cadena
- Transportadores de cadena con eslabón giratorio
- Transportadores del tipo camillas
- Transportadores de rodillos volantes
- Transportadores de barras transversales
- Transportadores de cadena o troles

### **10.5.3. Grúas**

Las grúas se caracterizan porque tienen la capacidad exclusiva de levantar y mover la carga desde arriba, hecho que las hace indispensables en las operaciones de almacenamiento.

Entre los tipos de grúas se cuentan:

- Grúas de pescante.
- Puentes guías.
- Grúas de pórtico.
- Grúas cantiléver.
- Grúas locomotoras.
- Gato con ruedas: sistema del patín activo.

#### **10.5.4. Elevadores**

Hay equipos elevadores (manuales o eléctricos) de los siguientes tipos:

- Elevadores de brazo
- Elevadores verticales de listones y de banda
- Elevadores de movimiento alternativo
- Elevadores de cangilones
- Elevador intermitente de un solo cangilón

#### **10.5.5. Transportadores especiales**

Los transportadores especiales son variantes de los sistemas de manipulación estándar, algunos de los cuales son exclusivos de ciertas industrias.

- Transportadores de tornillo sin fin. - Consisten en un eje macizo o hueco sobre el cual se ha enrollado una aleta de forma de espiral, cuya rotación hace que el material se desplace horizontalmente en una artesa o sobre un lecho del mismo material.

#### **10.6. Equipo de trayectoria móvil**

En esta clasificación se incluyen todos los sistemas de manejo que se emplean para mover materiales en trayectorias diversas dentro de un ciclo de manufactura o de proceso de flujo intermitente lo que permite un alto grado de flexibilidad para el manejo del material, sin embargo, exige ciertos requisitos especiales en la instalación, tales como el tamaño de los pasillos, holguras, tamaño de las puertas y superficies para

trabajar y maniobrar. El conjunto de equipos que se describe como equipo móvil para manejo de materiales está constituido por máquinas que para moverse dependen, en esencia, de su propia fuente de potencia y que son independientes en su trayectoria de movimiento. Estos equipos, al ser transportadores integrados para materiales, proporcionan un enlace flexible y relativamente económico entre las secciones de una planta. Esta clasificación general de equipos incluye desde las carretillas más sencillas de dos ruedas hasta los transportes muy complejos que se controlan por medio de computadoras. (Guardras Rojas & Sarango Ordeñez, 2007)

En el grupo de equipo móvil para manejo de materiales existe una amplia gama de configuraciones de vehículos de uso general y especializado. El equipo móvil se clasifica en dos grandes categorías básicas. El equipo motorizado depende de una fuente de potencia integrada para su funcionamiento, mientras que los equipos no motorizados dependen de un motor primario que puede desconectarse, o en muchos casos, un operario.

Los equipos menos complejos sirven como medio de transporte entre dos puntos, pero no tienen capacidad para colocar ni elevar el material a diferencia de otros equipos que además de transportar la carga, la elevan y pueden darle cierta colocación. (Guardras Rojas & Sarango Ordeñez, 2007)

Los equipos en esta categoría varían desde simples carretillas manuales de dos ruedas hasta vehículos de diseño especial; incluyen también carros con patines, carros de piso, carretillas montacargas con conductor a pie, montacargas motorizados, carros transportadores, tractores, trenes con tractor y grúas industriales móviles. (Guardras Rojas & Sarango Ordeñez, 2007).



## **11. Factor Edificio**

Tanto si planeamos una distribución para una planta enteramente nueva o para un edificio ya existente como si reordenamos una distribución en vigencia, debemos conceder al edificio la importancia que en realidad tiene. (UTECH, 2019)

Algunas industrias pueden operar en casi cualquier edificio industrial que tenga el número usual de paredes, techos, pisos y líneas de utilización. Unas pocas funciones realmente sin ningún edificio. Otras en cambio requieren estructuras industriales expresamente diseñadas para albergar sus operaciones específicas. A pesar de que el edificio es el corazón que cubre a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares, puede ser y a veces debe ser una parte integrante de la distribución en planta.

El edificio influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. De aquí que las consideraciones del edificio se transformen en seguida en limitaciones de la libertad de acción del distribuidor. Por su misma cualidad de permanencia el edificio crea una cierta rigidez en la distribución. Por otra parte, el levantar un edificio completamente nuevo alrededor de una distribución implica que dicho edificio deberá ajustarse a las necesidades de la misma. Este es un modo algo diferente de enfocar el asunto, pues, aunque todos los detalles completos de la distribución no se puedan concretar hasta que no está diseñado el edificio, existe una libertad de acción muchísimo mayor en su planteo inicial de conjunto. (UTECH, 2019)

Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución son:

- Edificio especial o de usos general.
- Edificio de un solo piso o de varios.
- Su forma.
- Sótanos o altillos.
- Ventanas.
- Suelos.
- Cubiertas y techos.
- Paredes y columnas.
- Ascensores, montacargas, escaleras, etc.

Figura 84. Referente a Edificio.



## 11.1. Elementos que Intervienen en la Distribución

### 11.1.1. Edificios especiales o de uso general

Lo primero que debe decidir el ingeniero distribuidor es, si desea un edificio hecho a medidas o <fabricado en serie>. Los edificios especiales generalmente son más costosos y menos negociables. También están más expuestos a quedar anticuados o a resultar pequeños a medida que la producción y los medios para la misma aumentan o cambian al influjo de nuevas condiciones. A un así muchas industrias necesitan edificios especiales si la planta tiene que operar económicamente. (UTECH, 2019).

Tabla 47. Observaciones en cuanto a los edificios

Factores de Selección	De Uso General	Especial
Costo	Bajo	Alto
Posibilidad de Venta Posterior	Alta	Baja
Cambio de Producto	Fácil Adaptación	Difícil Adaptación
Cambio de Materiales	Fácil Adaptación	Difícil Adaptación
Cambio de Maquinaria	Fácil Adaptación	Difícil Adaptación
Cambio de Procesos o Métodos	Fácil Adaptación	Difícil Adaptación

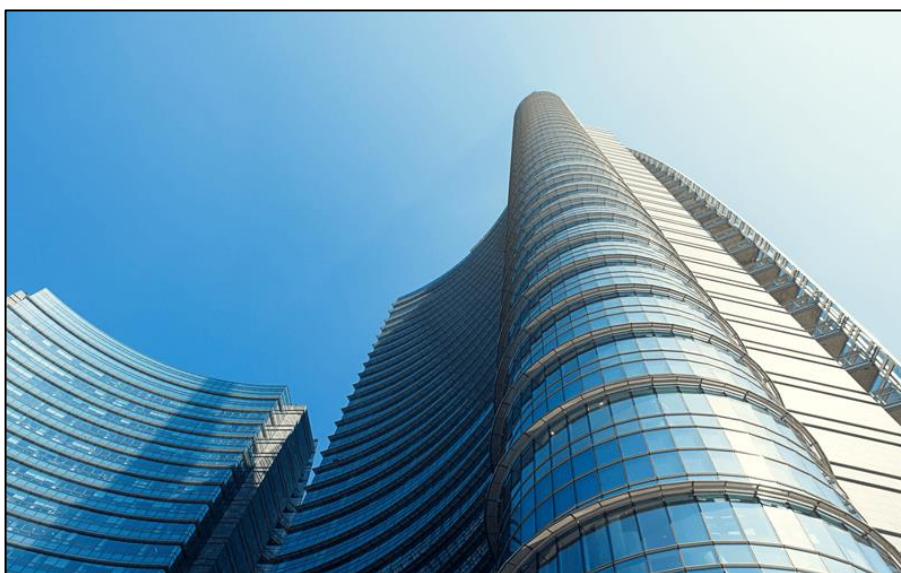
### **11.1.2. Edificio de uno o varios pisos**

Las fábricas primitivas eran generalmente de tres o cuatro pisos de altura pues a causa de las facilidades de transporte tan limitadas tenían que construirse en la ciudad donde el costo del terreno era relativamente caro. Al mismo tiempo, los constructores que tenían que usar ladrillo debían hacer las paredes con suficientemente gruesas para que se sostuvieran y por lo tanto razonaban: “¿porque no usar esta estructura para que sostenga pisos superiores?” (UTECH, 2019).

