ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

PROPUESTA DEL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA PARA LA PRODUCCIÓN DE MICHELADA MIX

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

MARÍA NATALIA ZAMBRANO VIDAL
natizamvi@gmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS ALBERTO PALÁN TAMAYO, MSc.
carlos.palan@epn.edu.ec

Quito, agosto 2018

© Escuela Politécnica Nacional 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, María Natalia Zambrano Vidal, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Ing. María Natalia Zambrano Vidal

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Natalia Zambrano Vidal bajo mi supervisión.

_____

Ing. Carlos Alberto Palán Tamayo, Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerza para ser persistente.

A mis amores Sofía y Gabriel quienes estuvieron junto a mí en esta ardua tarea.

A mi madre quien a pesar de la distancia nunca dejó de creer en mí.

A Javier, Nela y Esthela por de una u otra forma ser parte de este sueño.

Al Ing. Carlos Palan por su constancia, empuje y enseñanzas a lo largo de este arduo camino.

Al Pato Castillo por ayudarme a iniciar y culminar esta quimera.

A mis amigas de toda la vida, Ivonne, Anita, Nancy y Dani por soportar durante todos estos años mis ausencias y, aun así, mantener firme su amistad.

A mis amigos de años y que ocupan un espacio en mi corazón, han aportado en este proyecto con una palabra de aliento, una enseñanza, un jalón de orejas: Mona S, José Vallejo, Karla V, Andrés Q, Jenny C., Vinicio R. y Santiago M.

DEDICATORIA

A mis hijos Helena Sofía y Francisco Gabriel Padilla Zambrano, porque de su amor obtuve las fuerzas para no desfallecer.

Los amo mis preciosos.

La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante

P. Coelho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN X
INTRODUCCIÓN XI

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA **1**

1.1 Procedimiento del diseño de instalaciones de manufactura 1
1.2 Estrategias de proceso 2
1.2.1 Enfoque al producto 4
1.2.2 Enfoque al proceso 4
1.2.3 Enfoque repetitivo 5
1.2.4 Enfoque de personalización en masa 5
1.3 Estrategias de localización 6
1.3.1 Localización de una empresa manufacturera 6
1.3.2 Métodos para localización de plantas industriales 8
1.3.2.1 Punto de equilibrio de la localización 8
1.3.2.2 Centro de gravedad 8
1.3.2.3 Modelo de transporte 8
1.3.2.4 Método de los factores ponderados 9
1.4 Estrategias de distribución de instalaciones 11
1.4.1 Layout en línea o por producto 13
1.4.2 Layout celular 13
1.4.3 Layout de posición fija 13
1.4.4 Layout funcional o por procesos 14
1.4.4.1 Recopilación de la información 15
1.4.4.2 Desarrollo de un plan de bloque 26
1.4.4.3 Distribución detallada 38
1.5 Pronósticos 38
1.5.1 Métodos cualitativos 40
1.5.2 Métodos cuantitativos 40
1.5.2.1 Relaciones causales 40
1.5.2.2 Series temporales 40
1.5.3 Medición del error de previsión 44
1.5.4 Política de inventarios 44
1.6 Planeación de la capacidad de la planta 45
1.6.1 Planificación de la capacidad 45
1.6.1.1 Árboles de decisión 45
1.6.1.2 Uso de factores globales 46
1.6.1.3 Listas de capacidad 46
1.6.1.4 Perfiles de recursos 46

1.6.1.5 Estándar de tiempo 46
1.6.2 Punto de equilibrio 47
1.6.2.1 Determinación del punto de equilibrio para un producto 47
1.6.2.2 Formas de expresar el punto de equilibrio 49

2 METODOLOGÍA 52

2.1 Ubicación de la planta 53
2.1.1 Determinación de los factores predominantes 53
2.1.2 Ponderación en porcentaje de los factores 54
2.1.3 Evaluación de los factores predominantes 54
2.2 Análisis de la demanda 55
2.3 Definición de los procesos productivos 57
2.4 Diseño del layout de la planta 60
2.4.1 Recopilación de información 60
2.4.1.1 Servicios auxiliares y para empleados 60
2.4.1.2 Determinación de espacio para maquinaria y equipo 64
2.4.1.3 Manejo de materiales 65
2.4.2 Desarrollo de un plan de bloque 65
2.4.2.1 Plan de bloque para área fabricación 65
2.4.2.2 Plan de bloque para planta 66
2.4.3 Distribución detallada 66
2.5 Punto de equilibrio 67

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 70

3.1 Situación actual de la empresa 70
3.2 Determinación de la ubicación de la planta 72
3.2.1 Ponderación porcentual de los factores predominantes 72
3.2.2 Evaluación de los factores predominantes 73
3.2.2.1 Servicios básicos 77
3.2.2.2 Mano de obra calificada 80
3.3 Análisis de la demanda 82
3.4 Definición de los procesos productivos 87
3.4.1 Diseño del producto 88
3.4.2 Proceso productivo 90
3.4.2.1 Mezclar, cocinar y almacenar el producto en proceso 92
3.4.2.2 Envasar, etiquetar y almacenar 94
3.5 Diseño del layout de la planta 95
3.5.1 Recopilación de información 96
3.5.1.1 Equipos para la producción 96
3.5.1.2 Servicios auxiliares 101
3.5.1.3 Manejo de materiales 115

3.5.2 Desarrollo de un plan de bloque 115
3.5.2.1 Análisis de flujo 124
3.5.3 Layout final 128
3.6 Punto de equilibrio 130
3.6.1 Inversiones, financiamiento y depreciación 130
3.6.2 Ingresos por ventas 132
3.6.3 Costos 132

4 **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** **135**

4.1 Conclusiones 135
4.2 Recomendaciones 136

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **138**

ANEXOS **144**

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1.1.	Tipo de layout relacionado con la naturaleza del proceso	12
Tabla 1.2.	Elementos necesarios para el aseo personal de acuerdo con el número de trabajadores	18
Tabla 1.3.	Ancho de pasillos recomendadas con determinado equipo	20
Tabla 1.4.	Ejemplos de requerimientos de espacios en diferentes puntos del diseño	21
Tabla 1.5.	Valores de la constante utilizada en el Método Guerchet	24
Tabla 1.6.	Holguras mínimas para maniobras en áreas de recepción y de embarque	26
Tabla 1.7.	Valores arbitrarios para calificar TCR	28
Tabla 1.8.	Códigos y significancia usados en un Diagrama REL	30
Tabla 1.9.	Porcentajes recomendados para el diagrama REL	31
Tabla 2.1.	Escala de calificación para los factores	54
Tabla 2.2.	Venta por SKU	56
Tabla 3.1.	Ponderación porcentual de los factores	72
Tabla 3.2.	Distancia (km) entre las posibles ubicaciones de la empresa y los principales proveedores de la ciudad de Quito	75
Tabla 3.3.	Vías cercanas a las posibles ubicaciones	76
Tabla 3.4.	Servicios de transporte público cercanos a las posibles ubicaciones	76
Tabla 3.5.	Costo de terrenos en las posibles ubicaciones en $/m^2	77
Tabla 3.6.	Costos por consumo de energía eléctrica (kWh)	78
Tabla 3.7.	Tasa recolección de desechos sólidos	79
Tabla 3.8.	Costos de consumo de agua potable	79
Tabla 3.9.	Casas de salud públicas ubicadas en las posibles ubicaciones	80

Tabla 3.10.	Extracto de la tabla "Total de instituciones educativas a nivel nacional activas escolarizadas ordinarias de sostenimiento fiscal por periodo escolar, según provincia, cantón y parroquia"	80
Tabla 3.11.	Extracto de la tabla "Total de estudiantes matriculados a nivel nacional en instituciones educativas activas escolarizadas ordinarias de sostenimiento fiscal por periodo escolar, según provincia, cantón y parroquia al inicio y final de cada periodo"	81
Tabla 3.12.	Calificación de las posibles ubicaciones de la planta basada en los factores predominantes	82
Tabla 3.13.	Ventas reales (kg) de Michelada Mix y proyección de crecimiento para los próximos dos años	83
Tabla 3.14.	Características estándar de un contenedor de 20 pies^3	85
Tabla 3.15.	Cálculo de la capacidad de la planta para Michelada Mix	86
Tabla 3.16.	Mix de consumo de Michelada Mix con la demanda calculada para un mes tipo	86
Tabla 3.17.	Cálculo de mano de obra para cubrir la demanda de Michelada Mix	87
Tabla 3.18.	Cálculo de cantidad de máquinas	88
Tabla 3.19.	Presentaciones de Michelada Mix	89
Tabla 3.20.	Detalle del material de empaque primario y secundario para las presentaciones de Michelada Mix	90
Tabla 3.21.	Equipos seleccionados para operaciones unitarias de la Michelada Mix	92
Tabla 3.22.	Tiempo de deformación del envase PET frente a diferentes temperaturas	94
Tabla 3.23.	Determinación de espacio para maquinaria y equipo mediante el método Guerchet	97
Tabla 3.24.	Cálculo del requerimiento de materias primas para Michelada Mix en kg y por cajas	103
Tabla 3.25.	Cálculo de requerimiento de materiales de empaque y embalaje para la producción de Michelada Mix	105
Tabla 3.26.	Requerimiento de espacio expresado en número de paletas	108

Tabla 3.27.	Número de paletas requeridos por presentación de Michelada Mix	109
Tabla 3.28.	Calificación y priorización de departamentos para Fabricación	116
Tabla 3.29.	Dimensiones para el diseño del layout físico	120
Tabla 3.30.	Número de relaciones de acuerdo con el código de razón	122
Tabla 3.31.	Hoja de trabajo para el bloque Planta	123
Tabla 3.32.	Maquinaria y equipos	130
Tabla 3.33.	Inversiones para la planta	131
Tabla 3.34.	Depreciación de las inversiones	131
Tabla 3.35.	Ingresos de acuerdo con la proyección de ventas mensuales y anuales	132
Tabla 3.36.	Costo de venta para la Michelada Mix	133
Tabla AI-1.	Ventas de Michelada Mix en unidades por trimestres y años	145
Tabla AI-2.	Tabulación en kg de la familia Michelada Mix por año y trimestre	146
Tabla AI-3.	Demanda en kg de Michelada Mix de acuerdo con la distribución porcentual en el mercado de la Michelada Mix por presentación	147
Tabla AII.1.	Parámetros empleados en el balance de energía	151
Tabla AII.2.	Tuberías necesarias para los flujos en la planta	152
Tabla AII.3.	Codificación de accesorios del proceso	153
Tabla AII.4.	Características de los equipos para la producción de Michelada Mix	154
Tabla AIII.1.	Receta para la producción de la Michelada Mix Original granel	157
Tabla AIII.2.	Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta granel	157
Tabla AIII.3.	Receta para la producción de la Michelada Mix Maracuyá granel	157
Tabla AIII.4.	Receta para la producción de la Michelada Mix Original 210 mL	157
Tabla AIII.5.	Receta para la producción de la Michelada Mix Original 540 mL	158

Tabla AIII.6. Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta 210 mL 158

Tabla AIII.7. Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta 540 mL 158

Tabla AIII.8. Receta para la producción de la Michelada Mix Maracuyá 210 mL 158

Tabla AIV.1. Manejo del material de empaque primario para Michelada Mix desde el proveedor 159

Tabla AV.1. Características del material de empaque primario para Michelada Mix 160

Tabla AV.2. Características del material de embalaje para Michelada Mix 160

Tabla AVI.1. Diseño de una paleta estándar de Michelada Mix para presentaciones de 210 y 540 mL 161

Tabla AVII.1. Características técnicas de los equipos para manejo de materiales 162

Tabla AIX.1. Cálculo del costo de la mano de obra para la producción de cada Michelada Mix de acuerdo con la capacidad de producción de la maquiladora 164

Tabla AIX.2. Ejemplo del cálculo de los componentes del costo de ventas 164

Tabla AIX.3. Cálculo de los gastos administrativos 165

Tabla AIX.4. Cálculo de los gastos de ventas y mercadeo 165

Tabla AIX.5. Condiciones para calcular la tabla de amortización al 11,25 % anual por 10 años 166

Tabla AIX.6. Fracción tabla de amortización al 11,25 % anual por 10 años 166

Tabla AIX.7. Estado de Resultados proyectado para 10 años 168

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.1.	Esquema de las estrategias de distribución	3
Figura 1.2.	Enfoque de personalización en masa	6
Figura 1.3.	Layout por células de trabajo	14
Figura 1.4.	Diseño modular para oficinas	22
Figura 1.5.	Superficies de un equipo según método Guerchet	24
Figura 1.6.	Elementos usados en la Teoría de Grafos	27
Figura 1.7.	Ejemplo de diagrama de relaciones	31
Figura 1.8.	Ejemplo de una hoja de trabajo	32
Figura 1.9.	Representación de un departamento con las respectivas relaciones	33
Figura 1.10.	Diagrama adimensional de bloques y análisis de flujo	34
Figura 1.11.	Convenciones de los diagramas de flujo	36
Figura 1.12.	Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME	37
Figura 1.13.	Símbolos no estándares de los diagramas de procesos	37
Figura 1.14.	Demanda de un producto durante cuatro años, que señala una tendencia en crecimiento y estacionalidad	41
Figura 1.15.	Tipos comunes de tendencia	42
Figura 1.16.	Ejemplo determinación gráfica del punto de equilibrio	49
Figura 2.1.	Diagrama del esquema adimensional de bloques	68
Figura 3.1.	Ventas acumuladas de Michelada Mix en kg, línea de tendencia, ecuación de la recta	84
Figura 3.2.	Diagrama de ensamble del proceso de producción de la Michelada Mix	91

Figura 3.3.	Esquema de la ubicación de los equipos en el área de producción para la sección de preparación.	98
Figura 3.4.	Esquema de la ubicación de los equipos en el área de producción para la sección de envasado	98
Figura 3.5.	Esquema de la ubicación de los equipos del área de producción para la sección de empacado	99
Figura 3.6.	Esquema del área de producción incluida el área de porcionado	100
Figura 3.7.	Esquema del área de recepción/envío de materiales	102
Figura 3.8.	Esquema del armado de las cajas de materias primas en una paleta	103
Figura 3.9.	Esquema de distribución del área para la bodega de materia prima	104
Figura 3.10.	Esquema de distribución de la bodega de materia prima y material de empaque	107
Figura 3.11.	Esquema del área de la bodega de producto terminado	110
Figura 3.12.	Esquema del área de vestidores, excusados y sanitarios	111
Figura 3.13.	Esquema de la cafetería	112
Figura 3.14.	Esquema del departamento de Calidad y oficinas	113
Figura 3.15.	Esquema de la distribución de las oficinas	114
Figura 3.16.	Matriz REL para el área de Fabricación	116
Figura 3.17.	Tetraedro base	117
Figura 3.18.	Tetraedro base para grafo dual con mayor TCR y grafo dual	118
Figura 3.19.	Grafo dual de mayor TCR	119
Figura 3.20.	Layout físico de la sección Fabricación	121
Figura 3.21.	Matriz REL para el bloque Planta	122
Figura 3.22.	Diagrama adimensional de bloques	124
Figura 3.23.	Análisis del flujo de materiales en el bloque Fabricación	126

Figura 3.24.	Diagrama adimensional de bloques analizado para el flujo de personas y su interacción con los materiales	127
Figura 3.25.	Layout Planta para procesamiento y comercialización de Michelada Mix	129
Figura 3.26.	Gráfico del punto de equilibrio	135
Figura AI.1.	Comportamiento de las ventas de Michelada Mix por presentación	145
Figura AI.2.	Distribución de Michelada Mix por presentación volumétrica	146
Figura AI.3.	Distribución de la Michelada Mix por actividades de empacado similar	147
Figura AI.4.	Distribución porcentual en el mercado de la Michelada Mix por presentación	148
Figura AII.1.	Balance de masa para Michelada Mix	149
Figura AII.2.	Diagrama de las tuberías en la planta para Michelada Mix	151
Figura AII.3.	Diagrama de los accesorios en la planta para Michelada Mix	153
Figura AVI.1.	Estructura de la base de una paleta estándar de Michelada Mix para presentaciones de 210 y 540 mL	161
Figura AVIII.1.	Ejemplos de los tetraedros de mayor puntuación	163

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

ANEXO I
Cálculo base de las presentaciones de Michelada Mix 145

ANEXO II
Características de los equipos, balance de masa y energía para la producción de la Michelada Mix 149

ANEXO III
Recetas para la producción de la Michelada Mix 157

ANEXO IV
Manejo del material de empaque por parte de los proveedores y su almacenaje 159

ANEXO V
Características del material de empaque primario y de embalaje para la Michelada Mix 160

ANEXO VI
Esquema de ubicación de cajas en una paleta estándar para Michelada Mix 161

ANEXO VII
Detalles técnicos de los equipos seleccionados para manejo de materiales 162

ANEXO VIII
Tetraedros de mayor puntuación 163

ANEXO IX
Análisis de los componentes del costo de la Michelada Mix para la determinación del punto de equilibrio. 164

RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño de una planta industrial para la producción de la Michelada Mix, una familia de productos que actualmente se encuentran en el mercado local y son elaborados bajo la figura de maquila en una empresa de Quito.

El proyecto determinó la ubicación óptima para la planta en el sector de Carcelén, con el apoyo de un grupo de expertos. Se realizó una proyección de ventas con datos históricos, a este valor se añadieron las proyecciones de crecimiento de la empresa para definir el tamaño de la planta. Este valor alcanzó los 15 900 kg al mes, considerando lanzar nuevos productos, iniciar relaciones comerciales en el extranjero y manejar un colchón para futuros crecimientos. Se definió el proceso productivo bajo la premisa de mantener las características actuales en recetas del producto en proceso, material de empaque y unidad de manejo, en todas las presentaciones. Con esta información se determinaron las máquinas compatibles con el proceso, sus características físicas y capacidades. A la par se consideró manejar el estándar de producción de la empresa maquiladora para definir la cantidad de personal operativo que atañe de manera directa al proceso.