### **11.1.3. Forma del edificio**

Los primitivos edificios industriales eran estrechos a causa de que precisaban del empleo de la luz natural. Se expansionaban prolongando sus extremos y añadiendo cuerpos transversales de forma rectangular. Hoy la luz artificial es relativamente menos cara. El número y frecuencia de los cambios de producción es mayor. Por lo tanto, se insiste en construcciones que sean relativamente cuadradas, no obstruidas ni divididas por paredes. Tales plantas se construyen a base de secciones rectangulares y se expansionan añadiendo secciones adicionales en sus extremos laterales. (UTECH, 2019)

Figura 85. Referente a Forma del Edificio



#### **11.1.4. Sótanos o altillos**

Una planta difícilmente puede evitar al tener un sótano cuando está edificada en un terreno en declive. Y esto tiene ventaja muy práctica. Algunas plantas están edificadas en la falda de una colina sólo por el expreso motivo de tener entrada para los vehículos en cada piso. Ello ofrece la ventaja de tener entrada a dos o más niveles con un mínimo de construcción de rampas a permitir la recepción en un nivel y el embarque en otro, con el flujo a través de la planta en forma de U, en el plano vertical.

Figura 86. Refrente a Sótanos o Altillos



#### **11.1.5. Suelos**

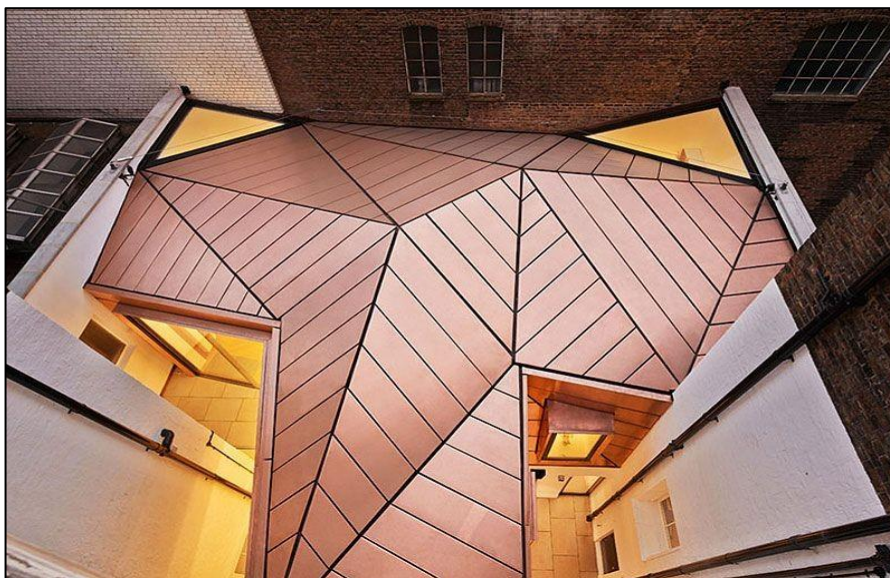
El nivel y la resistencia de los suelos son sus factores más importantes en cuanto a la distribución. Todos los edificios adjuntos y aun aquellos lejanos que algún día pudiesen quedar conectados a la planta principal debería tener el suelo al mismo nivel; de este modo los sistemas de manejo pueden ser enlazados sin necesidad de rampa o elevadores. A causa del descuido de esta condición, existe una industria que hoy debe tener un hombre de servicio en cada rampa dedicada al trabajo exclusivo.

Por lo que se refiere a la resistencia del suelo, debe consultarse con el arquitecto, constructor o contratista.

### **11.1.6. Cubiertas y techos**

Las cubiertas y techos afectan a la distribución sobre todo por lo que respecta a su altura por encima del suelo. Las cubiertas y techos vienen afectados, también, en muchos casos, por tipo de construcción.

Figura 87. Referente a Cubiertas y Techos



### **11.1.7. Paredes y columnas**

A diferencia de las fábricas primitivas que dependían del grosor de sus paredes de obra para mantenerse en pie, así como para sostener sus tejados los edificios modernos emplazan su carga sobre vigas y columnas, formando estructuras generalmente de acero o de hormigón armado. De este modo, la columna soporta la carga y las paredes no son necesarias más que como medio de mantener el interior del edificio a salvo de los elementos. Esto es de gran utilidad a la producción, por cuanto significa grandes áreas sin obstrucción. (UTECH, 2019).

## **12. Factor Espera**

Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un grado óptimo. Nuestro objetivo es una circulación material clara y veloz del material a través de la planta, siempre en progreso hacía el acabado del producto. (UTECH, 2019)

Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y éstas cuestan dinero.

Los costos de espera incluyen los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacía el punto de espera y del mismo hacía la producción.
- Costo de manejo en el área de espera.
- Costos de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera.
- Costos de espacio y gastos generales.
- Intereses de dinero representado por el material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrada.

### **12.1. Situación**

Existen dos ubicaciones básicas para el material en espera.

- **En un punto de espera fijo, apartado o inmediato al circuito de flujo:** Podrá emplearse cuando los costos de manejo sean bajos, cuando el material requiera protección especial, o cuando el material en espera requiera mucho espacio.
- **En un punto de espera fijo ampliado o alargado:** Deberá emplearse cuando los modelos varíen demasiado para ser movidos fácilmente con un sólo dispositivo de traslado; cuando las piezas pudieran deteriorarse si permanecen en un punto muerto y cuando la cifra de producción sea relativamente alta. (UTECH, 2019)

### **12.2. Espacio para cada punto de espera.**

El área de espera requerida depende principalmente de la cantidad de material y del método de almacenamiento.

El mejor método para determinar este espacio es preparar una relación de todos los materiales que deben ser almacenados, una lista de los diferentes artículos, y después, extender esta lista hacia la derecha enumerando la cantidad a almacenar de cada artículo. Esta puede tener que establecerse, en algunos casos, por estimación aproximada.

### **12.3. Método de almacenaje.**

El método de colocación del material en espera afecta al espacio y a la ubicación. La siguiente lista de posibilidades puede ayudar a ahorrar espacio. Aprovechar las tres dimensiones. Recurrir al apilado, solapado, uso de altillos, de transportadores elevados, etc.

Considerar el espacio de almacenamiento exterior: Al aire libre (ladrillos, piezas de fundición); protegido con tela encerada o envoltorios impermeables (plancha de metal, productos voluminosos); o bajo protecciones de metal o madera (almacenamientos al aire libre con un costo de protección pequeño).

Hacer que las dimensiones de las áreas de almacenamiento sean múltiples de las dimensiones del producto a almacenar: para artículos de 3 x 5 y de 4 x 7, el disponer de un área cuyas dimensiones sea de 11 ó 13 pies, nos causará espacio inútil; en cambio una de 12 nos conducirá a una mejor utilización de la misma.

Colocar la dimensión longitudinal del material, estanterías o contenedores de forma que quede perpendicular a los pasillos de servicio principales.

Usar la anchura apropiada de pasillos y hacer que los pasillos transversales sean de una sola dirección. (UTECH, 2019).

Figura 88. Almacén



#### **12.4. Precauciones y equipo para el material en espera**

Puesto que cada material posee sus particularidades propiedades y características, necesitará ser protegido en mayor o menor grado mientras esté en situación de espera. Seguidamente presentamos una lista de las principales precauciones, que da cuenta de los riesgos de los materiales almacenados y el mejor modo de evitarlos.

#### **12.5. Objetivos de un buen equipo de almacenamiento**

- Fácilmente accesible.
- Fuerte y seguro.
- Capacidad suficiente.
- Protección del contenido contra daños y deterioro.
- Identificación rápida y segura del material.
- Contar rápido el contenido.
- Ajustable.
- Móvil.



Un equipo de almacenamiento efectivo debe ajustarse a estos objetivos. Los tipos posibles de equipo deberán ser confrontados con la lista anterior para poder seleccionar el más apropiado. (UTECH, 2019)

### **13. Factor servicio**

Los servicios de una planta están conformados por elementos físicos y personal organizado, destinados a satisfacer las necesidades de los factores de la producción.

Casi siempre la disponibilidad y el espacio para labores no productivas se considera un gasto innecesario, sin embargo, es fundamental considerarlos ya que son servicios de apoyo para la ejecución de la actividad principal, por eso es importante que el espacio ocupado por dichos servicios, asegure su eficiencia y que sus costos indirectos queden minimizados.

#### **13.1. Servicios relativos al personal**

- **Vías de acceso**

El camino de entrada, el lugar de aparcamiento de vehículos y las paradas de servicios públicos son generalmente el punto de partida del camino del personal. Su lugar de trabajo es el punto de llegada

Figura 89. parqueadero de entrada



### 13.1.1. Servicios de alimentación

Las cafeterías pueden estar equipadas con cocinas completas o pueden proyectarse para atender órdenes pequeñas o pedidos de comidas ya preparadas.

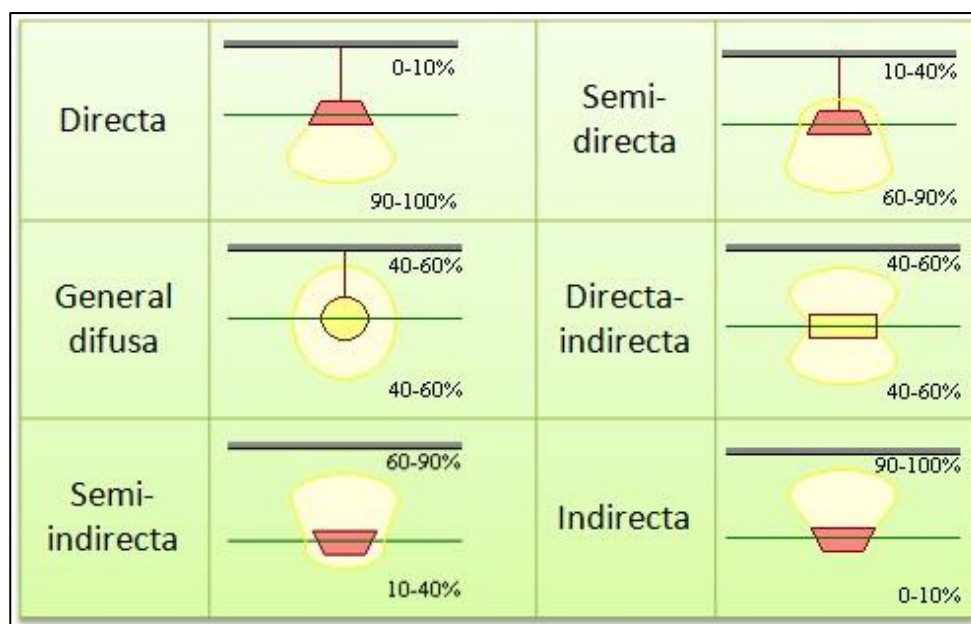
Los locales de alimentación se ubicarán dentro del recinto del centro de trabajo y en zonas que no ofrezcan riesgos de contaminación ambiental (malos olores, humo, hollín, polvo, aguas servidas, depósitos de basura, presencia de animales, etc.). Los pisos tendrán una pendiente adecuada para que el drenaje sea eficaz.

### 13.1.2. Iluminación

Un aspecto a considerar en la iluminación artificial es que debe ser diseñada para proporcionarnos la iluminación que no tenemos en un lugar cerrado o semi cerrado (Ventanas, por ejemplo) y que el nivel de iluminación debe ser seleccionarse en función de la actividad que se va a realizar (oficinista, sala de juntas, etc).

- Lámpara incandescente.
- Lámpara incandescente reflectora.
- Lámpara halógena dicróica.

Figura 90. Tipos de iluminación



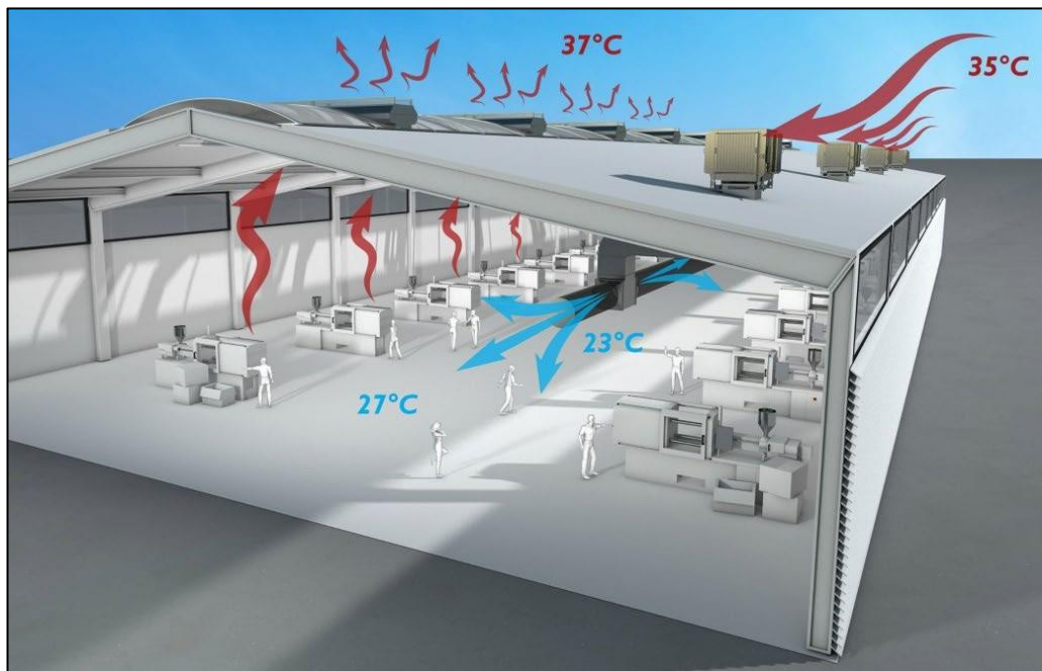
### 13.1.3. Ventilación

En la empresa utilizaremos La ventilación natural por ventanas, ventilación en las oficinas con Aires acondicionados y ventilación artificial con ventiladores industriales según en proceso de producción.