Se calculó el espacio necesario para cada máquina, considerando zonas para la movilidad del personal y de los materiales. Con la proyección de venta se calcularon las dimensiones de las bodegas de materiales y de producto terminado; además de las áreas para aseo y descanso del personal, oficinas y departamentos de apoyo.

El layout de la planta se diseñó inicialmente como un layout lógico y luego como físico. Para realizar este diseño de la planta, se dividió en secciones: la primera agrupó los departamentos relacionados directamente con la producción y se la denominó “Fabricación”; y la segunda denominada “Planta” en la que se agrupó los departamentos de soporte y se incluyó la sección Fabricación. Ambas metodologías tuvieron como base el análisis de la importancia de cercanía entre los departamentos. El área de la planta fue de 1 100 m^2 y el punto de equilibrio en unidades monetarias fue de $ 617 593,58 para iniciar la obtención de ganancias.

INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio, con base en la cual se plantea el presente proyecto, inició sus operaciones en el año 2013, con el lanzamiento al mercado de la Michelada Mix original en presentación de 210 mL, en este periodo la empresa diversificó su portafolio con el lanzamiento de nuevos productos y tamaños. Esto hizo crecer la producción de 14 000 unidades/año en 2013 a 140 000 unidades/año en 2015. El producto se elabora en otra empresa con la figura de maquiladora, la cual se encarga de todo el proceso productivo y le factura a la empresa en estudio por el servicio de producción y de bodegaje de materiales y producto terminado.

Esta empresa maquiladora ha impuesto restricciones como un número elevado de unidades mínimas de producción y un control deficiente en la calidad del producto terminado. Ha planteado a la empresa en estudio un incremento en el precio de venta del 10 %, lo cual ha forzado a analizar opciones para controlar los márgenes de utilidad de la Michelada Mix.

En estas condiciones, la empresa en estudio decidió analizar la opción de invertir en el montaje de una planta procesadora, que controle los costos unitarios y cumpla con los estándares de calidad, mediante el diseño de una planta especializada propia que garantice flujos óptimos, procesos efectivos, higiénicos y seguros, manejo eficiente de inventarios y logística, en un sitio estratégico que optimice las operaciones de la empresa, a un costo razonable.

Meyers y Stephens (2006) definen el diseño de instalaciones de manufactura como la organización de las instalaciones físicas, distribución de maquinaria, movimiento de materiales, métodos de trabajo para la mano de obra y maquinaria, y uso adecuado de la energía. En este contexto se considera que una planta es viable cuando elabora el producto en las cantidades demandadas por el mercado, con calidad óptima y a un precio razonable, considerando la proyección del crecimiento de la empresa (pp. 2-4).

Basados en lo anteriormente expuesto es necesario determinar los artículos y la cantidad a producir, el proceso productivo, la maquinaria requerida; estandarizar los tiempos; definir la tasa de ocupación de la planta; analizar los flujos de material; identificar las necesidades del personal operativo, técnico y administrativo; desarrollar un plano gráfico y la forma de construcción; y, finalmente el análisis económico de la propuesta de diseño.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DE INSTALACIONES DE MANUFACTURA

Sortino (2001) menciona que se comenten errores comunes en el diseño de una planta, como la designación equivocada del responsable para el diseño; la realización del diseño después de que se haya decidido la ubicación, cuando este debe ser resultado del layout; la priorización de la estética, como consecuencia del descuido del eje central que es la funcionalidad de la planta; y, la falta de flexibilidad del diseño, que descuida las exigencias del mercado (pp.125-127).

La planeación y el diseño de las instalaciones implican incluir todo el sistema productivo y no debe limitarse, exclusivamente, al diseño del puesto de trabajo y la medición de éste (Hicks, 1999, p. 90).

La fase final de un proyecto es la elaboración del plano de la distribución, su adecuada obtención depende netamente de la calidad de los datos recolectados y de su análisis. Para realizar el diseño de las instalaciones de manufactura, Meyers y Stephens (2006) recomiendan seguir de manera sistemática las siguientes actividades (pp. 11-13):

1) Determinar lo que se producirá.
2) Calcular cuántos artículos se fabricarán por unidad de tiempo.
3) Definir qué partes se fabricarán o comprarán terminadas.
4) Determinar cómo se fabricará cada parte.
5) Determinar la secuencia de ensamblado.
6) Establecer estándares de tiempo para cada operación.
7) Determinar la tasa de la planta (tiempo de procesamiento).
8) Calcular el número de máquinas necesarias.
9) Balancear líneas de ensamble o celdas de trabajo.

10) Estudiar los patrones de flujo del material para establecer cuál es el mejor (la distancia más corta a través de la instalación).
11) Determinar las relaciones existentes entre actividades.
12) Hacer la distribución de cada estación de trabajo.
13) Identificar las necesidades de servicios para el personal y la planta, y proporcionar el espacio requerido.
14) Identificar las necesidades de oficina y hacer la distribución necesaria.
15) Desarrollar los requerimientos de espacio total a partir de la información anterior.
16) Seleccionar el equipo de manejo de materiales.
17) Asignar el área de acuerdo con el espacio necesario y las relaciones de actividades establecidas en el punto 10).
18) Desarrollar un plan gráfico y la forma de la construcción. ¿Cómo se ajusta la instalación al terreno?
19) Construir un plan maestro.
20) Buscar fallas y ajustar.
21) Solicitar aprobación.
22) Instalar la distribución.
23) Comenzar la producción.
24) Ajustar lo que se requiera y finalice el reporte del proyecto y desempeño presupuestal.

Hicks considera que es importante, además, determinar si el producto será mantenido en el mercado por un periodo de tiempo definido, pues con esto es factible prever futuros cambios y aplicarlos al diseño actual (1999, p. 90).

1.2 ESTRATEGIAS DE PROCESO

Al definir la estrategia de un proceso, se determina cómo se producirá un bien o servicio, de tal manera que se cumplan a cabalidad las características ofrecidas al cliente, sin descuidar los costos y la calidad del producto. El diseño del proceso dependerá directamente de la cantidad de producto que se prevea vender y del manejo del tipo de lote que se haya determinado. Sin desatender la calidad del

producto, que es uno de los aspectos más importantes de la manufactura, ya que influye directamente en la forma de mercadear el artículo y la satisfacción del cliente (Kalpakjian y Schmid, 2008, p. 38).

La Figura 1.1. detalla, de manera sencilla, cómo la variedad o flexibilidad en las características del producto se contraponen a la cantidad de unidades que se pueden producir, lo cual implica diferentes estrategias para la distribución o tipo de proceso.

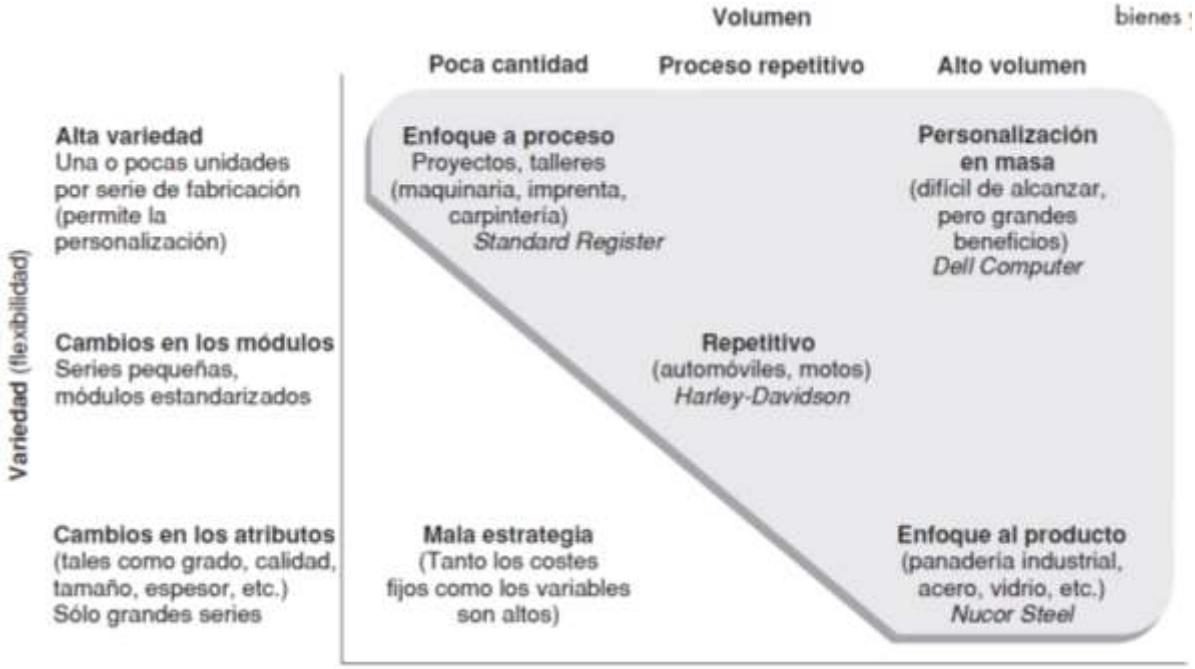


Figura 1.1. Esquema de las estrategias de distribución
(Heizer y Render, 2007, p. 323)

De acuerdo con Heizer y Render (2007), existen cuatro estrategias básicas en la planeación de los procesos: a) enfoque a proceso, b) enfoque repetitivo, c) enfoque a producto y d) personalización en masa. La selección de la estrategia deberá adaptarse a las características del producto (p. 323).

Jacobs y Chase (2009) hacen la caracterización del proceso productivo según el flujo de trabajo, pues él modificará la distribución dentro de la instalación. Establecen cinco estructuras básicas: proyecto, centro de trabajo, celda de manufactura, línea de ensamble y proceso continuo (pp. 160-161).

1.2.1 ENFOQUE AL PRODUCTO

La estrategia de Enfoque al Producto es conocida también como línea de producción o producción continua. Los departamentos están dispuestos de acuerdo con el tipo de producto/servicio que se esté elaborando; es decir, las operaciones generalmente están agrupadas en un mismo departamento de producción.

Los productos/servicios tienden a seguir una trayectoria directa, esto implica que no hay regresos o movimientos laterales. Los mismos avanzan sin detenerse. Este enfoque ofrece algunas ventajas, como son: facilidad para planear y controlar la producción, baja supervisión, menor capacitación a los trabajadores y menor uso de mano de obra especializada.

Con respecto a otros tipos de producción, los sistemas enfocados al producto exigen, por lo general, niveles iniciales de inversión más elevados al requerir uso de equipo más costoso y manejo de materiales en posición fija. Adicionalmente, la flexibilidad tiende a ser baja pues tiene una mayor dificultad la modificación. Los costos fijos son elevados pero los variables son bajos, debido a la alta utilización de las instalaciones (Heizer y Render, 2007, p. 323).

1.2.2 ENFOQUE AL PROCESO

Según Heizer y Render (2009, p. 324), el 75 % de la producción a nivel mundial está dispuesta en “talleres”, que permiten fabricar un volumen bajo de una alta variedad de productos. Cada proceso es desarrollado con el objetivo de realizar muchas actividades y frecuentes cambios, por lo que también son denominados procesos intermitentes.

Los costos variables son altos, puesto que la utilización de los equipos es extremadamente baja, pueden llegar hasta un 5 %, aunque la inversión de estos es relativamente baja.

La ventaja principal de estos sistemas es su flexibilidad respecto a productos, esto implica que se pueden producir lotes pequeños de una amplia diversidad de productos diferentes. Es indispensable que el personal operativo esté capacitado, debe existir mayor supervisión. El proceso de planeación y control de la producción se torna más complejo.

1.2.3 ENFOQUE REPETITIVO

Es un punto intermedio entre el enfoque al producto y un enfoque al proceso. Este enfoque es orientado al producto pues frecuentemente utiliza partes o componentes previamente preparadas que se llaman módulos, pero permite personalizar un producto. Este enfoque es típico de las líneas de ensamble, como la de electro-domésticos y automotores. La inversión es alta y la flexibilidad es bastante baja (Heizer y Render, 2009, p. 324).

1.2.4 ENFOQUE DE PERSONALIZACIÓN EN MASA

Busca satisfacer a un cliente en específico, lo que trae réditos atractivos a la empresa, que debe lograr este objetivo personalizando el producto mediante una producción rápida y a un bajo costo de bienes y servicios. Tiene lo “mejor” de los otros enfoques: un bajo costo de producción (enfoque al producto), variabilidad (enfoque al proceso) y diseño modular (enfoque repetitivo), como se muestra en la Figura 1.2.

Los módulos imaginativos, programación eficaz y rápida ejecución son claves para las decisiones en la dirección de la producción. Este enfoque elimina los pronósticos de ventas, ya que se produce para un cliente específico; reduce considerablemente los inventarios, pero incrementa la presión de la programación y el rendimiento de la cadena de suministros.

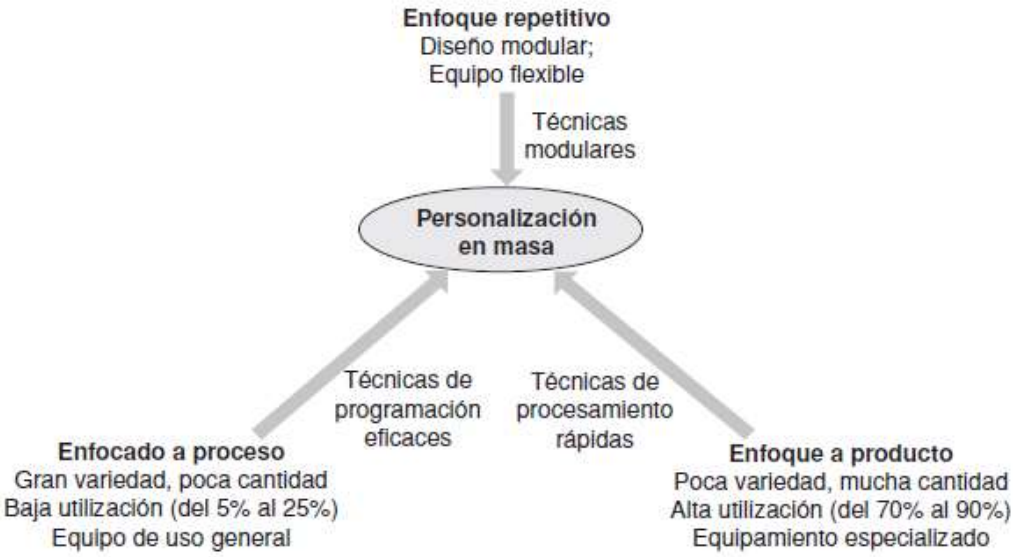


Figura 1.2. Enfoque de personalización en masa
(Heizer y Render, 2007, p. 331)

1.3 ESTRATEGIAS DE LOCALIZACIÓN

Una de las decisiones más importantes que toma una empresa al invertir o expandir sus operaciones es la localización de sus operaciones, pues todos los procesos y departamentos se ven afectados. Por ejemplo, el departamento de recursos humanos debe cubrir las nuevas necesidades de personal; finanzas debe contar con el flujo para la inversión, entre los requerimientos de los diferentes departamentos (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 422).

Existen dos tipos de empresas, las que prestan servicios y las industriales. Tomar la decisión de localizar una u otra tiene razones básicas diferentes, mientras que las empresas de servicios buscan maximizar el ingreso, las industriales requieren reducir el costo (Heizer y Render, 2007, p. 395).

1.3.1 LOCALIZACIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA

La conformación de un equipo multidisciplinario es el punto de partida para definir la localización de una empresa de manufactura, debido a que todas las áreas de la empresa se verán afectadas de una u otra manera.

Este equipo podría estar conformado por el área de Operaciones, Marketing, Talento Humano, Logística, etc. Cada una de ellas deberá reunir información suficiente que permita tomar la decisión más acertada; mucha de la información no necesariamente se encuentra dentro de la empresa, lo más probable es que deba ser obtenida de cámaras de comercio, ministerios, agencias de transporte, publicaciones, etc.

Existen varios criterios al momento de iniciar el análisis de la localización; pero, en general, siempre se inicia con la búsqueda del país, región, comunidades hasta llegar al sitio en concreto. La visita a los posibles lugares seleccionados no debe ser descartada, ya que la observación directa puede influir directamente en la decisión final. Una vez que se ha determinado la localización, muchos costos estarán firmemente establecidos y resultará difícil reducirlos.

Es importante seguir un esquema general que incluya:

1) **Análisis Preliminar:** el grupo interdisciplinario clasificará las necesidades de la empresa en dominantes o imprescindibles y secundarias o deseables.
2) **Búsqueda de alternativas de ubicación**: se buscará un conjunto de posibles localizaciones que satisfagan las necesidades dominantes.
3) **Evaluación de alternativas**: se recolectará la información pormenorizada de las posibles localizaciones con respecto a las necesidades dominantes de la empresa.
4) **Selección de la localización**: se determinarán varias localizaciones aceptables mediante análisis cuantitativos y/o cualitativos; probablemente exista una óptima en todos los sentidos, pero es fundamental tener varias opciones para que la directiva tome la decisión final.

De acuerdo con Heizer y Render (2007), existen cuatro principales métodos de evaluación de las alternativas de localización: 1) análisis del umbral de rentabilidad de la localización o punto de equilibrio, 2) método del centro de gravedad, 3) modelo de transporte y 4) método de los factores ponderados. Se recomienda el uso de más de un método para esta evaluación (p. 444).

1.3.2 MÉTODOS PARA LOCALIZACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES

1.3.2.1 Punto de equilibrio de la localización

Este método realiza una comparación entre los costos y el volumen que se pretende producir; puede ser aplicado gráfica o analíticamente; muestra cuál localización presenta un menor costo. El enfoque gráfico tiene la ventaja de mostrar el intervalo de variación del volumen o nivel de producción que representa un menor costo Se deben seguir las tres etapas siguientes:

1) Determinar costos fijos y variables
2) Graficar el volumen de producción en el eje horizontal y los costos en el eje vertical.
3) Seleccionar la ubicación que presente el menor costo para el volumen de producción previsto.