Figura 91. Ventilación mediante conductos



Figura 92. Ventilación por techos



## **13.2. Servicios relativos al material**

Influyen de un modo directo sobre la distribución en cuanto a la situación de las áreas y equipos de verificación y a la accesibilidad a las áreas de trabajos. De un modo indirecto puede afectar al tipo de general de distribución.

### **13.2.1. Control de calidad**

Los inspectores quienes son los verificadores deben estar situados en varias áreas centralizadas o dispersas en varios puntos descentralizados de control.

#### **Relación del tipo de distribución con la calidad:**

- **Por posición fija:** La calidad es responsabilidad directa de los operarios individuales.
- **Por proceso:** La inspección interdepartamental y las consideraciones sobre la calidad, tiene lugar en un departamento diferente para cada operación.
- **En línea:** Difícil de fijar las responsabilidades sobre la calidad.

### **13.2.2. Laboratorios para planta**

Existen en las industrias laboratorios de pruebas de numerosas especialidades: Química, bacteriológica, física, electrónica, entre otros.

Cada uno de ellos precisa contar con instrumentos propios y servicios auxiliares en su entorno específico.

- Seguridad del personal.
- Un lugar confortable y atractivo para el personal.
- Circulación de materiales con fluidez y sin obstáculos
- Considerar las contingencias del caso.
- Flexibilidad, adaptación práctica de los cambios (nuevos productos, mejores métodos, cambio de tecnología).
- Optimización del costo total de inspección.

### **13.3. Servicios relativos a la maquinaria**

El mantenimiento requiere un espacio adicional (espacio de acceso a las máquinas, motores, y todo el equipo restante de proceso y servicio.)

La comprobación de rutina y el mantenimiento preventivo durante los fines de semana o por las noches. Sera una medida de utilidad, pero siempre pueden ser necesarios trabajos urgentes de reparación.

Toda distribución operante debe tener en cuenta los hombres y elementos destinados a lubricar, reparar y ocasionalmente reemplazar equipos, maquinaria e instalaciones

#### **13.3.1. Instalación eléctrica**

Se aconseja emplear corrientes de alto voltajes. Las plantas grandes preferirán tener transformadores cercanos a los puntos de utilización.

El estudio de muchas plantas nos conduce a la conclusión de que la adecuada selección del voltaje es el factor más importante para la reducción de los cuellos de botellas en la instalación de fuerzas y con vistas a futuras expansiones económicas.

#### **13.3.2. Sala de calderas**

Las salas de calderas son locales técnicos destinados a albergar equipos de producción de calor (calefacción y/o ACS), en los cuales la suma de la potencia de sus generadores supera los 70 kW.

#### **Norma UNE Norma UNE -60.601**

Esta norma establece los requisitos exigibles a los locales o recintos que alberguen, bien generadores destinados a la producción de calor o frío mediante fluido caloportador, excluido el aire e incluido el vapor de agua a presión máxima de trabajo inferior o igual a 0,5 bar, cuya potencia útil nominal conjunta sea superior a 70 kW, o bien equipos de cogeneración cuyo consumo calorífico nominal conjunto sea superior a 70 KW, que utilicen combustibles gaseosos de las familias definidas en la Norma UNE 60.002.

Figura 93. Caldera



### 13.3.3. Depósitos de herramientas

Las herramientas, los dados y los suministros se pueden almacenar localmente (en las máquinas). En instalaciones grandes puede haber más de un depósito para reducir al mínimo el tiempo de desplazamiento de los empleados.

Cada depósito debe tener dos ventanas de servicio para reducir el tiempo de espera. El espacio que se ahorra por el uso de un depósito central no es, quizá, tan importante como el mejoramiento del control de inventario, pues este permite detectar robos, así como conocer el stock de herramientas.

El mantenimiento de estos ambientes es importante para salvaguardar la salud del personal, por lo tanto, deben estar bien limpios, iluminados y ventilados.

### 13.3.4. Protección contra incendios

La prevención es el medio más efectivo para reducir las pérdidas resultantes del fuego. Básicamente y de manera ilustrativa, el proceso de prevención de incendios incluye identificar las fuentes de los incendios, identificar cómo el incendio puede crecer, y finalmente evaluar los métodos de

prevención o supresión. Es importante tener un amplio conocimiento de métodos y técnicas de detección, supresión, control, confinamiento y evacuación.

### **13.3.5. Sectorización de incendios**

Otro tema importante es la sectorización de los riesgos de incendios. Se trata del confinamiento del incendio, buscando evitar que si se genera un incendio éste progrese fuera de su área de origen. Por ejemplo, sectorizar las áreas de producción de las áreas de almacenamiento, o compartimentalizar el área de calderas o equipos eléctricos, son estrategias comunes. Una decisión importante es qué tipo de compartimentalización utilizar y por cuánto tiempo, en horas de resistencia al fuego, debe estar tasado el método de sectorización.

### **13.3.6. Sistemas de detección y alarma**

NFPA 101 requiere que una planta industrial tenga un sistema de alarma contra incendios basado en el número del personal que labora en la planta. Por ejemplo, si la planta tiene 100 personas o más, o a partir del segundo piso hay más de 25 personas, se requiere un sistema de alarma.

Figura 94. Tubería contra incendios



### 13.3.7. Señalización de seguridad

La señalización relaciona un objeto o una situación determinada, suministrando una indicación relativa de seguridad por medio de un color o una señal. Los colores empleados deben llamar la atención, indicar la presencia de peligro y facilitar su rápida identificación. Los colores por emplear y su significado se relaciona en la tabla siguiente:

Tabla 48. Simbología por colores de seguridad por mapfre

Color	Significado	Aplicación
Rojo	Parada Prohibición Equipos de lucha contra incendios	Señal de parada Señal de prohibición
Amarillo	Atención Zona de riesgo	Señalización de riesgos Señalización de umbrales, pasillos, obstáculos, etc.
Verde	Situación de seguridad Primeros auxilios	Señalización de pasillos y salidas de socorro. Duchas de emergencia, puestos de primeros auxilios y evacuación.
Azul	Obligación Indicaciones	Medidas obligatorias Emplazamiento de teléfono, talleres, etc.

Tabla 49. Colores y Controles por Mapfre

Color		
Seguridad	Contraste	Del símbolo
Rojo	Blanco	Negro
Amarillo	Negro	Negro
Verde	Blanco	Blanco
Azul	Blanco	Blanco

Colores y controles de la Fundación Mapfre

### 13.3.8. Ambiente de calidad en el trabajo

Los resultados de una empresa exitosa dependen mucho de la calidad del ambiente en el cual se desarrollan.