1.3.2.2 Centro de gravedad

El centro de gravedad busca optimizar la localización de un centro de distribución considerando el volumen de artículos a entregar, la localización de los clientes y los costos del transporte. Este método asume que el costo es directamente proporcional a la distancia como al volumen transportado; por lo tanto, la localización óptima será aquella que reduzca el costo entre el almacén y las tiendas.

1.3.2.3 Modelo de transporte

El modelo de transporte busca optimizar los patrones de envío desde los puntos de suministros a los de demanda para minimizar los costos de producción y transporte. Para desarrollar este modelo muchas veces se usa programación lineal, con la cual se resuelve una y otra vez, hasta alcanzar la solución óptima; actualmente existen algoritmos eficientes aplicados a estos modelos.

1.3.2.4 Método de los factores ponderados

Este método enlista ciertos factores y luego los califica bajo una escala, el que presenta mayor puntaje es el seleccionado. El desarrollo de este método cumple con seis pasos:

1) Seleccionar un listado de factores críticos.
2) Asignar un peso o importancia a cada factor que refleje su impacto o afectación en la industria, se puede utilizar un valor restrictivo (1 o 0) como el método Sinérgico de localización de plantas o se pueden utilizar escalas del 1 al 100 (Ríos, 2013, pp. 90-94).
3) Generar una escala por cada factor, por ejemplo, del 1 al 5 o del 1 al 10.
4) Solicitar a los directivos calificar los factores con la escala definida.
5) Multiplicar la puntuación por el peso de cada factor y calcular la puntuación total de cada localización, es decir, puntaje ponderado.
6) Recomendar una localización en función de la máxima puntuación, considerando también los resultados del análisis cualitativo.

Si existe un margen estrecho en los resultados de dos o más posibles ubicaciones, se deben revisar las calificaciones de los factores críticos o buscar una característica cualitativa que proporcione el desempate. Para que un factor sea considerado crítico deberá cumplir con dos requisitos indispensables: ser diferenciado (sensible al nivel de agregación geográfica) y significativo (afectación directa a los costos, ingresos o posición estratégica de la empresa) (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., 2004b, pp. 10-12).

Comúnmente, las empresas consideran factores dominantes y secundarios. Los primeros son los que dan prioridad competitiva (costo, calidad, tiempo, flexibilidad) e incluyen: un lugar adecuado para enviar y recibir productos (proximidad a proveedores o clientes), condiciones urbanísticas, costos aceptables de servicios públicos, seguridad de la zona, impuestos y bienes raíces, clima laboral favorable y calidad de vida. A pesar de que estos son factores claves, también se puede

considerar factores cualitativos como productividad de la mano de obra y las actitudes cambiantes hacia la industria (Heizer y Render, 2007, p. 396).

De estos factores, los más destacados se explican con detalle a continuación:

1) Productividad de mano de obra

A pesar de ser un factor que afecta a la empresa, también es importante que se analice el grado de automatización que se puede dar en los procesos productivos. En estos casos, el nivel de cualificación del personal se vuelve un factor crítico. La contratación de empleados con poca experiencia, baja formación, malos hábitos con una remuneración baja puede parecer atractiva, pero suele tener una repercusión negativa en la organización, pues la productividad de la mano de obra afecta al costo del producto.

La productividad de la mano de obra se determina mediante la ecuación [1.1].

$$Productividad\ de\ Mano\ de\ Obra = \frac{Costos\ de\ Mano\ de\ Obra\ (\$)}{Productividad\ (unidades\ por\ día)} \qquad [1.1]$$

2) Costos aceptables de servicios públicos, impuestos y bienes raíces

Los costos de localización pueden dividirse en dos categorías: tangibles e intangibles. Los tangibles son costos fácilmente identificables y calculados con precisión; comprenden suministros, mano de obra, materiales, impuestos, depreciación, etc. Los intangibles son costos más difíciles de cuantificar; comprenden la calidad de la formación, servicios de transporte público, las actitudes de la comunidad hacia la empresa, y la calidad y actitudes de los posibles futuros empleados.

3) Proximidad a los mercados, proveedores o competidores

De acuerdo con el tipo de negocio, es importante considerar la cercanía a los clientes para ofrecerles respuesta inmediata. Para estar cerca de los proveedores

existen también varios motivos, como los costos de volumen o transporte, reducción de inventarios, realizar entregas frecuentes, entre otros (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 422). La posibilidad de implementar sistemas como el JIT (Just in time o Justo a tiempo) también se vuelve decisoria al momento de seleccionar una ubicación.

Una empresa suele localizarse cerca de sus competidores cuando existe un determinado recurso importante para estas empresas, como por ejemplo recursos naturales, de información, de capital de riesgo o de talentos, los materiales que manejan son voluminosos o perecederos. Caso muy común son los viñedos que comparten una región geográfica que beneficie sus cultivos.

1.4 ESTRATEGIAS DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES

La distribución física es la materialización del análisis de los procesos, uno afecta al otro; por lo tanto, debe existir comunicación constante entre los departamentos durante el levantamiento de los procesos. La distribución física implica considerar la ubicación de maquinaria, servicios, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos, servicios sanitarios, comedores, oficinas; y, definir los flujos, tanto al interior como al exterior de las instalaciones.

A continuación, se detallan algunos de los objetivos de la disposición física para la manufactura:

1) Proporcionar suficiente capacidad de producción.
2) Reducir los costos de manejo de materiales.
3) Ceñirse a las restricciones existentes del sitio y de los edificios.
4) Dejar sitio para las máquinas de producción.
5) Permitir el uso y productividad elevadas de la mano de obra, máquinas y espacios.
6) Proveer flexibilidad en los volúmenes y en los productos.
7) Suministrar áreas para sanitarios, cafeterías y otras necesidades de cuidados personales de los empleados.

8) Facilitar la seguridad y la salud de los empleados.
9) Permitir facilidad en la supervisión y el mantenimiento.
10) Optimizar flujos de personas y de información.
11) Lograr los objetivos con una mínima inversión de capital.

Un aspecto importante a considerar en la distribución física es el manejo de los materiales. Durante la manufactura intervienen materias primas, material de empaque, producto en proceso, productos terminados, suministros para mantenimiento, se generan desperdicios y desechos; la naturaleza de los mismos determinará la distribución física de la instalación. Pero, adicionalmente se deben considerar los flujos de las personas y el de la información.

Las instalaciones son diseñadas a partir del layout que se ajusta al proceso productivo. Existen varios tipos de layout para usar en las estrategias de distribución. El tipo de layout está íntimamente relacionado con la naturaleza del proceso. En la Tabla 1.1., se indica la relación entre el tipo de proceso y el layout más comúnmente utilizado en cada caso (Serrano, 2014, p. 1).

Tabla 1.1. Tipo de layout relacionado con la naturaleza del proceso

Proceso	Layout
Continuo	Por línea o por producto
Intermitente	Funcional o por proceso
Montaje	En células o en U
Proyectos	Posición fija

(Serrano, 2014, p. 1)

De acuerdo con Muther (1981), la mayoría de las distribuciones o layouts no manejan un solo tipo de procesos, pues son una combinación de estos o la línea que las delimita es muy tenue, pues las plantas industriales aprovechan las ventajas de los diferentes tipos de procesos para reducir los costos por manejo de materiales, conservar la flexibilidad y maximizar la utilización de mano de obra y

maquinaria (pp. 30-31). Los principales tipos de layout “puros” son explicados a continuación:

1.4.1 LAYOUT EN LÍNEA O POR PRODUCTO

Consiste en ordenar de manera secuencial todo el equipo necesario y los recursos que intervienen en el proceso. Ejemplos clásicos son las cadenas de montaje (refinerías, centrales eléctricas) o las configuraciones repetitivas (electrodomésticos, vehículos de tracción mecánica, etc.). Según Heizer y Render, para ambos casos la línea debe estar equilibrada para evitar los cuellos de botella (2007, p. 453).

Esta línea de montaje puede variar desde ser totalmente hecha por operarios a ser completamente hecha por máquinas.

1.4.2 LAYOUT CELULAR

Se aplica para la elaboración de familias de productos. Se forman células donde existen varios recursos y todo está al alcance del operario para que pueda realizar su trabajo sobre un producto o familia de productos. Se usa cuando el volumen justifica una organización especial de maquinaria y equipos (Heizer y Render, 2007, p. 448). Predomina el criterio de similitud entre los procesos antes que la identidad del producto. En algunos casos se pueden crear células virtuales, donde se dedican ciertos equipos a la fabricación de determinadas familias de productos.

La Figura 1.3. muestra las configuraciones que se pueden presentar en un layout celular.

1.4.3 LAYOUT DE POSICIÓN FIJA

Los recursos para la producción convergen hacia el bien a producir o servicio a prestar, generalmente son configuraciones concéntricas alrededor del bien.

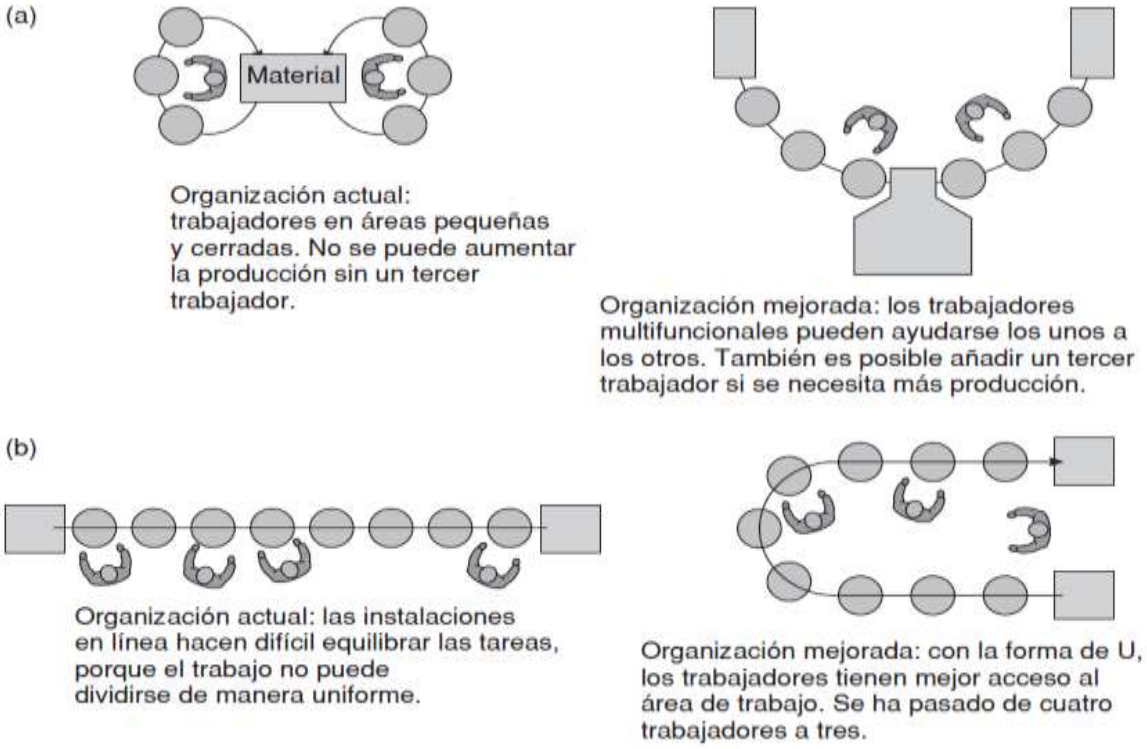


Figura 1.3. Layout por células de trabajo
(Heizer y Render, 2007, p. 449)

1.4.4 LAYOUT FUNCIONAL O POR PROCESOS

Implica colocar en un área determinada todos los equipos o herramientas que se usen en un determinado proceso. El producto pasa de un área a otra, de acuerdo con las operaciones que requiera. Este modelo se adopta para las producciones por lotes. Los productos pueden variar de una semana a la otra, tanto en cantidad como en el propio producto. Esta característica hace indispensable tener una alta flexibilidad de los equipos.

Heizer y Render (2007) indican que se puede realizar el diseño de un layout de un proceso mediante el siguiente esquema (pp. 443-446):

1) Construir una “matriz de-hasta” en la cual se indiquen los flujos entre departamentos.
2) Determinar las necesidades de espacio para cada departamento.

3) Generar un diagrama esquemático en el cual los departamentos que tienen mayor flujo se encuentren cerca.
4) Calcular el costo de este layout.
5) Usar el método prueba y error, con ayuda de algún programa informático para determinar un layout razonablemente bueno.
6) Elaborar un plan detallado en el cual las áreas se ajusten a la forma del edificio y sus áreas pre establecidas.

Para la aplicación de este tipo de layout es importante la disposición relativa de los talleres, para satisfacer criterios como disminuir las distancias a recorrer, reducir el costo del material o, en el caso de empresas de servicios, acortar los recorridos de los clientes; todo para mejorar la eficiencia de las operaciones. Como en toda distribución, se considerarán criterios de calidad, seguridad e higiene, forma y superficie del espacio.

El análisis se compone de tres fases: recopilación de la información, desarrollo de un plan de bloque y diseño detallado de la distribución (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., 2004a, p. 16).

1.4.4.1 Recopilación de la información

El primer paso es conocer la demanda, llevada hasta un plan de producción, donde se determinan las horas pretendidas para su cumplimiento, la maquinaria necesaria y de la mano de obra requerida; sin olvidar las fluctuaciones propias del mercado y la proyección de la producción. Es necesario calcular todo aquello que ocupará espacio en la planta, como son:

1) Servicios auxiliares y para empleados

Los servicios auxiliares son parte fundamental para los departamentos de manufactura y se pueden clasificar por su relación con el flujo de producción, la ubicación, el material a almacenar, el grado de mecanización, la localización o la función logística; mientras que, los servicios para empleados consideran espacios para la comodidad del personal de la planta.

Meyers y Stephens (2006) agrupan a los servicios auxiliares en recepción y envíos, almacenamiento en bodegas, cuarto de mantenimiento y herramientas, instalaciones, calefacción y acondicionamiento de aire (p. 223); y a los servicios para empleados, en oficinas, estacionamientos, ingreso de empleados, cuarto para vestidores, sanitarios, cafetería, bebederos, espacios para recreación, pasillos, instalaciones médicas y áreas para descanso y espera (p. 264).

Los servicios auxiliares se detallan a continuación:

a) Recepción y envíos

Las áreas de recepción y envíos son de gran importancia pues definen los flujos de los materiales, ambos tienen requerimientos similares con respecto a espacio, personal, manejo de información. En estas áreas; los materiales deben ser analizados para revisar su calidad y autorizar su ingreso o rechazo antes de ser parte de los procesos productivos. El mismo proceso se debe realizar a la salida para que puedan llegar al cliente.

b) Bodegas

Las bodegas son áreas destinadas a todo aquello que necesita ser almacenado, como materias primas e insumos, producto en proceso, partes terminadas, mercancía devuelta, obsoleta, herramientas, insumos y utensilios de producción, suministros de oficina, mantenimiento y artículos de limpieza. Las áreas que requieren mayor atención están dedicadas a almacenar materias primas, insumos y productos terminados. Todas manejan el mismo sistema de cálculo, que depende de la política de inventarios y de la ubicación que se les dé (Meyers y Stephens, 2006, p. 236).

Por el tiempo que los materiales van a esperar, es importante considerar los puntos donde serán ubicados, espacio suficiente para estos, un método de almacenaje adecuado, dispositivos de seguridad y equipos para el almacenamiento. Mantener

bodegas permite aprovechar condiciones de mercado, atender mayores cantidades de pedidos y ofrecer un mejor servicio a los clientes y de manera regular (Ríos, 2013, p. 144).

c) Área de mantenimiento y cuarto de herramientas

El tamaño del área de mantenimiento depende de una decisión gerencial, pues debe definir si desea contratar el servicio parcial o total. Una vez definido se elabora un listado de maquinaria y cada máquina necesita un diseño de estación de manufactura. El tamaño de esta área es la suma de todos los requerimientos de espacio multiplicado por el 200 %. Con respecto a la necesidad de personal, este equivale al 2-4 % del total del personal de la planta. Como consideración mínima se establece un espacio de 3 m por 3 m para control de suministros (Meyers y Stephens, 2006, p. 261).

d) Instalaciones, calefacción y acondicionamiento de aire

La calefacción, acondicionamiento de aire, tableros eléctricos, compresores de aire, calderos, tanques de combustibles y otros parecidos deben tener un área específica, alejada del flujo habitual de materiales, pero que se mantengan accesibles para el respectivo mantenimiento y abastecimiento de sus suministros (Meyers y Stephens, 2006, p. 261). La distancia libre de trabajo del equipo que emana calor, depende de la intensidad de la radiación y será como mínimo 1.5 m (Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, 1986, art. 24).

e) Entrada para empleados

La ubicación de esta área define el establecimiento de vestidores, cafetería, seguridad e incluso el departamento de personal. Esta sección depende del número de personas que la usarán.

f) Cuarto de vestidores, excusados y sanitarios

El cuarto de vestidores brinda al empleado un espacio para cambiar su ropa de calle por la de trabajo y guardar sus cosas personales; se estima que cada persona requiere 1,2 m^2. Es importante optimizar este espacio con horarios escalonados de uso. Es importante que se encuentren localizados a una distancia no mayor a 30 m del puesto de trabajo más alejado (Ordenanza N˚ 0172, Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo, 2011, sección 4.3).

Los requerimientos de espacio para las cabinas de excusados serán de 1,0 m x 1,2 m, lavabos 1,37 m^2, área de reposo 4,6 m^2 (Meyers y Stephens, 2006, pp. 269-271; Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, 1986, art. 40, 41, 42, 43, 44). Las duchas serán comunes para hombres e individuales para mujeres.

El número de servicios se detalla en el Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, 1986, pero por encontrarse ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, se aplicará según la Ordenanza N˚ 0172 que se detalla en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Elementos necesarios para el aseo personal de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Número de piezas para hombres	Número de piezas para mujeres
1-15	1l,1u, 1i	1l, 1i
16-50	2l, 2u, 2i	2l. 2i
51-100	3l, 3u, 3i	3l, 3i
101-200	4l, 4u, 4i	4l, 4i
Por cada 50 adicionales	1l, 1u, 1i	1l. 1i
1 ducha/cada 10 trabajadores por turno y área de vestuario de 1,5 m^2/trabajador por turno de trabajo		

l= lavabo, u = urinario, i = inodoro.

(Ordenanza N˚ 0172, Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo, 2011, sección 4.3)

Deberá considerarse la disponibilidad de un servicio sanitario completo para personas con discapacidad; de acuerdo con la normativa INEN correspondiente.

Dependiendo del proceso industrial, se considerará la provisión de lavabos adicionales en las zonas de producción.

g) Cafetería e instalaciones recreativas

Las cafeterías son áreas designadas para que el personal se sirva los alimentos También pueden existir espacios para la preparación y consumo de alimentos o solo para el consumo al disponer de una empresa tercearizada que expenda la comida preparada. Cualquiera de estas opciones es válida, por lo tanto, el tamaño de esta área dependerá del tipo de servicio que se desee brindar y de las instalaciones que incluya.

La empresa deberá brindar un ambiente cómodo y placentero para que el trabajador se recupere de sus actividades y almuerce en calma. En esta misma área o en una independiente se puede incluir un área para esparcimiento del empleado, como mesas de ping-pong, sala de televisión, juego de naipes, canchas de básquet, etc.

h) Laboratorio y control de calidad

Este departamento busca controlar los atributos de los productos, liderar proyectos para el aseguramiento de la calidad, interactuar con los otros departamentos para alinearlos hacia la mejora continua, administrar la documentación relacionada con los procesos de calidad, entrenar y formar al personal, participar activamente en los procesos de diseño y elaboración, en el lanzamiento de nuevos productos y en todo lo que conlleve a mantener el prestigio de la empresa.

Esta área debe considerar espacio para mesas de trabajo, armarios donde guardar material sensible, refrigerador, congelador, fregaderos, área estéril para análisis microbiológicos, bodega para guardar contramuestras, archivo para la documentación del sistema de calidad, además espacios para el trabajo del personal administrativo de esta área.

i) Pasillos

Los pasillos son áreas destinadas a la circulación del material, personas y equipos, pero un cálculo inadecuado podría consumir demasiado espacio. Espacios recomendados para algunos equipos de detallan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Ancho de pasillos recomendadas con determinado equipo

Tipo de Equipo	Pasillo de recolección	Pasillo transversal
Montacargas de 3 ruedas con contrapeso	9’-10’	10’
Montacargas de 4 ruedas con contrapeso	10’-12’	12’
Carretilla con extensión	8’-6’	10’
Carretilla con extensión de profundidad doble	8’-6’	10’
Carretilla de recolección de pedidos	5’	10’
Carretilla de torreta	5’	12’
Carretilla de soporte giratorio	5’-6’	12’
Carretilla de carga lateral	6’	15’20’
Carretilla de soporte fijo	5’	20’
Montacargas con contrapeso y aditamento	12’	14’-20’
Tarima con patín manual	6’	8’-10’
Tarima con patín eléctrico	7’-8’	8’-10’

(Pinzón, 2010, p. 149)

Como se observa, los equipos utilizados comúnmente para movilizar materiales requieren espacio para maniobrar; a través de los pasillos principales (transversales) y departamentales (recolección), El área asignada a los pasillos en m^2 versus el área total de la planta en m^2, es una medida porcentual de la relación de ocupación de estos. En las diferentes opciones de diseño que se presenten, siempre se buscará reducir el valor del porcentaje de pasillos.

Pinzón (2010, p. 117) menciona que existen varias condiciones que requieren espacios determinados. Un resumen de estos requerimientos se indica en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Ejemplos de requerimientos de espacios en diferentes puntos del diseño

Tipo	Espacio (m)
Pasillo para dos personas	1,50
Pasillo doble sentido de montacargas	3,05
Distancia entre plataformas	2,44
Entre un operario y objetivo estacionario	0,75
Entre un operario y una máquina en funcionamiento	0,90
Entre un operario y dos máquinas en funcionamiento	1,05

(Pinzón, 2010, p. 117)

j) Oficinas

Las oficinas son espacios para que la información de la compañía sea asentada y pueda ser direccionada a los departamentos que la requieren. Las oficinas influyen en la productividad de los empleados, pero también afectan al costo del diseño de la planta (Muther, 1981, p. 456). Existen varias herramientas para determinar la distribución de las oficinas, como organigramas, diagramas de flujo (análisis de sistemas y procedimientos), diagramas de fuerza de las comunicaciones, diagramas de relaciones de actividades, hojas de trabajo de actividades y diagramas adimensionales de bloques.

Las estrategias de diseño aplicadas durante la organización de oficinas se orientan al incremento de la calidad de los espacios de trabajo; que busca potenciar la productividad; aumentar la flexibilidad de los espacios; para que se adapten a las necesidades de los trabajadores; seguir conceptos de sostenibilidad con diseños que se adapten a las exigencias actuales; y, optimizar los costos, no necesariamente reducirlos, pero sí aprovecha las superficies y espacios disponibles.

Existen áreas para los distintos usos de una oficina en función de las características de cada una. Esa información se desprende de un análisis preliminar como organigramas, diagramas, etc. Los espacios que se deben considerar durante la distribución son los espacios abiertos, cerrados y de servicio.

Una forma práctica de responder a las necesidades del negocio es el módulo, que presta flexibilidad, facilidad en el traslado de personas, agilidad en la gestión de espacios y optimización de costos de explotación; busca mejorar la ocupación de los espacios. Un módulo básico es un rectángulo de dimensiones 160 cm x 225 cm, que puede adaptarse al proyecto. La unión de módulos da lugar a una retícula que brinda un criterio de organización para el grupo de personas. Los espacios de circulación tienen de 100 a 150 cm y de acceso al puesto de trabajo, que van de 80 a 100 cm. Como base se puede considerar un módulo por persona o varios módulos por persona, respetando la forma de la retícula. La Figura 1.4. muestra un diseño modular básico que forma una retícula de 3 unidades por 3 unidades.

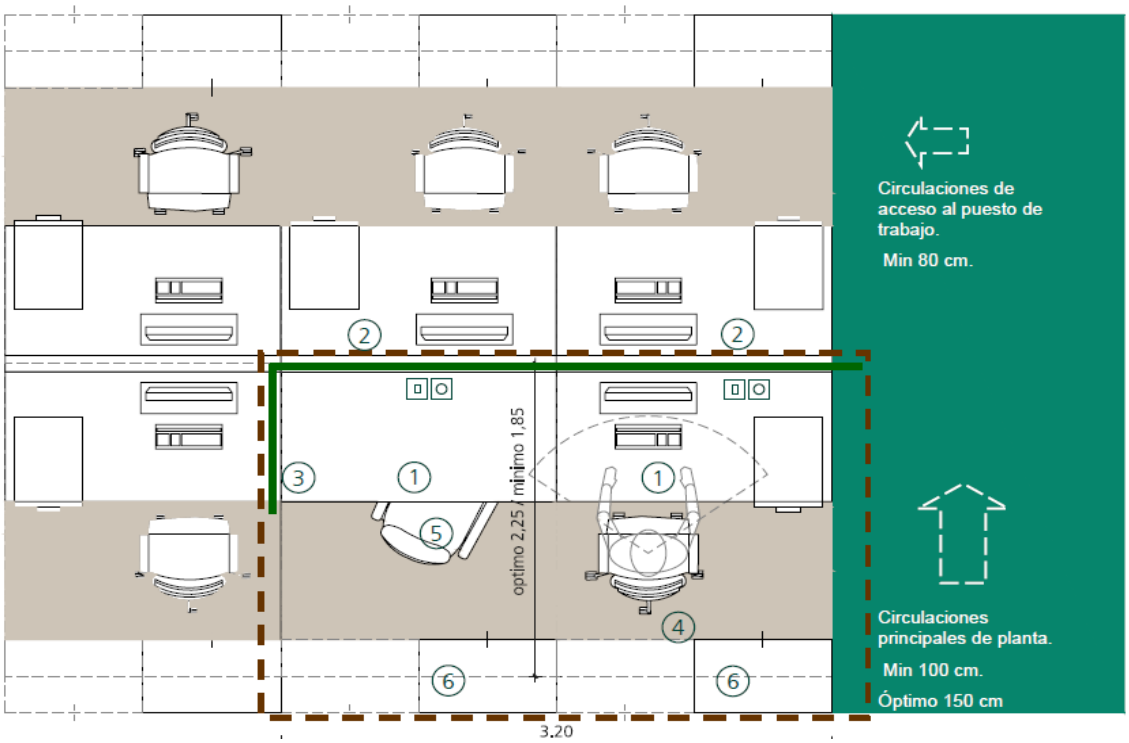


Figura 1.4. Diseño modular para oficinas

(UNED, 2010, p. 29)

Existen otras técnicas para la determinación del tamaño de las oficinas, como la Técnica de la estación de manufactura, que analiza detalladamente lo que requiere cada persona de acuerdo con el puesto que ocupa, se consideran sanitarios, salas de juntas, cafetería, etc. y se incluye un 25 % adicional por expansión. Si una oficina se calcula que sea de 2 m x 2 m, la oficina medirá 5 m^2 más por expansión.

La distribución de la planta debe lograr que el empleado se sienta cómodo al realizar sus actividades en un espacio adecuado. Se debe considerar además que la luz, la ventilación, el calor, el frio, las vibraciones, etc. influyen directamente en su rendimiento. Los puestos de trabajo deben ser diseñados considerando lo anterior, pero sin olvidar el riesgo al cual podría estar expuesto el trabajador (Ríos, 2013, p. 133).

2) Espacios para máquinas y equipos

El método Guerchet o de las superficies parciales es una técnica comúnmente usada para conocer las superficies que van a ocupar los diferentes equipos o áreas de trabajo (Arroyo y Torres, 2012, pp. 53-55). Este método demanda la determinación de las superficies estática (Ss, correspondiente a los muebles y máquinas), de gravitación (Sg, reservada para el movimiento del operador y por el material), de evolución o movimientos (Se, ubicada entre cada puesto de trabajo para los desplazamientos del personal, materiales, equipos y servicios) y la total (St, sumatoria de todas las superficies).

La superficie de gravitación (Sg) se determina con la ecuación [1.2]. Donde *N* es el número de lados por los cuales se podrá acceder a la máquina.

$$Sg = S_s \; x \; N \qquad [1.2]$$

La superficie de evolución (Se) se calcula con la ecuación [1.3]. Donde *K* es una constante, que puede variar desde 0,05 a 3,00, según la empresa, como se muestra en la Tabla 1.5.

$$Se = \frac{Ss+Sg}{K} \qquad [1.3]$$

La constante *K* también puede ser calculada como la relación entre la altura de las máquinas o equipos móviles (*Hm*) y el doble de la altura de las máquinas o equipos fijos (*Ht*), como muestra la ecuación [1.4]:

$$K = \frac{Hm}{2Ht} \qquad [1.4]$$

Tabla 1.5. Valores de la constante utilizada en el Método Guerchet

Razón de la empresa	**Coeficiente k**
Gran industria alimenticia	0,05 – 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10 – 0,25
Textil-hilado	0,05 – 0,25
Textil-tejido	0,05 – 0,25
Relojería, joyería	0,75 – 1,00
Industria mecánica pequeña	1,50 – 2,00
Industria mecánica	2,00 – 3,00

(Ríos, 2013, p. 128)

La superficie total (St) se determina con la ecuación [1.5].

$$St = Ss + Sg + Se \qquad [1.5]$$

La Figura 1.5. muestra las superficies estática, gravitacional y de evolución, según el Método Guerchet.

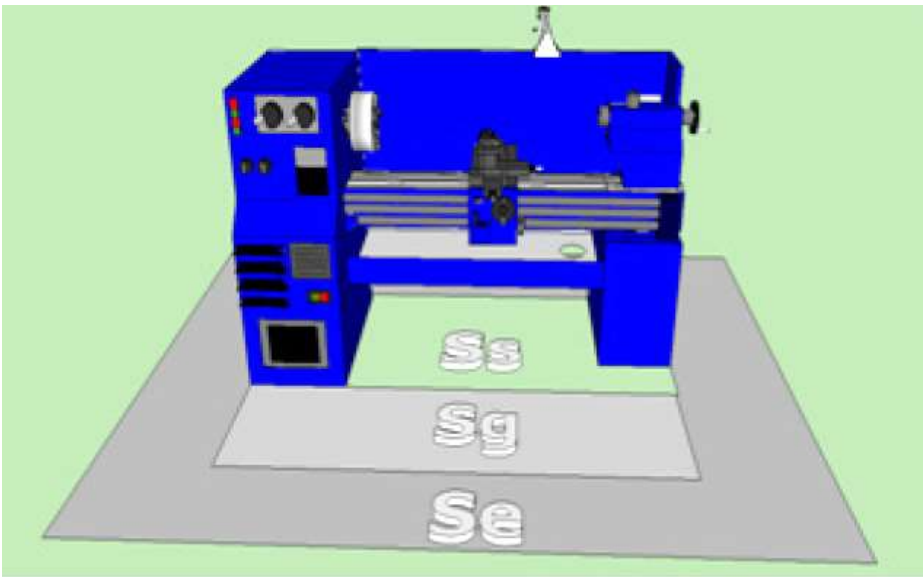


Figura 1.5. Superficies de un equipo según método Guerchet
(Ríos, 2013, p. 128)

En principio bastará con tener conocimiento de la superficie total de la planta, para realizar una primera aproximación; pero, a medida que el análisis avance será necesario definir, con más detalle, los elementos que limitan la distribución.

3) Manejo de materiales

El manejo de materiales incluye restricciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. Un correcto manejo de los materiales garantiza su periódico desplazamiento de un lugar a otro, su adecuado almacenaje, su entrega puntual y la correspondiente reducción de costos de producción. El equipo para el manejo de materiales debe usarse en ruta en áreas variables; en lo posible debería ser común en todas las áreas de la planta. En general, el uso de equipo mecánico reduce los costos de mano de obra, daños de los materiales, mejora la seguridad, disminuye la fatiga e incrementa la producción (Niebel y Freivalds, 2009, p. 78).

Según Meyers y Stephens (2006), existen varios principios bajo los cuales se puede analizar el manejo de materiales, como por ejemplo de planeación, sistemas, flujo de materiales, simplificación, entre otros, que utilizan técnicas de numeración de partes, localización, control de inventarios, código de barras, etc., con el empleo de una amplia gama de equipos como carros, transportadores, etc. (p. 291).

El costo de producción se ve influido si un equipo para mover cargas permite reducir los tiempos de movilización, si no utiliza energía eléctrica o si aprovecha la gravedad. Aunque a veces este costo no sea tan evidente de identificar, si la seguridad del trabajador está involucrada, el beneficio será a largo plazo.

La Tabla 1.6. especifica los espacios que necesitan los diferentes equipos para realizar maniobras de manera segura.

Tabla 1.6. Holguras mínimas para maniobras en áreas de recepción y de embarque

Equipo de manejo de materiales utilizado	Holgura mínima de maniobra (pies)	Holgura mínima de maniobra (m)
Tractor	14	4,28
Montacargas con plataforma	12	3,66
Montacargas con horquilla	12	3,66
Montacargas para pasillos estrechos	10	3,05
Paletera hidráulica o gato de tarima	8	2,44
Carretilla manual de cuatro ruedas	8	2,44
Carretilla manual de dos ruedas	6	1,83
A mano	5	1,52

(Pinzón, 2010, p. 210)

1.4.4.2 Desarrollo de un plan de bloque

Para desarrollar un plan de bloque se pueden utilizar métodos cualitativos, como las prioridades de cercanía, o cuantitativos, como el costo del transporte de los materiales entre secciones; el uso de uno u otro busca determinar la ubicación óptima de los departamentos de la planta.

Diego-Mas (2006) propone dividir el proyecto en cinco fases: a) definición del producto y del sistema productivo (proceso y volumen de producción); b) localización basada en criterios como abastecimiento de materiales, situación de mercados, etc.; c) definición del conjunto que implica considerar todo el resto de áreas de apoyo para la planta; d) distribución de detalle y proyecto de ejecución; y e) construcción y ejecución (pp. 9-10).

Comúnmente, se aplica la técnica desarrollada por Muther y Wheeler, conocida como SLP (Systematic Layout Planning), que considera la cercanía entre departamentos y se califica mediante códigos, teoría de Grafos, método CRAFT y el análisis de la relación de actividades. Esta técnica se soporta sobre cuatro herramientas: a) la matriz REL, b) la hoja de trabajo, c) el diagrama adimensional de bloques y d) el análisis de flujo, que se desarrollan de manera secuencial y en

conjunto (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., 2004a, p. 23, y Meyers et al. 2006 pp. 180-195).

A continuación, se explican brevemente dos de las herramientas mencionadas: Teoría de Grafos y el Análisis de relaciones.

a) Teoría de Grafos

La Teoría de Grafos es una herramienta matemática heurística, que permite una representación abstracta de los departamentos de una planta, basada en la adyacencia de las secciones, para cumplir así los principios de la distribución de la planta. Recuero, Río, Álvarez y San José (2004) destacan que para cada distribución existe solo un grafo, pero un grafo puede desarrollar varias distribuciones (p. 105). Plasmar el diseño que reflejan las condiciones o limitaciones se denomina realizabilidad del grafo.

La Figura 1.6. muestra los elementos que se usan para generar un grafo simple o de adyacencia, el cual está compuesto por nodos o vértices que simbolizan las secciones o departamentos, arcos que representan los flujos y por último las superficies, que son las áreas que se forman entre un grupo de nodos y arcos o fuera de ellos.