Las empresas en cuyos ambientes reina el desorden, la suciedad, las condiciones físicas y psicológicas adversas, son terrenos propicios para los accidentes, así como para la lentitud, la improvisación y la calidad deficiente en el trabajo.

#### **14. Evaluación de alternativas de disposición de plantas**

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- ✓ Relación de ventajas y desventajas
- ✓ Evaluación de ahorros y gastos
- ✓ Análisis de factores
- ✓ Comparación de costos

El análisis de los factores de la disposición y el estudio de la distribución general y del detalle nos llevan a diferentes alternativas de disposición de la planta, de las cuales se tiene que elegir una para implementarla en la empresa. Para tomar una decisión acertada se deberá evaluar en forma objetiva cada una de ellas. En este capítulo se exponen cuatro métodos para dicha evaluación. Dependiendo del nivel de análisis del proyecto podrán utilizarse métodos cualitativos o cuantitativos.

Generalmente, la revisión de los factores de disposición de planta ocasiona limitaciones a la propuesta ideal, por ello se presenta una serie de alternativas de disposición. La instalación inicial debe ser buena para minimizar cambios posteriores que resulten onerosos. Ante varias alternativas de distribución, se pueden utilizar varios métodos para su evaluación y facilitar la elección de una de ellas, como las que se detallan a continuación.

##### **14.1. Relación De Ventajas Y Desventajas**

Esta metodología se utiliza para determinar la mejor alternativa, tomando como base la información sobre diferentes aspectos de las propuestas de distribución. En cada caso particular, el analista podrá proponer diferentes cuestionamientos o enfoques para la evaluación, dependiendo del tipo de proceso y de las políticas empresariales definidas por la organización. Para la evaluación, en el siguiente ejemplo se utilizará una calificación, considerando ventajas totales, parciales y desventajas.

#### **14.1.1. Ejemplo aplicativo**

Una empresa productora de fierros de construcción utiliza gran cantidad de chatarra para mezclarla con hierro esponja y luego llevarla al horno de fundición.

La empresa ha tenido problemas en el último trimestre, en el que se ha implementado una línea adicional de producción, pues al aumentar su capacidad, sus requerimientos de chatarra y hierro esponja también se han incrementado. Sin embargo, estas áreas de almacenamiento no habían sido previamente ampliadas. En el caso del hierro esponja, se han levantado tabiques de madera para delimitar su almacenamiento y no se ha decidido la situación de la chatarra.

#### **14.1.2. Solución del ejercicio**

Hay tres alternativas que deben ser evaluadas:

- **Alternativa A:** Siendo el área actual de uso para el almacenamiento de aproximadamente 160 m<sup>2</sup>, se ha observado que debido a las operaciones de descarga y carga se desborda el material hacia los diferentes lados, utilizando mayor área de la destinada para el almacenamiento y las actividades de acarreo. Esta primera propuesta considera la ampliación del área utilizando un espacio aledaño de 60 m<sup>2</sup>.
- **Alternativa B:** Con la finalidad de evitar el desborde y crearle una limitación e independencia al área, se propone levantar un cerco de concreto que delimita el área del depósito.
- **Alternativa C:** Se ha estudiado que haciendo una fosa de 1,5 m de profundidad podría disponerse, en la misma área, de una mayor capacidad de almacenamiento. Se requerirá reforzar las paredes laterales con un vaciado de concreto y la base de la fosa solo requerirá un apisonado.

### 14.1.3. Conclusión

En los tres casos el acarreo se realizará con palas mecánicas, manejadas por un operador que cargará y descargará de las unidades móviles destinadas para este fin. Las alternativas se someterán a una serie de preguntas que permitirán evaluarlas, para definir ventajas y desventajas y así totalizar la calificación. Seleccionaremos como la alternativa más adecuada aquella que nos dé el mejor nivel en el ranking de ventaja.

Figura 95. Preguntas relacionadas

Preguntas	Alternativas		
	A	B	C
¿Fabricará un producto mejor?	-	-	-
¿Evitará accidentes?	○	●	●
¿Reducirá costos?	●	●	○
¿Mejorará el orden y la limpieza?	○	●	●
¿Aumentará la producción?	○	●	●
¿Dejará espacio útil libre?	○	●	●
¿Mejorará la productividad?	○	●	●
¿Reducirá desperdicios y pérdidas?	○	●	●
¿Reducirá los paros?	-	-	-
¿Mejorará la integración de conjunto?	○	●	●
¿Mejorará otras condiciones de trabajo?	●	●	●
¿Proporcionará beneficios en seguros?	●	●	●
¿Proporcionará beneficios en impuestos?	-	-	-
¿Disminuirá el mantenimiento?	-	-	-
¿Facilitará el transporte?	●	○	●
¿Mejorará el control?	○	●	●
¿Responderá mejor a picos de producción?	●	●	●
¿Permitirá un mejor control de calidad?	●	●	●
¿Permitirá cambios futuros?	●	●	○
¿Disminuirá el tiempo de almacenamiento?	○	●	●
¿Facilitará las actividades de acarreo de materiales?	●	○	●
	○	2 / -4	2 / -4
	●	4 / 8	1 / 2
	●	4 / 16	14 / 56
	6	32	54

Calificación	●	Ventaja total	(valor 4)
	●	Ventaja parcial	(valor 2)
	○	Desventaja	(valor -2)
	-	No se puede definir	(valor 0)

## **14.2. Evaluación De Ahorros Y Gastos**

Mediante esta técnica evaluaremos cada una de las alternativas planteadas cuantitativamente, determinando los flujos de dinero que se generarían debido a la implementación de la distribución propuesta. Sería práctico utilizar este método en la evaluación de alternativas de distribución involucradas en una misma localización. Así, las variaciones en el costo del terreno no serían relevantes para la comparación de alternativas y el método se limitaría a inversiones menores y variaciones en los costos de operación.

### **14.2.1. Ejemplo aplicativo**

En una planta de producción de envases portátiles de GLP de 10 kg se han encontrado los siguientes problemas:

- Cruces e interrupciones en la línea de producción.
- Falta de continuidad en la línea de producción de cilindros, que ahora es la línea más importante.
- Ingreso y salida de material por una misma puerta, dificultando el libre acceso.
- Desorden y chatarra que impide el paso, sobre todo en la zona de acceso a la planta.
- No se utiliza el acceso lateral.

### **14.2.2. Solución del ejercicio**

Se plantean dos alternativas:

- **Alternativa 1:** Recojo de chatarra Al analizar el estudio, recomendaremos el recojo de desperdicios de los materiales cada 20 o 25 días por alguna persona o grupo que se dedique a la recolección de chatarra para el reciclaje. Esto no significaría un gran ingreso de dinero, pero sí ayudaría en el orden de la planta y en una mejor presentación de la línea de producción. Al revisar el estudio pudimos observar que el precio de venta de la chatarra corresponde al 12% del material virgen de la materia prima, esto es US\$40/t; si se procesan 1.000 t/año, arrojaría una cantidad de 30

t/año de chatarra, esto es el 3% del total procesado. El monto que se obtendría de la venta sería, entonces, de US\$1.200/año.

- **Alternativa 2:** Reubicación del horno Otra alternativa que recomendaríamos es la reubicación del horno de recocido, así la línea de producción sería más continua y tendría un recorrido más fluido; además, se aprovecharía el espacio dentro de la línea de producción y este espacio ocupado en forma ociosa serviría para colocar otra máquina o realizar otro tipo de actividad en la empresa. Aplicamos también un cuadro donde observamos la distancia recorrida y sus mejoras luego de aplicar los métodos propuestos.