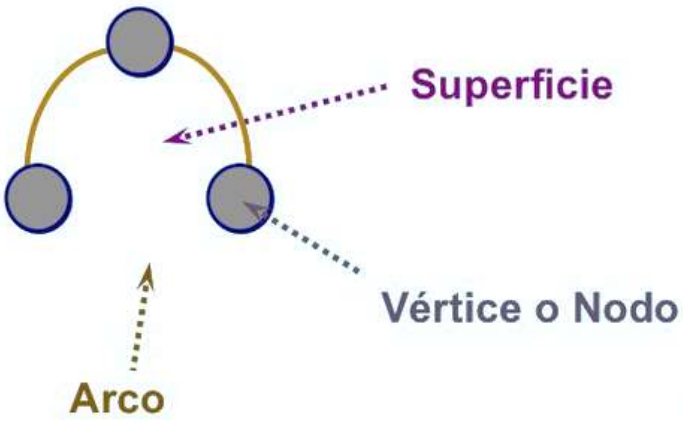


Figura 1.6. Elementos usados en la Teoría de Grafos
(Bennewitz, 2015, p. 54)

Los grafos tienen un número máximo de arcos y un peso máximo. Para un grafo plano, el número máximo de arcos es 3N-6, donde N es el número de departamentos, que debe ser mayor que 2. Un grafo plano se dibuja en dos dimensiones, sin cruce de los flujos de los recursos, por lo que solo funciona si N<4, para representar todas las relaciones. Para solucionar esto se crea el concepto de grafo dual, que inserta un nodo en cada superficie del grafo principal. Cada nodo equivale a una superficie. El número máximo de superficies es 2N-4. (Bennewitz, 2015, p. 58)

La metodología recomendada para obtener un grafo dual se describe a continuación (Bennewitz, 2015, pp. 72-97):

1. Desarrollar la matriz REL y priorizar las relaciones tipo A, luego las E y así sucesivamente hasta alcanzar el peso máximo. Se incluyen los arcos de mayor peso, pero se mantienen las superficies triangulares planas.
2. Definir el Grado total de dependencia (TCR) que mide la relación que tiene cada departamento con los demás; se excluyen las relaciones tipo X. El TCR se calcula de acuerdo con la ecuación [1.5].

$$TCR_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} V(r_{ij}) \qquad [1.5]$$

Donde $V(r_{ij})$ es un valor arbitrario que cuantifica la importancia relativa de la adyacencia entre los departamentos “i” y “j”, como se indica en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Valores arbitrarios para calificar TCR

ri_j	Valor arbitrario
A	3^4
E	3^3
I	3^2
O	3^1
U	3^0
X	-3^5

(Bennewitz, 2015, p. 31)

3. Clasificar los departamentos en orden decreciente de su TCR y seleccionar los cuatro de mejor puntuación para formar parte del tetraedro.
4. Evaluar en qué superficie es conveniente colocar cada uno de los departamentos no considerados. Se debe mantener el orden decreciente del TCR, para que queden ubicados en donde se maximicen los pesos en relación con los tres nodos que forman cada superficie.
5. Hacer el diseño lógico del layout, a través del grafo dual de peso máximo que determina el límite del layout.
6. Diseñar un plano de bloques para la diagramación. Se debe hacer ajustes por las diferentes soluciones que puedan existir.
7. Determinar las áreas de los departamentos para obtener el diseño físico.

b) Análisis de la relación de actividades

El análisis de flujo, al apoyarse en cuatro herramientas, permite la inclusión de los departamentos que forman parte del proceso y que deben ser ubicados de manera que faciliten un flujo óptimo de la información y de las personas (Meyers y Stephens, 2006, pp. 180-186).

Las cuatro herramientas, que se desarrollan de manera secuencial, son: 1) matriz de relaciones de actividades, 2) hoja de trabajo, 3) diagrama adimensional de bloques y 4) análisis de flujo.

b.1) Matriz de relaciones de actividades

Es conocida también como diagrama de análisis de afinidades y de forma abreviada como matriz REL, muestra las relaciones interdepartamentales. Para construirla se debe contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuán importante es para este departamento estar cerca de este otro?

Este método usa un código de letras que sigue una escala decreciente y está expresada mediante las vocales acompañadas de un número que identifica la razón de esta calificación. Esta escala se encuentra comúnmente en bibliografía, pero

puede ser redefinida de acuerdo con cada proceso. Las escalas y su significado se detallan en la Tabla 1.8. esta incluye además una columna con los códigos de razón, que permiten plasmar la razón de porqué se califica con uno u otro código literal.

Tabla 1.8. Códigos y significancia usados en un Diagrama REL

a)

Código Literal	Prioridad de cercanía
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

b)

Código de razón	Razón
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

(Chase y Alquilano, 2009, p. 181) (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., 2004a, p. 20).

Para generar este diagrama se recomienda seguir los siguientes pasos: (Bennewitz, 2015, pp. 78-106)

a) Enumerar y nombrar todos los departamentos al lado izquierdo del gráfico, como se indican el ejemplo de la Figura 1.7.
b) Utilizar la misma numeración en las dos aristas del triángulo para identificar los departamentos.
c) Analizar la relación entre cada departamento y calificar con los códigos literales y de razón, detallados en la Tabla 1.8.
d) Iniciar el análisis con el departamento de fabricación.
e) Determinar el número de relaciones (N) con la ecuación [1.7], donde *n* es el número total de departamentos.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \qquad [1.7]$$

f) Aplicar los porcentajes recomendados en la Tabla 1.9. para determinar cuántos departamentos con códigos: A, E, I, O deben existir.

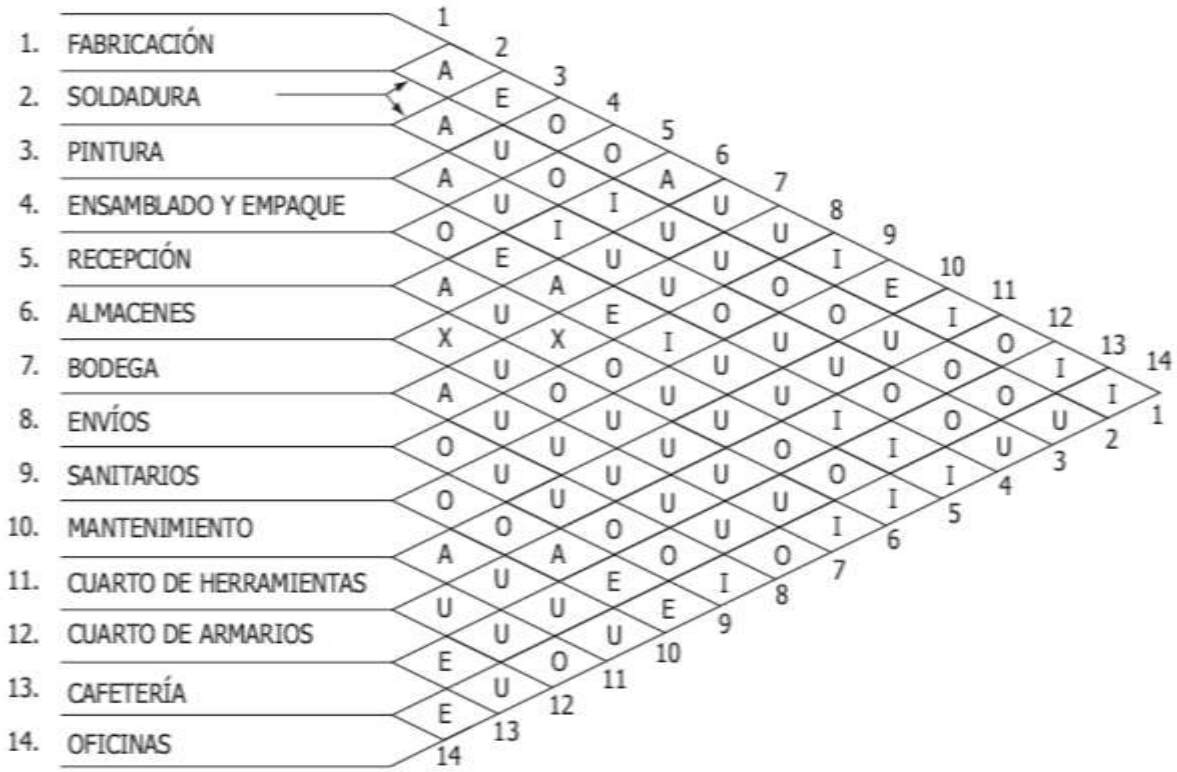


Figura 1.7. Ejemplo de diagrama de relaciones
(Meyers y Stephens, 2006, p. 181)

Es recomendable no asignar una alta cantidad de departamentos con código A entre los centros de trabajo. El 50 % debe distribuirse entre departamentos con códigos U y X.

Tabla 1.9. Porcentajes recomendados para el diagrama REL

Código	Porcentaje
A	5
E	10
I	15
O	20

(Meyers y Stephens, 2006, p. 181)

b.2) Hoja de trabajo

Es la base para la elaboración del diagrama adimensional de bloques, pero usa como sustento el diagrama de relaciones de actividades. A continuación, se detalla el procedimiento para su elaboración (Meyers y Stephens, 2006, p. 185):

a) Enumerar las actividades al lado izquierdo.

b) Generar seis columnas a la derecha de las actividades, cada columna se denominará de acuerdo con el código de relación como: A, E, I, O, U y X.

c) Enlistar los números de las actividades bajo el código de relación apropiado para cada departamento.

La Figura 1.8. muestra cómo queda una hoja de trabajo.

Actividades	*A*	*E*	*I*	*O*	*U*	*X*
1. Fabricación	2,6	9,10	9,11,13,14	4,5,12	7,8	
2. Soldadura	1,3		6	9,10,12,13,5	7,8,4,11,14	
3. Pintura	2,4	1	6	12,13,9	5,7,8,10,11,14	
4. Ensamblado y empaque	3,7	6,8	9,12,13,14	1,5	2,10,11	
5. Recepción	6		14	4,2,1,9,12,13	3,7,10,11	8
6. Almacenes	5.1	4	3,12,14	9	8,10,11,12,13	7
7. Bodegas	4,8			14	5,3,2,1,9,10,11,12,13	6
8. Envíos	7	4	14	9,12,13	6,3,2,1,10,11	5
9. Sanitarios	12	13,14	4,1	8,6,5,11,3,2,10	7	
10. Mantenimiento	11	1		9,2	8,7,6,5,4,3,12,13,14	
11. Cuarto de Herramientas	10		1	9,14	8,7,6,5,4,3,2,12,13	
12. Cuarto de armarios	9	13	4	8,5,3,2,1	11,10,7,6,14	
13. Cafetería		14,12,9	4,1	8,5,3,2	10,11,7,6	
14. Oficina		13,9	8,6,5,4,1	11,7	12,10,2,3	

Figura 1.8. Ejemplo de una hoja de trabajo
(Meyers y Stephens, 2006, p. 185)

b.3) Diagrama adimensional de bloques

Este es un diagrama adimensional que permite tener una buena idea de cómo quedará la distribución. Es más sencillo de realizar cuando se tiene el tamaño definitivo de los departamentos. Generalmente, los departamentos con código A tienen más aristas con los que relacionarse. Meyers y Stephens (2006)

recomiendan aplicar el siguiente procedimiento para obtener el diagrama de bloques (p. 186):

a) Hacer cuadrados que representen a cada departamento.
b) Escribir en el centro de cada cuadrado el número de la actividad que le corresponde al departamento.
c) Tomar un cuadrado a la vez y escribir el número de las actividades relacionadas, de acuerdo con las siguientes recomendaciones:
    1. En la esquina superior izquierda, las actividades con código A.
    2. En la esquina superior derecha, las actividades con código E.
    3. En la esquina inferior izquierda, las actividades con código I.
    4. En la esquina inferior derecha, las actividades con código O.
    5. Las relaciones código U se omiten.
    6. Las relaciones código X se colocan en el centro debajo del número de la actividad.

Cuando cada departamento esté representado, se inicia el arreglo que satisfaga la mayor cantidad de códigos de actividad como sea posible. La Figura 1.9. muestra cómo quedaría representado un departamento, bajo las condiciones antes descritas.

Figura 1.9. Representación de un departamento con las respectivas relaciones
(Meyers y Stephens, 2006, p. 186)

La Figura 1.10. ilustra el plano adimensional de la planta, cuando todas las actividades fueron colocadas para satisfacer la mayoría de condiciones, además del movimiento de los flujos a través de los departamentos.

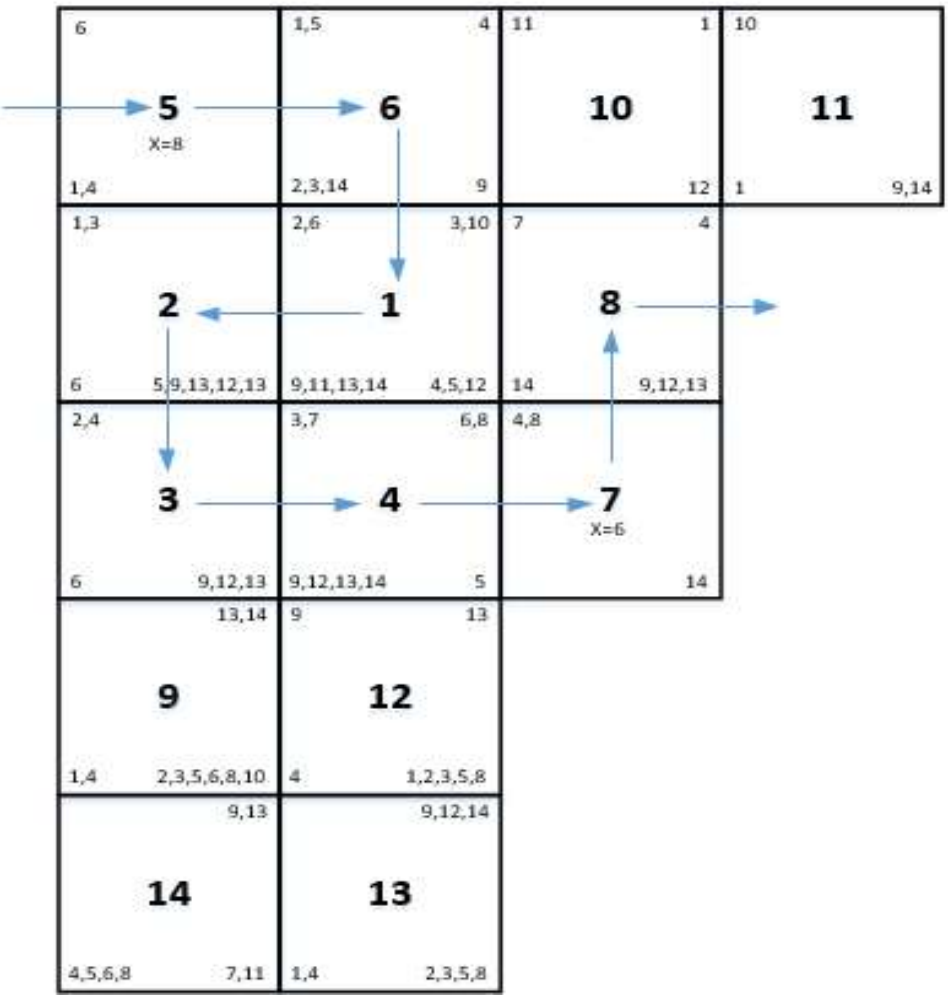


Figura 1.10. Diagrama adimensional de bloques y análisis de flujo
(Meyers y Stephens, 2006, p. 187)

b.4) Análisis de flujo

El análisis de flujo es la base para el diseño de la distribución de la planta y el inicio de un adecuado manejo de materiales. Tiene como objetivos básicos analizar el recorrido de los materiales y las personas; evitar los retrocesos y el cruce de materiales; disminuir los recorridos; y, tener el menor costo de producción al optimizar los puntos anteriores. Adicionalmente, abarca la distribución de máquinas, instalaciones, estaciones de trabajo y departamentos (Meyers y Stephens, 2006, pp. 136-162).

Se lo realiza sobre el diagrama adimensional de bloques, para garantizar que las relaciones importantes se mantengan y que la distribución que se hizo tenga

sentido. Los flujos pueden ser analizados de dos formas: como la fabricación de partes individuales y flujo total de la planta.

A continuación, se describen brevemente tres herramientas que se consideran básicas para la determinación del flujo total de una planta.

a) Diagramas de flujo

Existen tres factores a considerar en la elaboración de un diagrama de flujo:

a.1) Tráfico cruzado: las líneas de flujo se cruzan, una distribución adecuada tendrá la menor cantidad posible de trayectorias intersecadas. Para evitar los cruces se deben reubicar equipos, servicios y departamentos.

a.2) Retroceso: es el movimiento hacia atrás del material en la planta. Se busca que el material avance hacia la dirección de salida, al existir retrocesos el costo de este flujo incorrecto llega a ser el triple.

a.3) Distancia recorrida: el movimiento de materiales cuesta, el objetivo siempre será reducir distancias determinando el recorrido por pieza e intentar reducirlo mediante la modificación de la secuencia de etapas si es posible o la reubicación de la maquinaria, siguiendo los siguientes pasos: elaborar una distribución a escala, existente o propuesta; generar una hoja de ruta; y, en ésta conectar con una línea la fabricación de cada parte y reunir en una secuencia específica todas las piezas en la línea de ensamblado.

b) Gráfica de operaciones

Es también llamada Gráfica del proceso operativo, ya que muestra el proceso mediante círculos y cuadrados. Los círculos, que representan a las operaciones, y los cuadrados, a las inspecciones, están unidos por líneas que van desde que ingresa la materia prima hasta que salen las partes terminadas mostrando las diferentes etapas de fabricación. Algunos diseñadores prefieren trabajar únicamente con los círculos (Ramírez, 2003, pp. 282-286).

La elaboración del diagrama se trabaja de izquierda a derecha, hasta llegar al producto final. Si hay etapas que no requieren fabricación se denominan compras externas; las mismas se colocan arriba de la operación sobre la cual se utilizarán. En la Figura 1.11. se detallan las convenciones usadas en la elaboración de los diagramas.