Tabla 50. Tabla de distancia de recorrido

	Distancia en metros		
	Antes	Después	Reducción %
De soldaduras a horno de recocido	62	15	75.81
De horno de recocido a prueba hidráulica	72	5	92.86
De almacén a productos terminados	98	7	92.86
<b>Total</b>	230	27	88.26

Si analizamos que se producen 370 unidades diarias y dentro del almacén el transporte se realiza mediante carritos de 10 unidades de productos, significa que en promedio realizan 37 viajes de ida y vuelta. Como se trabaja a pedido y con plazos de entrega coordinados previamente con el cliente, podemos concluir que el tiempo ahorrado en producción es un costo directo.

- Distancia que no se recorre:  $(230-27) \text{ m} \times 2 \text{ (ida y vuelta)} = 406 \text{ m}$
- Velocidad aproximada = 0,5 m/seg

- Tiempo de duración de los viajes = 812 seg = 0,226 h + 20% (cruces, curvas) = 0,2717 h
- Costo H-H = US\$1,88
- Capacidad de transporte = 10 unidades
- Costo de transporte de unidad =  $(0,2717 \times 1,88) / 10 =$  US\$0,051/unidad
- Producción anual = US\$200.000 unidades Ahorro anual = US\$10.177,07

### **14.2.3. Conclusión**

Analizando las dos alternativas planteadas y comparándolas con la situación actual, concluimos que cualquiera de ellas, en forma independiente o aplicadas ambas, generarán un ahorro con respecto a la situación actual.

### **14.3. Análisis De Factores**

Existe una lista de factores, comúnmente utilizados, de los cuales se extraerán algunos y se añadirán otros, dependiendo de las características de la empresa en estudio; algunos de ellos son:

- **Adaptabilidad:** Es el grado de factibilidad para poder realizar cambios o efectuar ajustes.
- **Flexibilidad del planteamiento:** Significa tener la posibilidad de que los cambios no sean tan rígidos y pueda haber nuevos registros.
- **Incremento de la producción:** Indica en qué medida los cambios realizados favorecerán o perjudicarán la producción (mínimo de unidades producidas).
- **Eficacia del recorrido de productos y materiales:** Nos muestra la factibilidad en el flujo de elementos para que de esta manera no se realicen cruces, trabajos innecesarios, etc.
- **Eficacia del almacenaje:** Es un factor importantísimo dentro de nuestro análisis.
- Mide la capacidad y organización de los almacenes.

- **Utilización de las superficies:** Indica cuál de las alternativas sacará mayor provecho del área perteneciente a la empresa.
- **Seguridad y vigilancia:** Indica cuál de las alternativas es la óptima para poder desarrollar con mayor facilidad las condiciones de seguridad y vigilancia que sean necesarias.
- **Condiciones de trabajo y moral del personal:** Son aquellas condiciones con las cuales el trabajador se siente más a gusto en su centro laboral; lo incentivan a seguir.
- **Facilidad de supervisión y control:** Es importante que el supervisor pueda llegar con mayor facilidad a cualquiera de las secciones de trabajo para poder controlar o resolver cualquier problema que se presente.
- **Facilidad de una futura expansión:** Indica si existe la posibilidad de poder ampliar el terreno o el edificio a favor de una mejor distribución.
- **Adaptación de la estructura general de la empresa:** Significa saber si a los demás departamentos los afectan los cambios por realizarse, lo que lleva a efectuar desembolsos de dinero.
- **Economía, beneficio y rentabilidad:** Es la forma más clara de darnos cuenta si los cambios por efectuarse serán beneficiosos. Para la evaluación de las alternativas se considerará la siguiente escala de valores:

Tabla 51. Escala de Valores

Valor Numérico	Significación
5	Excelente
3	Bueno
1	Deficiente

Es recomendable realizar la evaluación de manera horizontal, es decir, analizar cada factor para las alternativas propuestas, luego pasar al siguiente factor y así sucesivamente. Con esto se consigue mayor objetividad. La ponderación de cada factor depende de la importancia que tenga dentro del análisis correspondiente, y se representa en escala de 0-20

**14.3.1. Ejemplo aplicativo**

Se quiere seleccionar la mejor entre las alternativas I, II y III.

Tabla 52. Solución

Factor	Ponderación	Alternativas		
		I	II	III
Adaptación	10	10	20	20
Flexibilidad del planteamiento	6	6	6	6
Incremento de la producción	17	68	34	34
Eficacia de recorrido de productos y materiales	18	54	36	36
Eficacia del almacenaje	20	40	40	40
Utilización de las superficies	20	60	40	20
Seguridad y vigilancia	16	16	16	48
Condiciones de trabajo y moral del personal	12	24	12	12
Facilidad de supervisión y control	15	30	30	45
Facilidad de una futura expansión	18	0	-18	54
Adaptación de la estructura general de la empresa	6	6	0	0
Inversiones necesarias	20	0	20	0
Economía, beneficio y rentabilidad	20	60	40	40
Totales		374	236	355

**14.4. Comparación De Costos**

La distribución ideal minimiza el costo de la actividad de la planta. Esto influye no solo en los costos afectados por la distribución de la planta, tales como el manejo de los materiales, sino también un amplio número de costos que no pueden ser descuidados. Algunos de esos costos son los siguientes:



- **Manejo de materiales:** Para minimizarlo, en la medida de lo posible, la fábrica debe proveerse de equipo mecanizado, y para algunas operaciones, de equipo automatizado, en lugar de realizar esfuerzo manual, tanto en la planta como en la distribución del producto.
- **Redistribución y expansión:** Si se espera una expansión o revisión de la distribución en el futuro, el plan debe prever estos cambios. Debe preverse el uso de electricidad, agua y líneas de alcantarillado no utilizadas por el momento; esto debe hacerse de forma que permitan un aumento sustancial de la producción con flexibilidad.
- **Uso económico del piso:** Por cada metro cuadrado de suelo o piso se pagan cantidades importantes por alquiler o impuestos, así como por iluminación y mantenimiento. Estos costos pertenecen tanto al espacio de piso no usado como al utilizado productivamente.
- **Seguridad:** Las condiciones de trabajo sin seguridad cuestan dinero a la empresa, ya sea como compensación a los trabajadores por los accidentes o por los seguros que tienen que contratarse. Al hacer la distribución de la planta, quedan permanentemente fijadas las condiciones en que el personal trabajará.
- **Nuevos elementos:** Ampliación de la infraestructura, construcción de nuevas áreas, instalación de servicios auxiliares, entre otros.
- **Operación o funcionamiento:** Por pieza producida se deberá considerar la materia prima requerida, así como también los suministros y embalajes. Este costo de operación involucra el comportamiento del trabajo directo de la mano de obra, generándose los suplementos por horas trabajadas, así como también horas máquinas, combustible, piezas y materiales para su mantenimiento

#### **14.4.1. Ejemplo aplicativo**

Una empresa pionera y líder en la elaboración de avisos publicitarios presenta actualmente una deficiente disposición de planta por el gran crecimiento que ha tenido en estos últimos años. Preocupada por mantener un posicionamiento mejor que el de sus competidores, decide ejecutar un estudio

para elevar su capacidad y productividad. El estudio de disposición de planta detalla los siguientes problemas y presenta propuestas de solución:

- Acarreo manual de materia prima y materiales en proceso.
- Congestión en el área especial para el embalaje del producto.
- Poco espacio para el almacén (20 m<sup>2</sup>).
- Tiempos largos de secado de las piezas punteadas.
- Servicios higiénicos deteriorados e inapropiados.

Tabla 53. Propuesta de mejora para cada problema planteada

Alternativa A			Alternativa B		
Mejora	Costo US\$	Total	Mejora	Costo US\$	Total
Dispositivos mecánicos para efectuar eficientemente el transporte (cantidad: 2)	85	170			
Aprovechar el espacio existente con la compra de:					
• Medio mecánico para facilitar la manipulación del cartón corrugado (material de ensamble). (cantidad: 1)	60	60	Ampliar el espacio físico 5 m <sup>2</sup> más, del área de embalaje del producto, reduciendo el espacio disponible del área de producción	200/m <sup>2</sup>	1000
• Anaqueles y estantes para herramientas (cantidad 3).	170 c/u	510			
Ampliación a 40 m <sup>2</sup> de almacén nuevo para materias primas (actualmente tiene 20 m <sup>2</sup> )	150/m <sup>2</sup>	3000	Construcción de 45 m <sup>2</sup> en un segundo piso para el traslado de oficinas administrativas y producción	100/m <sup>2</sup>	4,500
Compra de un horno	2,000	2000	Generar calor por medio de reflectores (cantidades: 2)	50 c/u	100
Construcción de nuevos servicios y vestuarios (20 m <sup>2</sup> )	200/m <sup>2</sup>	4000	Reparación y mantenimiento de baños	400	400
Total		US\$ 9,740			US\$ 6,000

#### **14.4.2. Solución**

Considerando los montos de inversión en el año cero y de acuerdo con la planificación económica y el presupuesto otorgado para estas mejoras, la empresa decide implementar la alternativa B.

### **15. *Implementación de la propuesta elegida***

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- ✓ Generalidades
- ✓ Planificación de la instalación

Un proyecto de disposición de planta no termina sino hasta la implementación de las ideas propuestas, calificadas como las oportunas o apropiadas en el capítulo anterior. En este capítulo se detallan la planificación, la organización, la ejecución y la puesta en marcha de la nueva disposición de planta.

#### **15.1. Generalidades**

Para cada actividad industrial el estudio de disposición de planta determina un procedimiento considerado ventajoso para alcanzar la máxima eficiencia. No todos los estudios plantean la construcción de una nueva fábrica; de hecho, lo más común es la reordenación de los servicios y equipos actuales dentro de un edificio existente. El procedimiento más frecuente es una ligera modificación y la mayor parte de la atención está dedicada al flujo del material. La distribución de una planta es una actividad del ingeniero industrial en la cual su experiencia y conocimientos técnicos permiten desarrollar un análisis sistemático y proponer una distribución de planta, proyectada para responder a los cambios futuros. La naturaleza de una distribución de planta es tal que, una vez hecha, los errores cometidos tienden a permanecer como costos de operación. Por ello, deben hacerse verdaderos esfuerzos para detectar y eliminar tales errores.

##### **15.1.1. Planificación De La Instalación**

Las etapas de la planificación son las siguientes:

#### **15.1.1.1. Planeación**

En esta primera etapa de la instalación se deben proyectar las actividades por realizar, con el fin de asegurar una implementación oportuna y económica, ajustándose a los requerimientos de la empresa, a la disponibilidad de recursos y al tiempo estimado, para no alterar las operaciones de aquella ni generar escasez que afecte al mercado.

Existen varios métodos para la programación de las actividades; sin embargo, el más sencillo y más utilizado es la Carta Gantt.

Para la planificación de las instalaciones en esta etapa es importante identificar las actividades por desarrollar, determinando los recursos requeridos y los tiempos para cada actividad. Será conveniente hacer un estudio cuidadoso de la precedencia de las actividades, estableciéndose las que pueden desarrollarse en forma paralela, así como las que requieren acciones antes de su inicio. En algunos casos, estas últimas podrán formar parte del camino crítico del proyecto de instalación, por lo cual la asignación de recursos para minimizar los tiempos es prioritaria. De ello dependerán los costos involucrados, que tendrán como factor limitante para la instalación, la disponibilidad de los montos de inversión. Para la programación de actividades podrá utilizarse la técnica del diagrama Gantt, que se presenta bajo la forma de un cuadro de doble entrada, donde:

- Las abscisas representan los periodos del tiempo total que durará el proyecto desde el inicio.
- Las ordenadas representan las actividades involucradas para llevar a cabo dicho proyecto.
- Las actividades están representadas por barras o líneas horizontales de longitud proporcional a su tiempo de duración, fijándose de ese modo su inicio y su término.



- Para el sistema de enfriamiento.
- Para beber (debe ser agua potable).
- Para el servicio (se usa en la limpieza general y en otros servicios).
- Para la generación de vapor (agua tratada para calderas).
- Para apagar incendios.
- Para la construcción (la cantidad de agua que se usa en construcción depende del tipo de proyecto, del número de trabajadores y del tiempo dedicado).

#### **15.1.2.2. Energía eléctrica y abastecimiento de combustible**

Cuando se va a comprar la energía eléctrica, debe localizarse la posición de las líneas de transmisión y la de la subestación de la planta.

Al principio, deben determinarse los voltajes primarios para calcular y obtener de inmediato el transformador principal de la planta y los dispositivos de distribución. Con la inspección preliminar debe determinarse la dirección en la que se instalarán las líneas; si la energía se conducirá desde el límite de propiedad hasta la subestación por líneas aéreas o subterráneas o si se instalará un solo sistema alimentador.

#### **15.1.2.3. Necesidades de personal de construcción**

Se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Salarios de la región, contratos de trabajo con las fechas de vigencia y de finalización, y la disponibilidad de artesanos locales competentes.
- Relación de obras proyectadas en la región y periodos en los que se necesitará mayor número de trabajadores.
- Existencia de alojamiento para el personal, lo que puede resolverse si la obra queda cerca de una ciudad.
- Disponibilidad de comedores.

- Servicios médicos y condiciones climatológicas especiales que requiera el personal.
- Costumbres de la región.
- Transporte que necesita determinado personal.
- Estacionamiento para el personal de construcción.
- Instalaciones sanitarias y vestidores para el personal de construcción.
- Identificación para el personal de construcción.
- Localización del material de construcción, del que se va a usar en la planta y del área de almacenamiento del equipo, que con frecuencia afectan en la descarga, el transporte y el manejo de materiales.

#### **15.1.2.4. Clima**

Es conveniente tener en cuenta también los datos específicos sobre el clima del lugar, entre los cuales están:

- Temperatura atmosférica máxima y mínima. Las fluctuaciones de la temperatura atmosférica influyen también en el proyecto del sistema de enfriamiento para el agua y en la selección del equipo.
- Humedad relativa (fluctuación diaria, mensual y promedio estacional). Estos datos son indispensables para el proyecto de las torres de enfriamiento, los secadores para el aire utilizado en los procesos y la determinación de las necesidades del personal.
- Precipitación pluvial (máxima, anual y promedio estacional).
- Estos datos se utilizan para el proyecto del drenaje de la planta, en el proyecto de los edificios y posiblemente en el proyecto de los procesos.
- Información sobre inundaciones locales y mareas. Estos datos son útiles cuando la planta está ubicada cerca de una corriente importante expuesta a

desbordes o en una zona costera que pueda sufrir inundaciones.