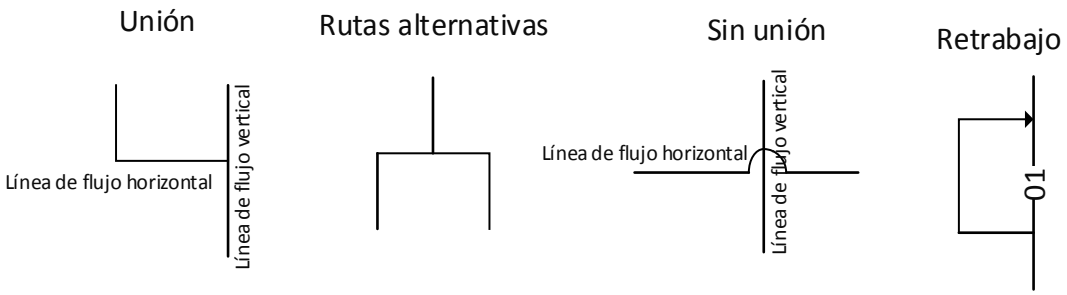


Figura 1.11. Convenciones de los diagramas de flujo
(Niebel y Freivalds, 2009, p. 26)

Esta herramienta permite obtener la secuencia de fabricación y de ensamblado, las necesidades de equipos, los estándares de tiempo e, incluso, una idea general de la distribución de la planta (Meyers y Stephens, 2006, p. 156).

c) Gráfica de procesos

También es conocida como Diagrama de flujo de procesos. Es la herramienta más completa que hay, ya que toma como base la gráfica de operaciones, pero se enriquece al utilizar los demás símbolos de la gráfica de procesos (operación, transporte, inspección, retraso y almacenaje), los detalles relevantes de cada proceso (tiempos, distancias, parámetros, etc.) se conservan para precisar los flujos de la planta, el requerimiento de maquinaria, los estándares de tiempo, el manejo de materiales, etc.

Una característica muy importante es que, mediante el uso de esta gráfica, es posible detectar los costos ocultos, no productivos, de los procesos. Una diferencia con la gráfica de operaciones es que las partes compradas tienen igual trato que las elaboradas. Las Figuras 1.12. y 1.13. muestran los elementos con los que se

elabora un diagrama de operaciones, que son los mismos para el diagrama de flujo y la tabla de procesos.

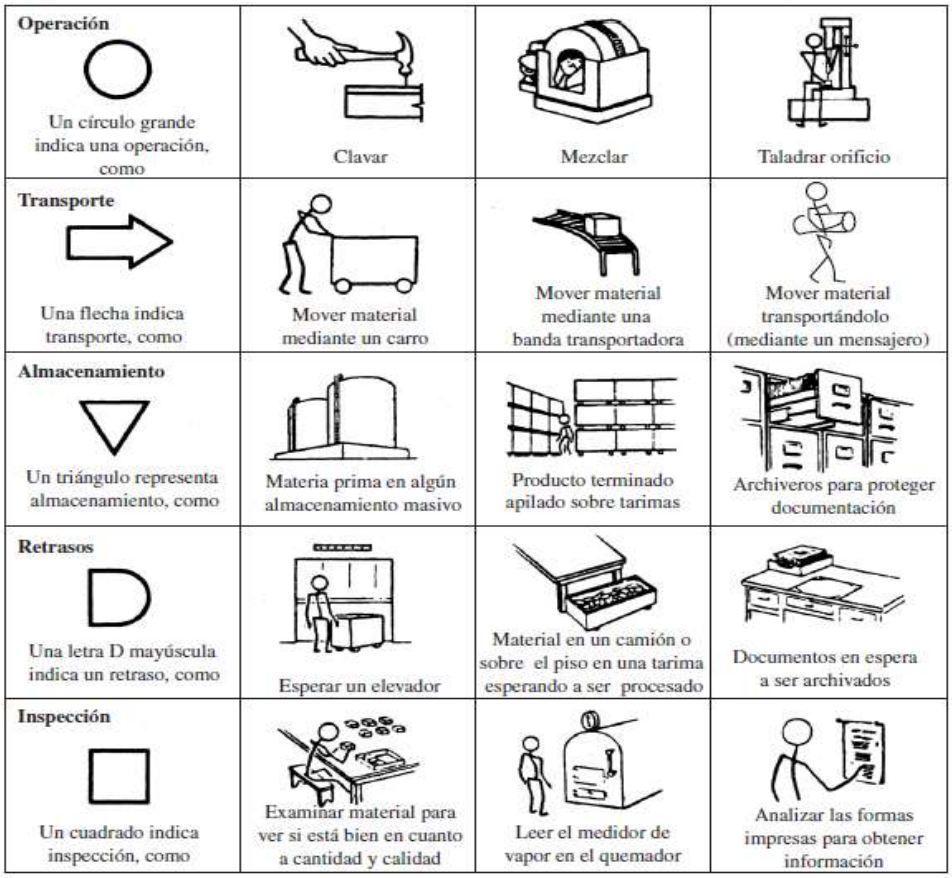


Figura 1.12. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME
(Niebel y Freivalds, 2009, p. 28)

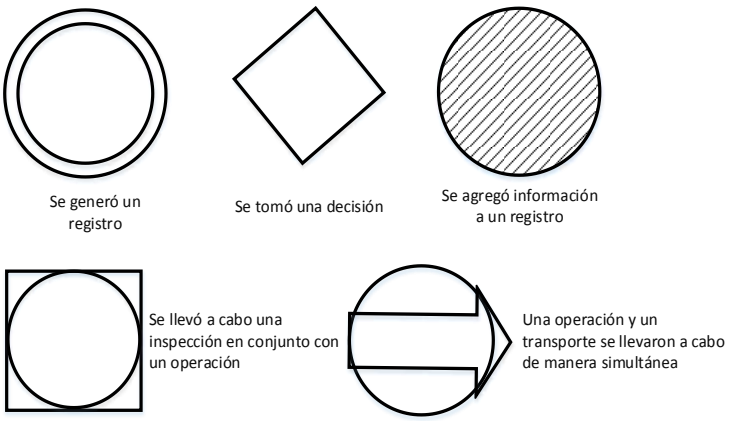


Figura 1.13. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos
(Niebel y Freivalds, 2009, p. 28)

1.4.4.3 Distribución detallada

Este es el paso final para realizar una distribución por procesos, puesto que se genera una distribución de cómo se colocarán las máquinas y los equipos. Para este fin pueden usarse nuevamente los métodos anteriores, pero siempre es una buena opción dibujar o hacer maquetas. Suele suceder que inicialmente no se consideraron escaleras, montacargas, etc. lo que hace necesario rever los cálculos anteriores.

1.5 PRONÓSTICOS

Un pronóstico busca optimizar el sistema productivo para entregar el producto a tiempo, con el uso de las herramientas que permitan controlar las fuentes de la demanda. Existen dos fuentes básicas de demanda: dependiente e independiente. La **dependiente** es la demanda provocada por otros productos o servicios, no puede pronosticarse, pero sí calcularse a partir de la demanda de otros productos o servicios; mientras que, la **independiente** no depende de otros.

Una empresa puede tomar dos actitudes frente a la demanda independiente:

1) **Pasiva y responder a la demanda:** espera que el mercado indique lo que requiere. Esta posición puede deberse a una limitada capacidad de producción, costos de marketing, temas legales, ambientales, éticos, etc.
2) **Activa e influir sobre la demanda:** presiona a la fuerza de ventas, da incentivos a los clientes o baja los precios para incrementar la demanda. Mientras que, un incremento en los precios contrae la demanda al igual que un nulo esfuerzo de los vendedores.

Para el desarrollo de un pronóstico se sugieren realizar varias etapas que se describen a continuación (Heizer y Render, 2000, p. 108).

a) Conformar el equipo de planeación.
b) Determinar el uso de la previsión, es decir si esta previsión será para definir niveles de producción.

c) Seleccionar los artículos para los que se va a realizar la previsión, si el pronóstico se va a realizar por producto o por familia de productos.
d) Identificar la etapa en el ciclo de vida de cada producto.
e) Definir el horizonte temporal de la previsión, regularmente las empresas trabajan en pronósticos a corto, mediano y largo plazo.
f) Seleccionar el o los modelos de previsión; es decir, medias móviles, alisado exponencial y análisis de regresión; aunque también se pueden incluir los modelos de juicios de opinión o no cuantitativos.
g) Recopilar los datos necesarios para hacer la previsión.
h) Examinar, identificar y eliminar demandas irregulares.
i) Realizar el pronóstico.
j) Validar e implementar los resultados de todos los departamentos para determinar qué modelo es válido. Los modelos deben considerar medidas de error, con este factor se puede prever inventario de materiales, las necesidades de equipos y mano de obra.

Según la capacidad económica de la empresa, los pronósticos se pueden realizar con diferentes programas, cuando los productos no tengan una demanda errática. Es importante considerar que los pronósticos no siempre son acertados. Son más precisos al hacer para periodos cortos, deben incluir el error de estimación. Al agrupar productos por familias hay mayor precisión en el pronóstico y mientras más arriba se esté en la cadena de una compañía, la distorsión es mayor (Chapman, 2006, p. 18).

Los métodos para realizar pronósticos pueden ser cuantitativos y cualitativos; se recomienda una combinación de ambos para pronosticar. La selección de un método u otro por parte de la empresa depende del horizonte del tiempo que se desea, de la disponibilidad de los datos, de la precisión requerida, del tamaño del presupuesto para el pronóstico y de la disponibilidad de personal calificado. Sin olvidar la flexibilidad de la empresa, pues si ésta tiene alto nivel de flexibilidad no es tan crítico que el pronóstico sea inexacto (Chase, Jacobs y Alquilano, 2009, pp. 484-487).

1.5.1 MÉTODOS CUALITATIVOS

Los métodos cualitativos incorporan variables causales, experiencia, emociones e incluso la intuición. Entre los métodos cualitativos aparecen el Jurado de opinión ejecutiva, Método Delphi, Propuesta del personal de ventas o Juicio informado, Estudio de mercado, entre otros (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 528).

1.5.2 MÉTODOS CUANTITATIVOS

Los métodos cuantitativos emplean modelos matemáticos que se basan en datos históricos y/o variables para la proyección. Se subdividen en dos subcategorías: relaciones causales y series temporales (Gaither y Fraizer, 2000, pp. 60-63).

1.5.2.1 Relaciones Causales

Suponen que existen variables que podrían influir en el pronóstico, como la publicidad, la calidad y los competidores. Principalmente considera el análisis de regresión múltiple, que es una ampliación al modelo de regresión simple, pero con varias variables independientes que afectan a la proyección. Generalmente, el cálculo de este complejo modelo se construye en computadora. Otros modelos que se consideran en este grupo son los econométricos, de entrada/salida e indicadores (Jacobs y Chase, 2009, p. 470).

1.5.2.2 Series Temporales

Las series temporales se basan en la idea de que es posible predecir el futuro en función del pasado. Presentan las proyecciones para determinadas series de tiempo basadas únicamente en datos pasados, sin considerar variables que potencialmente afectarían los resultados. Una serie temporal se puede “desglosar” en cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclos y variación aleatoria (Heizer y Render, 2007, p. 138); pero, Jacobs y Chase (2009) mencionan dos componentes más: la demanda promedio y la auto-correlación (pp. 486-487).

A continuación, se describen brevemente estos componentes.

1) La demanda promedio se calcula para el periodo.
2) La tendencia es el movimiento creciente o decreciente de los valores de los datos a lo largo del tiempo.
3) La estacionalidad es un patrón de variabilidad de los datos que se repite cada cierto tiempo, días, semanas, meses o trimestres.
4) Los ciclos son patrones que se repiten cada cierto número de años, pero siempre pueden ser afectados por factores externos.
5) Las variaciones aleatorias son impredecibles, causadas al azar.
6) La auto-correlación indica la persistencia del hecho. “El valor esperado en un momento dado tiene una correlación muy alta con sus propios valores anteriores”.

La Figura 1.14. muestra los componentes mencionados anteriormente para un periodo de cuatro años.

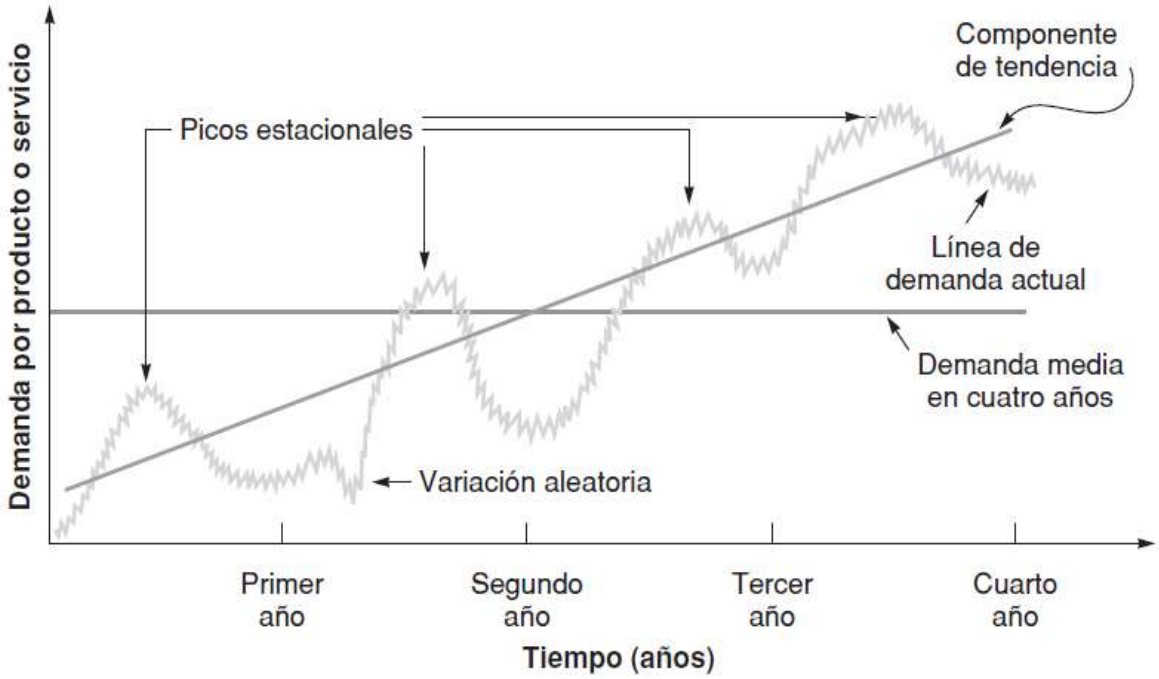


Figura 1.14. Demanda de un producto durante cuatro años, que señala una tendencia en crecimiento y estacionalidad
(Heizer y Render, 2007, p. 139)

La determinación de la tendencia de la demanda, generalmente, es el inicio de un pronóstico, que puede ser ajustada por los efectos estacionales, elementos cíclicos y cualquier otro suceso que podría influir en la proyección final.

Jacobs y Chase (2009) identifican los siguientes cuatro tipos de tendencias más comunes (p. 487). La Figura 1.15. muestra las ventas, en unidades, en función de periodos dados, de acuerdo con los tipos de tendencia comunes y se explican a continuación.

a) **Tendencia Lineal** es una relación continua directa.
b) **Curva S** es característica del crecimiento y ciclo de madurez de un producto; el punto más importante esta donde la curva cambia de crecimiento lento a rápido o viceversa.
c) **Asintótica** empieza con un crecimiento rápido y alto, pero luego decrece.
d) **Exponencial** es común en productos nuevos con crecimiento explosivo. Se supone que las ventas seguirán en aumento, pero esta suposición no siempre será certera.

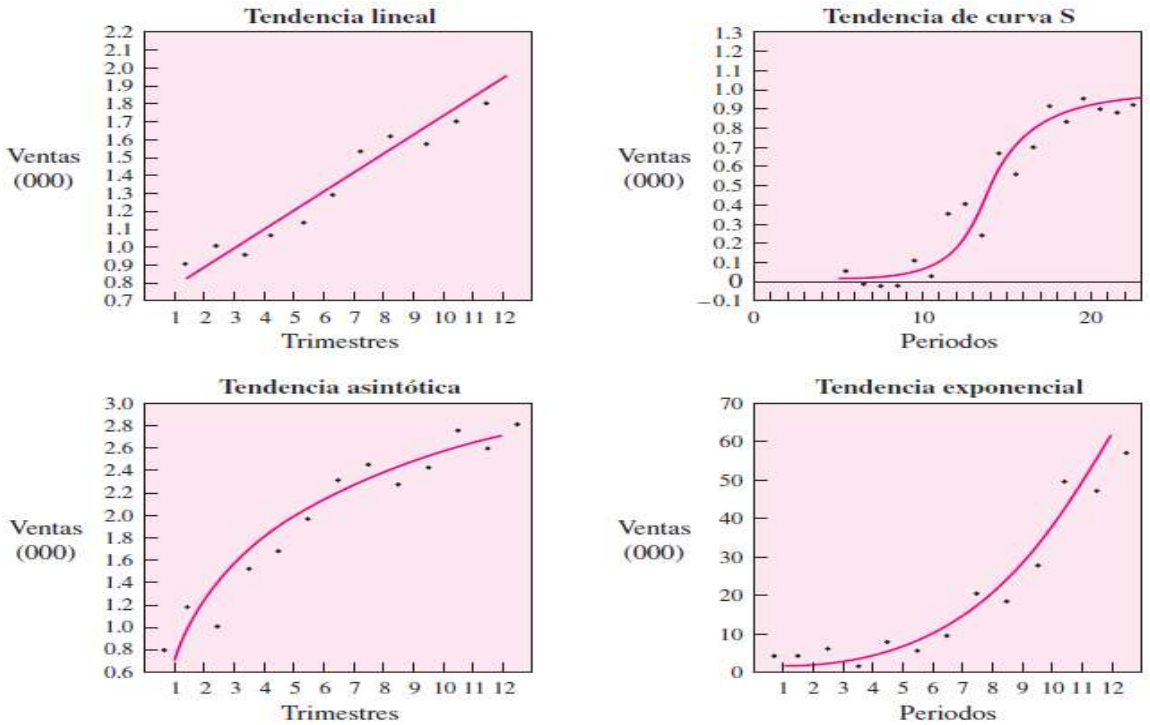


Figura.1.15. Tipos comunes de tendencia
(Jacobs y Chase, 2009, p. 487)

Existen varios métodos para realizar una proyección con series temporales, el uso de uno u otro depende del criterio de quien realiza el cálculo. Se distinguen:

1) **Enfoque simple:** supone que la demanda del siguiente periodo será igual a la del periodo anterior.
2) **Medias móviles:** supone que la demanda en todo el año será estable. El horizonte de pronóstico es a corto plazo. Los datos son estacionarios y se necesitan de 5 a 12 lecturas para el cálculo.
3) **Alisado exponencial:** es la técnica de pronóstico más común, por ser precisa y sencilla. El usuario entiende el modelo, se necesita una cantidad pequeña de datos para el análisis (5 a 10 observaciones), pero solo se puede proyectar a corto plazo. Es una variación del método de medias móviles, donde la estimación de la demanda es igual a la estimación del periodo anterior más una fracción de la diferencia de la demanda real del periodo previo, menos la estimación del periodo anterior.
4) **Alisado exponencial con ajuste de tendencia:** el alisado exponencial simple no logra anticipar las tendencias, por lo que es necesario modificarlo o ajustarlo cuando la tendencia se presente. Este método requiere de 5 a 10 observaciones para el cálculo y las proyecciones obtenidas son para el corto plazo.
5) **Proyecciones de tendencia:** es la forma más común al momento de realizar una proyección. Se usa un enfoque lineal, con el método de los mínimos cuadrados. Ajusta una línea de tendencia a una serie de datos históricos y luego es posible proyectar a futuro, en un número igual a los datos base. Este método representa gráficamente los datos, antes de determinar qué análisis se debe aplicar, el número de pronósticos que se pueden obtener es igual al número de datos origen y las desviaciones alrededor de la recta son aleatorias y están normalmente distribuidas, por lo tanto, algunas se alejan de la recta. Este método tiene una particularidad frente al resto, puesto que puede ser usado tanto en series temporales como en causales.

Estos cinco métodos son los más comúnmente utilizados, aunque la Técnica Box Jenkins y Series de tiempo Shinskin pertenecen a este grupo, pero son de mayor complejidad (Jacobs y Chase, 2009, p. 470).

1.5.3 MEDICIÓN DEL ERROR DE PREVISIÓN

Dentro del proceso de realizar pronósticos, independientemente del método que se elija es importante incluir el “error”, que es la diferencia entre el valor pronosticado y lo que realmente ocurrió. Esto permite conocer qué pronóstico se acerca más a la realidad. La exactitud de cualquier modelo puede medirse comparando los valores proyectados con la demanda real de esos periodos (Heizer y Bender, 2007, pp. 115-118). Existen tres parámetros comunes que pueden determinarse para esta medición: 1) Desviación absoluta media (DAM), 2) Error cuadrado medio (ECM) y 3) Error porcentual absoluto medio (EPAM).

1.5.4 POLÍTICA DE INVENTARIOS

La política de inventarios viene ligada al pronóstico de la demanda, pues mantener bienes en ocio es algo muy común en las empresas, pero es imprescindible determinar cuándo, cuánto y cómo se reabastece de recursos la empresa. Para lo cual se debe formular un modelo matemático, que describa cómo es el sistema de inventarios; generar una política óptima de inventarios, que se ajuste al punto anterior y permita llevar un registro de niveles de inventarios; y, señalar cuando se debe reabastecer (Guerrero, 2009, pp. 13-14).

Guerrero (2009) señala, además, que la demanda solo puede ser determinística, cuando se conoce con certeza la demanda del artículo, o probabilística, cuando la demanda es desconocida aplicable, por ejemplo, a artículos de temporada.

Los modelos determinísticos incluyen los de producción con y sin déficit, compra con o sin déficit, descuentos por cantidad y con restricciones; mientras que, en los modelos estocásticos se incluyen los modelos de consumo instantáneo con y sin costo fijo y de consumo uniforme sin costo fijo.

Los modelos necesitan ser monitoreados mediante sistemas de inventarios que permitan controlar el nivel de existencia, determinar la cantidad a pedir de cada

elemento y cuándo hay que hacerlo. Estos sistemas pueden ser continuo o periódico (18-21).

1.6 PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA

La capacidad de producción mide el resultado de un proceso por unidad de tiempo, permite conocer si la demanda se puede satisfacer y si existen equipos críticos u ociosos. Planear la capacidad busca equilibrar la carga disponible versus la requerida. Una planta que maneje un layout por procesos, además de tener suficiente capacidad debe contar con flexibilidad para incrementar o disminuir los niveles de producción o para trasladar capacidad hacia otro producto o servicio.

Esta flexibilidad se debe generalizar al personal, maquinaria y procesos. Contempla que: 1) los tiempos de pasar de un producto a otro sean prácticamente nulos, 2) los equipos de apoyo sean adaptables, 3) los costos de combinar los productos sean bajos, 4) el personal posea múltiples habilidades y no tenga restricción en la capacidad al pasar de una actividad a otra (Chase, Jacobs y Alquilano, 2009, 122-124).

1.6.1 PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

Chapman (2006, pp. 165-169) y Chase et al. (2009, p. 130) indican que existen alternativas al momento de utilizar una metodología para determinar la capacidad de una planta, como son: 1) Árboles de decisión, 2) Uso de factores globales, 3) Listas de capacidad, 4) Perfiles de recursos y 5) Estudios de tiempo. A continuación, se explican estos brevemente.

1.6.1.1 Árboles de decisión

Esta metodología permite entender el problema y darle solución. Los elementos son nodos y ramas. Se utilizan cuadros que representan puntos de decisión y círculos, hechos fortuitos. Las ramas que salen de los puntos de decisión muestran

sus diferentes opciones y las que salen de los círculos las probabilidades de ocurrencia.

1.6.1.2 Uso de factores globales

Es un método bastante aproximado, aunque poco especifico pues busca determinar la capacidad por centro de trabajo, a partir del porcentaje histórico de utilización.

1.6.1.3 Listas de capacidad

Su cálculo es un poco más complejo, pero proporciona información más acertada. Requiere básicamente de la lista de materiales (estructura del producto, tiempo de procesamiento) y la información de ruteo (trayectoria que usa un producto para su fabricación).

1.6.1.4 Perfiles de recursos

Además de la información que se requiere para el método listas de capacidad, se necesita el tiempo de espera para cada producto.

1.6.1.5 Estándar de tiempo

Un estándar de tiempo permite obtener información básica para el diseño de instalaciones como personas a contratar o máquinas a comprar, calcular costos y precios de venta, programar tiempos de entrega, distribuir una línea de ensamble o celda de manufactura, determinar el desempeño individual de cada trabajador y el pago de incentivos por equipo o individual, evaluar la compra de equipos nuevos e incluso desarrollar los presupuestos de operación para medir el desempeño de la administración (Meyers y Stephens, 2006, pp. 51-54).

Muchas empresas deciden tener un colchón de capacidad que se mantendrá entre lo requerido y la capacidad real. Un colchón de capacidad hace referencia a la cantidad de capacidad que excede a la demanda esperada.

1.6.2 PUNTO DE EQUILIBRIO

Dentro del proceso de determinación de la capacidad de una planta es importante conocer el punto de equilibrio para que la instalación sea rentable, tanto en unidades como en dinero. Este punto iguala los valores de ingresos a los de costos. En este punto, llamado muerto o de equilibrio, la empresa no reporta utilidad, pero tampoco pérdidas (Colin, 2008, pp. 270-290). Los costos totales tienen dos componentes: costos fijos, que son aquellos que se generan a pesar de que no exista producción; y, los costos variables, que son dependientes de las unidades producidas. Los ingresos son función de las unidades vendidas a un precio fijado.

1.6.2.1 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO PARA UN PRODUCTO

Los métodos para calcular el punto de equilibrio son: 1) método de la ecuación, 2) método de la ecuación marginal y 3) método gráfico.

1) Método de la ecuación

La utilidad antes de impuestos se puede calcular través de las ecuaciones [1.8] y [1.9].

$$Utilidad\ antes\ de\ impuestos = Ventas - Costos\ Variables - Costos\ Fijos \qquad [1.8]$$

$$Utilidad\ antes\ de\ impuestos = (Precio\ de\ venta\ unitario * unidades) - (Costos\ variables\ unitarios * unidades) - Costos\ fijos \qquad [1.9]$$

Se puede obtener el punto de equilibrio a través de la ecuación [1.9] cuando la utilidad antes de impuestos es nula. Si “x” es el número de unidades a vender para alcanzar el punto de equilibrio, entonces:

$$0 = (Precio\ venta\ unitario * x) - (Costos\ variables\ unitarios * x) - Costos\ fijos$$

Reemplazando y despejando la ecuación, se obtienen las unidades necesarias para que la empresa no reporte ni pérdidas ni ganancias (Colin, 2008, pp. 270-271).

2) Método de contribución marginal

Este método se basa en el concepto de contribución marginal (CM), "que es igual a los ingresos por ventas menos todos los costos variables de producción y operación" (Colin, 2008, p. 271). Esta relación se muestra en la ecuación [1.10].

$$\text{Precio de venta unitario } \left(\frac{\$}{\text{u}}\right) = \text{Costos variables unitarios } \left(\frac{\$}{\text{u}}\right) + CM\ (\$) \qquad [1.10]$$

Al expresarlo porcentualmente, se considera que el precio de venta es el 100 %.

Para determinar las unidades que se necesitan para cubrir los costos fijos totales se genera la ecuación [1.11].

$$Punto\ Equilibrio\ (u) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{CM} \qquad [1.11]$$

Para determinar el punto de equilibrio en términos de ingresos se define como la ecuación [1.12].

$$Punto\ Equilibrio\ (\$) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{\%\ CM} \qquad [1.12]$$

La comprobación de lo anterior se realiza con ayuda de la ecuación [1.9].

3) Método gráfico

El punto de equilibrio se puede determinar al graficar los costos fijos, variables, totales e ingresos. El punto de intersección entre la línea de ingresos totales y costos totales determina el punto de equilibrio.

Para graficar se sigue el siguiente procedimiento: 1) los costos fijos, los costos variables y los ingresos se registran sobre el eje vertical (Y), 2) el volumen de ventas

se registra sobre el eje horizontal (*X*) y 3) las líneas de costos fijos y variables se trazan en el gráfico. La intersección de los ingresos y los costos totales es el punto de equilibrio, a la izquierda de este punto se genera la zona de perdida y a la derecha la zona de utilidades. La Figura 1.16. muestra con claridad lo expuesto anteriormente.

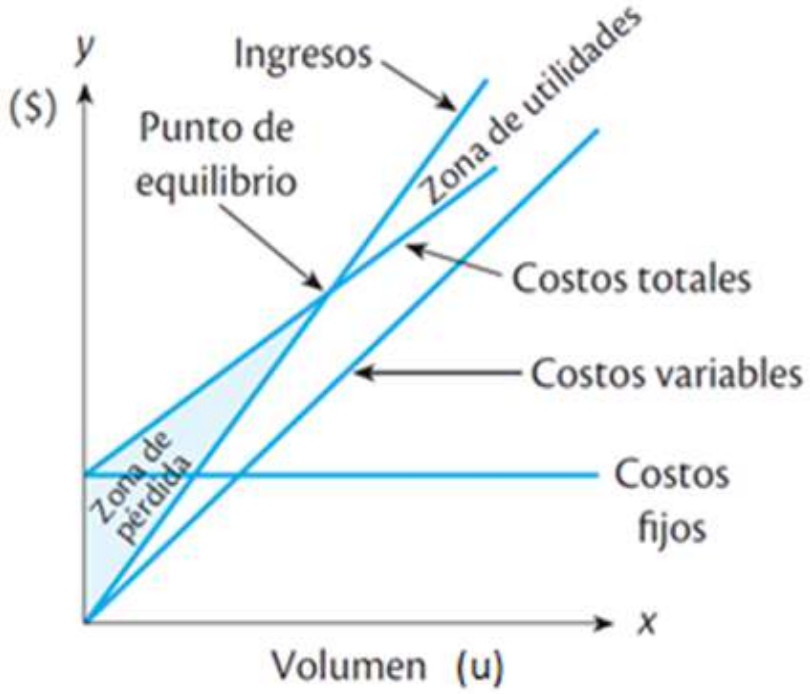


Figura 1.16. Ejemplo determinación gráfica del punto de equilibrio
(Colin, 2008, p. 273)

1.6.2.2 FORMAS DE EXPRESAR EL PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio se puede expresar en términos monetarios o en unidades. A continuación, una breve descripción de estas opciones (Polimeni, Fabozzi, Adelberg y Kole, 1997, pp. 616-617).

1) Punto de equilibrio en término de unidades

Se calcula de acuerdo con la ecuación [1.13], que se obtiene al relacionar la ecuación [1.10] con la ecuación [1.11].

$$Punto\ Equilibrio\ (u) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{Precio\ de\ venta\ por\ unidad - Costo\ variable} \quad [1.13]$$

Expresado en términos de margen de contribución, se calcula con la ecuación [1.14]

$$Punto\ Equilibrio\ (u) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{Margen\ de\ contribucion\ por\ unidad} \quad [1.14]$$

2) Punto de equilibrio en términos monetarios

Una forma sencilla de obtener el punto de equilibrio en términos monetarios es multiplicar el punto de equilibrio en unidades por el precio de venta por unidad. Se calcula de acuerdo con la ecuación [1.15] (Polimeni et al, 1997, pp .619-620).

$$Punto\ Equilibrio\ (\$) = Punto\ equilibrio\ (und) * Precio\ venta\ unitario \quad [1.15]$$

El cálculo desde cero del punto de equilibrio en términos monetarios de define mediante la ecuación [1.16].

$$Punto\ Equilibrio\ (\$) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{1 - Costos\ variables\ como\ \ \%\ de\ las\ ventas\ en\ \$} \quad [1.16]$$

El denominador de la ecuación es el margen de contribución por unidad dividido por el precio de venta y se denomina *coeficiente de margen de contribución*, por lo tanto, se puede expresar con la ecuación [1.17].

$$Punto\ Equilibrio\ (\$) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{Coeficiente\ del\ margen\ de\ contribución} \quad [1.17]$$

Para conocer el punto de equilibrio por producto, el resultado de la ecuación [1.13] se relaciona con la contribución porcentual de las ventas en unidades de cada producto.

Los cálculos anteriores consideran los costos fijos iguales para todos los productos, pero García (2008) sugiere identificar los costos fijos por cada producto o por centro de costo productivo, lo que dará mayor certeza a la dirección en la toma de decisiones (p. 290).

2. METODOLOGÍA

La Empresa en estudio es una empresa joven, que inició sus operaciones en el año 2013, con el lanzamiento al mercado de la Michelada Mix original en presentación de 210 mL, producida por una empresa maquiladora.

En el transcurso de dos años, la empresa diversificó sus productos con el lanzamiento de Michelada Mix picante, en presentaciones de 210 y 540 mL, y Michelada Mix sabor a maracuyá de 210 mL. Entre todas las presentaciones de Michelada Mix, el volumen de producción creció de 14 000 unidades/año, en 2013, a 140 000 unidades/año, en 2015.

La empresa maquiladora se encarga de todo el proceso productivo, que implica recepción y almacenamiento de materias primas y material de empaque, producción (cocción, etiquetado, codificado, envasado, tapado, empacado, armado de paletas), liberación de los materiales, producto en proceso, producto terminado y despacho del mismo.

En un ajuste de políticas de ventas de la empresa maquiladora, la empresa en estudio se vio afectada en los siguientes aspectos: incremento de unidades mínimas de compra, rubro adicional por manejo de inventario de producto terminado e incremento del 10 % en el precio de la maquila. Estas reformas trajeron consigo repercusiones negativas como la generación excesiva de producto caducado, que quedó en bodegas por exceso de oferta; y, la reducción del margen de ganancia.

Además de la disminución en la rentabilidad, la imagen de la empresa ha decaído por la falta de control de calidad de la empresa maquiladora, pues se han recibido reclamos de la cadena de autoservicios más grande del país; los mismos que van desde envases deformados, errores en codificación hasta etiquetas defectuosas por errores durante el termoformado. Se hace evidente la necesidad de controlar la calidad del proceso productivo, algo que actualmente no es posible bajo las cláusulas del contrato con la maquiladora.

En estas condiciones, la empresa en estudio decide investigar la opción de invertir en el montaje de una planta procesadora propia, que controle los costos unitarios y cumpla con los estándares de calidad, mediante el diseño de un proceso especializado que garantice flujos óptimos, operaciones efectivas, higiénicas y seguras, manejo eficiente de inventarios y logística, en un sitio estratégico que optimice las actividades de la empresa a un costo razonable.

2.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La ubicación de la planta fue determinada mediante la Metodología de Factores Ponderados, con el apoyo técnico de un grupo de expertos conformado por el Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe de Ventas y Mercadeo, para establecer los factores predominantes y ponderar porcentualmente los factores que permitieron definir la ubicación adecuada de la planta.

2.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PREDOMINANTES

Para establecer los factores predominantes se emplearon los siguientes criterios:

1) **Cercanía a proveedores:** la empresa consideró que estar cerca de los proveedores facilitaría el manejo de inventarios bajos, sin incrementar los costos de transporte del material.
2) **Facilidad de transporte:** se revisó la existencia de vías que permitan movilizar al personal, materia prima e insumos.
3) **Costos de terrenos y Costos de instalación/construcción:** los costos de terrenos se buscaron en empresas inmobiliarias de la ciudad de Quito y los costos de instalación/construcción se obtuvieron de la Cámara de la Industria de la Construcción.
4) **Servicios básicos:** se revisó la existencia y el costo de los siguientes servicios: agua, luz, alcantarillado, servicio de recolección de basura y hospitales.
5) **Mano de obra calificada:** se definió que el requerimiento mínimo para el personal operativo es haber terminado el colegio, por lo que se analizó la presencia de unidades educativas alrededor de las posibles ubicaciones.