### **15.1.3. Preparación**

Previamente a la ubicación y traslado de máquinas y personal, el jefe del proyecto deberá considerar los siguientes aspectos:

- Las condiciones de los empleados para el cambio.
- El problema fundamental de la redistribución.
- Cuando debe hacerse la instalación:
  - Cambios anuales en el diseño de los productos.
  - Cierre de la planta por vacaciones.
  - Estación de calma en la producción.
  - Fines de semana o fines de semana ampliados.
- La identificación de puntos de colocación.
- Coordinación de la instalación.
- Ajustes ante cualquier imprevisto.
- Comprobación continua.

### **15.1.4. Traslado e instalación**

Para llevar a cabo la instalación, debe verificarse la siguiente información:

- Lista de toda la nueva maquinaria y equipo por instalar.
- Equipo existente que debe cambiarse o moverse de sitio.
- Programa de movimientos.
- Hoja de especificaciones indicando cómo desconectar, mover y elevar cada máquina.
- Copia de la distribución, dibujo o fotografía, explicando los detalles de las nuevas posiciones.
- Equipo requerido para el traslado.
- Coordinaciones con proveedores de equipo y asistencia técnica requerida.



### **15.1.5. Puesta en marcha**

Una vez hechas las instalaciones de la maquinaria y del equipo, deberá hacerse una revisión y comprobación final, ajustando los últimos detalles para la puesta en marcha. Generalmente, la puesta en marcha involucra una primera corrida del proceso; comprobado el funcionamiento de la maquinaria y de los servicios anexos, se dará paso al inicio de las

#### **15.1.5.1. Ejemplo aplicativo**

Se ha recibido la siguiente orden de instalación de una máquina nueva en un taller mecánico (véase cuadro): Situación actual:

- Se están trabajando en el taller dos pedidos, el primero ya tiene un día de trabajo, habiéndose programado su entrega para el día 11 de marzo a mediodía. El segundo pedido requiere cinco días de maquinado (debe tenerse en cuenta que se trabaja de lunes a sábado de 7 a.m. a 4 p.m., con una hora de refrigerio).
- Se ha conseguido la información de desaduanaje, confirmando la llegada y dando autorización de retiro a partir del 15 de marzo. El traslado lo realizará una empresa de transportes que ha indicado que puede programarlo para el 16 de marzo y que llegaría a la planta al mediodía.
- La máquina que llega reemplazará el actual torno, que, con más de 20 años de uso, será dado de baja y se pondrá en remate (hasta su venta se ubicará en el área de mantenimiento).
- Se ha observado que la actual puerta lateral dificulta las operaciones, ya que por ser la única, a través de ella se realiza todo el acarreo de materiales, por lo que se ha propuesto abrir otra puerta en el extremo opuesto.
- Actualmente, las piezas que llegan para procesos y aquellas que ya han sido trabajadas, se ubican al

costado de las máquinas, lo que genera desorden y condiciones peligrosas.

- Con todas las consideraciones expuestas, se han elaborado los siguientes planos del taller.

Figura 97. Disposición actual

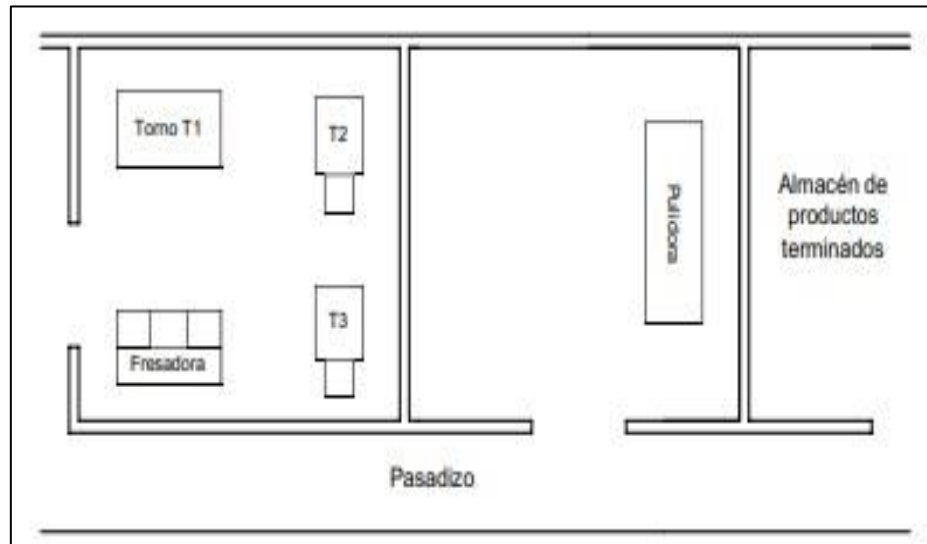
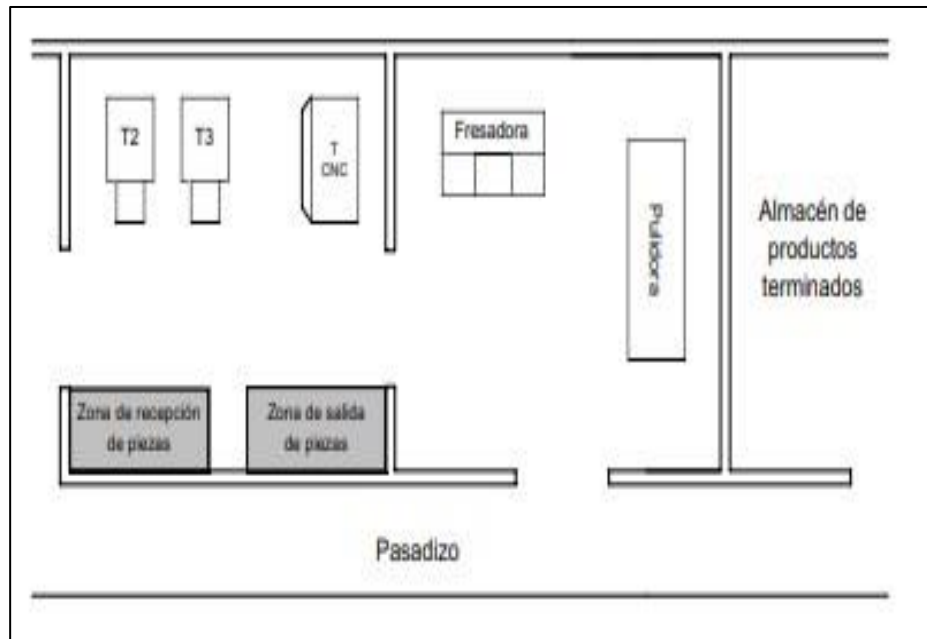


Figura 98. Disposición propuesta



---

El diseño de plantas industriales es una labor de gestión que son dirigidas por especialistas con la finalidad de una buena distribución de espacio físico; en muchos casos el diseño está orientado para plantas nuevas y para la expansión de una existente.