2.1.2 PONDERACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS FACTORES

Los factores se evaluaron mediante una tabla, en la cual se comparó cada factor versus todos los demás factores, con el objetivo de determinar la importancia relativa o el peso de cada uno. Se usó un valor restrictivo: 1 (Importante), 0 (No importante). Al final se contabilizó la cantidad de "unos" que cada factor obtuvo. Se totalizó el valor de todos los factores. Se determinó por ponderación el peso o importancia relativos de cada uno. La escala de calificación utilizada para valorar los factores se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Escala de calificación para los factores

SIGNIFICADO	VALOR
Excelente-Muy abundante	5
Muy buena - Abundante	4
Buena- Buena cantidad	3
Regular – Regular	2
Mala- Escasa	1

2.1.3 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES PREDOMINANTES

Para hacer la calificación de los factores predominantes se levantó información relevante de cada uno, extraída de diferentes fuentes formales como las páginas web de los Ministerios del Ambiente, Salud y Educación; así como, de las empresas EPMAPS y Eléctrica Quito, además del criterio de expertos. Cuando toda la información estuvo ordenada, el grupo de expertos se reunió para calificar las ubicaciones basadas en los factores predominantes.

En primer lugar, para ubicar zonas industriales acordes con las características de la empresa y las exigencias ambientales, se utilizó un plano de la provincia de Pichincha que mostraba las diferentes zonas industriales, de acuerdo con el nivel de impacto al que están autorizadas a soportar.

Posteriormente, se elaboró una tabla en cuya primera columna se enlistaron los nombres de los factores predominantes y en la segunda columna, el peso relativo de cada uno. La tercera, cuarta y quinta columna se destinaron para calificar cada una de las posibles ubicaciones. En las columnas seis, siete y ocho se multiplicó la columna de peso por la calificación obtenida de cada ubicación. Al final, se realizó una sumatoria de los valores de las columnas seis, siete y ocho, de manera independiente. La columna que obtuvo el mayor puntaje fue la seleccionada como ubicación óptima.

2.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Los datos utilizados para estimar la demanda se recogieron del archivo digital “Ventas por artículo” y del reporte del sistema “ERP BEMUS” relacionados con las ventas de la empresa en el año 2014 y que detalla la fecha, empresa o persona natural que adquirió el producto, número de factura, cantidad de producto que se despachó, valor de la factura, IVA y nota de crédito. En la Tabla 2.2., a manera de ejemplo, se muestra el archivo “Venta por Producto” correspondiente a algunos movimientos de los meses de enero y febrero de 2014. Cabe mencionar que los datos del año 2014 no se utilizaron para la estimación de la demanda por ser los del ciclo de vida del producto.

Para realizar el cálculo de la demanda se usaron los datos de las ventas de los años 2015 y 2016, eliminando aquellos datos que generaban “ruido”, es decir aquellos datos que tienen un comportamiento anormal y que generalmente se producen cuando la empresa realiza impulsos a las ventas.

CLIENTE	FACTURA	FECHA	SUBTOTAL	IVA	TOTAL	RETENCION	NOTA CREDITO	A COBRAR	COBRADO	SALDO	ORDEN INGRESO	UNIDADES ORIGINAL 210	UNIDADES HOT FIESTA 210	UNIDADES ORIGINAL 540G	UNIDADES HOT FIESTA 540	UNIDADES MARACUYA 210
LEMA LASLUISA	34	03-Ene-14	79.92	9.59	89.51	0.00	89.51	0.00		0.00	214	36	0	0	0	0
HELLER EL GRIEGO	32	13-Ene-14	213.12	25.57	238.69	2.13	0.00	236.56	236.56	0.00	131	96	0	0	0	0
JORGE SAGUAY LA CIGARRA	33	13-Ene-14	79.92	9.59	89.51	0.80	0.00	88.71	88.71	0.00	9	36	0	0	0	0
ALMACENES JUAN ELJURI CIA LTDA	46	15-Ene-14	633.00	75.96	708.96	29.12	0.00	679.84	679.84	0.00	7	300	0	0	0	0
CORPORACION FAVORITA	35	17-Ene-14	1092.00	131.04	1223.04	50.23	0.00	1172.81	1172.81	0.00	324	600	0	0	0	0
CORPORACION EL ROSADO	28	22-Ene-14	1884.46	226.10	2115.80	86.86	0.00	2028.94	2028.94	0.00	28	984	0	0	0	0
POPULAR	49	22-Ene-14	23.04	2.76	25.80	1.06	0.00	24.74	24.74	0.00	17	12	0	0	0	0
FABIAN SANCHEZ SESAME	50	22-Ene-14	26.64	3.20	29.84	0.00	0.00	29.84	29.84	0.00	78	12	0	0	0	0
CORPORACION EL ROSADO	42	27-Ene-14	115.15	13.82	128.97	5.30	0.00	123.67	123.67	0.00	28	60	0	0	0	0
DIOCLE CASANOVA	51	01-Feb-14	138.24	16.59	154.83	6.36	154.83	148.47		0.00	224	72	0	0	0	0
CORPORACION FAVORITA	36	04-Feb-14	436.80	2.76	489.21	20.10	0.00	469.11	469.12	0.00	18	240	0	0	0	0
ICCO	52	04-Feb-14	655.20	78.62	733.82	30.14	0.00	703.68	703.68	0.00	16	360	0	0	0	0
POPULAR	53	06-Feb-14	23.04	2.76	25.80	1.06	0.00	24.74	24.74	0.00	33	12	0	0	0	0
ROSALES EMMERSON SAFARI	61	06-Feb-14	106.56	12.79	119.35	1.07	0.00	118.28	118.28	0.00	22	48	0	0	0	0
ROSA CELINA NARVAEZ EL PATRICIA	62	06-Feb-14	26.64	3.20	29.84	0.27	0.00	29.57	29.57	0.00	13	12	0	0	0	0
KIESBL ELOY ALFARO	63	10-Feb-14	13.32	1.60	14.92	0.13	0.00	14.79	14.79	0.00	21	6	0	0	0	0
CORPORACION FAVORITA	54	11-Feb-14	2184.00	262.08	2446.08	100.46	0.00	2345.62	2295.62	-50.00	19	1200	0	0	0	0
AZENBEF	64	11-Feb-14	276.48	33.18	309.66	2.76	0.00	306.90	306.90	0.00	15	144	0	0	0	0
CORPORACION EL ROSADO	68	11-Feb-14	23.03	2.76	25.79	1.06	0.00	24.73	24.73	0.00	45	12	0	0	0	0
CORPORACION EL ROSADO	58	13-Feb-14	1151.50	138.18	1289.68	52.96	0.00	1236.72	1236.72	0.00	45	600	0	0	0	0
CORPORACION FAVORITA	56	18-Feb-14	2184.00	262.08	2446.08	100.46	0.00	2345.62	2345.62	0.00	23	1200	0	0	0	0
ORTIZ CORAL CENTRO	66	21-Feb-14	69.12	8.29	77.41	3.18	0.00	74.23	74.23	0.00	20	36	0	0	0	0

Figura 2.1.. Venta por SKU
(La empresa en estudio, 2016)

Las ventas en unidades de Michelada Mix se tabularon por trimestres y años. Los resultados de esta tabulación se muestran en la Tabla AI.1. El comportamiento de las ventas por producto se muestra gráficamente en la Figura AI.1.

Para el cálculo de la demanda se determinó el peso unificado en kg de los cinco artículos de la familia Michelada Mix por trimestre; para esto se transformaron los valores de unidades a kg y se totalizaron. El resultado de esta tabulación, que fue la base para realizar las proyecciones, se muestra en la Tabla AI.2.

La determinación de la proyección de las ventas en kg se hizo con dos métodos, uno cuantitativo y otro cualitativo. El método cuantitativo se basó en la regresión lineal acumulada, realizada con ayuda del programa Microsoft Excel para graficar las ventas reales acumuladas por trimestre en kg en función del tiempo. Al gráfico se añadió la línea de tendencia, la ecuación de la recta y el coeficiente de correlación. La ecuación de la recta sirvió para proyectar las ventas acumuladas

desde el trimestre 1 hasta el 16. El modelo consideró una medida de error que es la diferencia absoluta entre las ventas acumuladas reales (kg) y las ventas acumuladas proyectadas (kg) divido para las ventas acumuladas reales (kg) multiplicado por 100. Este valor porcentual restado de 100 % da como resultado lo acertado del método utilizado. El modelo de pronóstico se validó con el Gerente General, el Jefe de Operaciones y el Jefe de Mercadeo.

La aplicación del método cualitativo se realizó con la participación de un Jurado de opinión ejecutiva (Gerente General, Jefe de Operaciones y Jefe de Mercadeo). Durante la reunión, se comunicó que los productos de la familia Michelada Mix se están negociando en el mercado internacional, específicamente en una corporación multinacional de USA para vender un contenedor de 20 pies^3 cada 45 días; además, el Departamento de Mercadeo dio a conocer el diseño de los 30 nuevos productos que la compañía espera incorporar a su portafolio y que deben considerarse en la estimación de la capacidad de la nueva planta.

El cálculo del nuevo volumen de producto en proceso y materiales se hizo basado en el mix porcentual actual que tiene la familia Michelada Mix en el mercado nacional, de acuerdo con las siguientes etapas:

1) Cálculo del número de paletas que caben en un contenedor de 20 pies^3.
2) Determinación de la cantidad de cajas por producto que caben en una paleta. estándar, de acuerdo con las limitaciones del material de empaque.
3) Aplicación del mix porcentual a la cantidad de paletas del contenedor.

2.3 DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Para la elaboración de las cinco presentaciones de Michelada Mix, se consideró la adquisición de equipos flexibles que respondan a las variaciones de volumen y etiquetado.

La proyección de crecimiento de la empresa contempló tanto el crecimiento de las ventas de los productos de la familia Michelada Mix, como la incorporación de los nuevos productos, que se encuentran en la planeación estratégica de la compañía.

Esto obligó a planificar equipos que favorezcan la fabricación de productos de diferente naturaleza, que van desde condimentos y salsas, hasta deshidratados. Para lograrlo se mantuvieron las mismas operaciones unitarias básicas, pero se implementaron ajustes en tamaños de equipos, sistema de envasado y almacenaje temporal de los productos en proceso.

a) Capacidad de la planta

Para establecer la capacidad de la planta se requirieron dos entradas esenciales: volumen a producir proveniente de la estimación de la demanda y el tiempo demandado para elaborar un producto.

Para el cálculo del volumen se tomaron en cuenta los resultados de las proyecciones de la demanda, basadas en el histórico de la empresa, la proyección para exportar productos de la familia Michelada Mix y la perspectiva de creación de otras marcas. La suma de los tres valores y el establecimiento de un colchón de capacidad, dieron como resultado la capacidad requerida para la planta.

El tiempo utilizado para elaborar un producto se asumió que era igual al tiempo estándar de la empresa maquiladora, dado que no hay experiencia propia, con lo cual se pudo determinar la cantidad y/o capacidad de equipos y mano de obra necesarios para satisfacer el volumen proyectado.

El cálculo del número de máquinas se realizó con los siguientes pasos:

1) Se cotizó una máquina envasadora semiautomática que permita procesar productos, con características similares a la Michelada Mix.
2) Se promediaron los volúmenes de las presentaciones de Michelada Mix que están en el mercado; es decir, 210 mL y 540 mL, dando como resultado 375 mL.

Se consideraron 7 horas/día de operación, pues una hora es destinada para cubrir las necesidades de alistamiento del equipo, limpieza de equipos, utensilios y área de trabajo, además del descanso del personal operativo.

3) Se determinaron los kg de Michelada Mix por hora proyectados a vender, dividiendo el requerimiento mensual para las horas que se trabaja al mes según la ley.
4) Finalmente, se calculó el número de máquinas necesarias a comprar, mediante la relación de kg/hora de Michelada Mix a vender y la capacidad de envasar de la maquinar (apartado 1). El resultado se redondeó al inmediato superior.

El número de operarios se calculó bajo el siguiente esquema:

1) Se calculó el requerimiento mensual de Michelada Mix expresado en kg por tipo de producto basado en la distribución porcentual en el mercado, tal como se muestra en la Figura AI-3., multiplicado por la proyección de venta mensual. El resultado se expresó en kg/h.
2) Se trabajó con el tiempo estándar por producto de la empresa maquiladora expresado en unidades por hora-hombre. Las unidades se expresaron en kg.
3) Se dividió el resultado de la demanda en kg/h para el estándar en kg/h-h.
4) Se sumó el valor del requerimiento para mano de obra de todas las presentaciones y se redondeó número al inmediato superior.

b) Selección de equipos

Los equipos se seleccionaron de manera que satisfagan las operaciones unitarias del proceso productivo y permitan garantizar la inocuidad y calidad de los productos.

Las características generales de estos fueron 1) diseño sanitario para reducir riesgos por contaminación microbiológica, facilidad de limpieza y proteger la inocuidad del producto y 2) material de acero inoxidable de grado 316 para aquellos equipos que fueran a estar en contacto directo con el producto. Se consideró que

la naturaleza ácida de la Michelada Mix provoca un deterioro acelerado de los equipos y el acero inoxidable 316 brinda mayor resistencia a la corrosión, además de propiedades antibacterianas y de menor mantenimiento.

c) Dimensionamiento de los equipos

El dimensionamiento de los equipos se realizó basado en el cálculo de la proyección de la demanda mensual y de la proyección de crecimiento de la empresa, considerando los catálogos de equipos que se ajusten a esta necesidad.

2.4 DISEÑO DEL LAYOUT DE LA PLANTA

Para el diseño del layout funcional o por procesos de la planta se siguieron tres pasos:

2.4.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información consistió en determinar el área de todo aquello que iba a ocupar espacio. Las áreas se agruparon en tres categorías: servicios auxiliares y para empleados; maquinaria y equipos; y, manejo de materiales.

2.4.1.1 Servicios auxiliares y para empleados

Los servicios auxiliares se seleccionaron de acuerdo con el flujo de producción y se establecieron criterios para el cálculo. Los servicios analizados fueron:

1) Recepción y Envíos

Se consideró que las áreas de recepción y envíos tienen requerimientos similares en cuanto a espacio, número de personas y volumen de información; pero se plantea en áreas independientes.

2) Bodegas

Se consideraron dos bodegas básicas: la bodega de materia prima y material de empaque y la bodega de producto terminado. Ambas bodegas manejarán una política de inventarios que permita responder de manera inmediata al cliente.

El cálculo para determinar el espacio de la bodega de materia prima fue el siguiente:

a) Se sumaron los kg de los productos en proceso de Micheladas Mix del mismo sabor, basado en la Tabla AI-3.
b) Se enlistaron las materias primas con el respectivo porcentaje de participación en la fórmula maestra, como se detalla en el Anexo III. La empresa en estudio utiliza premezclas de los ingredientes en proporciones que solo el proveedor conoce con el objetivo de proteger la fórmula; el proveedor las denomina bases.
c) Se multiplicaron los kg de producto en proceso (punto a) por el porcentaje de participación de las materias primas (punto b) para obtener los kg de materias primas necesarias por sabor de producto.
d) Se averiguó con los proveedores de las materias primas, las características de las presentaciones y cantidades mínimas que ellos manejan expresados en kg.
e) Se dividieron los kg de materia prima por sabor (punto c) para las presentaciones (punto d) para conocer el número de unidades de la presentación del proveedor que es necesario almacenar.
f) Se consideró mantener por separado cada materia prima en paletas independientes y posiciones fijas.
g) Se incluyó un 50 % de espacio adicional por expansión.
h) Se calculó el requerimiento de pasillos y espacios para maniobrar los equipos de manejo de cargas
i) Se sumaron todos los espacios anteriores para dimensionar la bodega.

El cálculo para determinar el espacio de la bodega de material de empaque fue el siguiente:

a) Se enlistaron las unidades por presentación que se requerirán en el mes de acuerdo con la Tabla AI.3.
b) Se enlistaron los materiales de empaque con la respectiva unidad de participación en la fórmula maestra, como se detalla en el Anexo III.
c) Se averiguaron con los proveedores de los materiales de empaque, las características y cantidades mínimas de las presentaciones que ellos manejan.
d) Se multiplicaron las unidades por presentación (punto a) por las unidades de acuerdo con la fórmula maestra (punto b), para conocer la cantidad de unidades necesarias por mes de cada presentación.
e) Se consolidaron los materiales de empaque en común de las diferentes presentaciones y con las limitaciones del proveedor se definieron los volúmenes que es necesario adquirir.
f) Se dispusieron los envases y cajas en paletas por separado por cada presentación y las etiquetas en racks.
g) Se incluyó un 50 % de espacio adicional por expansión.
h) Se calculó el requerimiento de pasillos y espacios para maniobrar los equipos de manejo de cargas.
i) Se sumaron todos los espacios anteriores para la dimensión de la bodega.

La bodega de producto terminado almacenará en paletas todo el producto listo para ser despachado. El cálculo para esta área se realizó bajo el siguiente esquema:

a) Se determinó el número de paletas por presentación, basados en las Tablas AIV.1. y AIV.2.
b) Se incluyó un 50 % de espacio adicional por expansión.
c) Se calculó el requerimiento de pasillos y espacios para maniobrar los equipos de manejo de cargas.
d) Se sumaron todos los espacios anteriores para la dimensión de la bodega.

En todas las bodegas se consideraron espacios para equipos que manejen la carga, pasillos para el personal, adecuada limpieza, facilidades para manejar el

sistema PEPS (Primero en Expirar Primero en Salir), un área para la administración y control de los inventarios.

3) Cuarto de Mantenimiento y Herramientas

Se consideró un espacio para las herramientas de uso frecuente, a pesar de que el mantenimiento de la planta estará a cargo de una empresa tercerizada.

4) Instalaciones, calefacción y acondicionamiento de aire

Se consideró la instalación de acondicionamiento de aire, tableros eléctricos, compresor de aire, caldero y tanque de combustible que estarán ubicados al exterior de la planta para que no interrumpan el flujo regular. Para cada equipo que emana calor se consideró un espacio mínimo de 1,5 m de distancia entre el área de tránsito y el equipo.

5) Ingreso para empleados

El ingreso para empleados fue ubicado en los exteriores del área de planta y de las oficinas, pero cercano a los vestidores.

6) Cuarto de vestidores, excusados y sanitarios

Estas áreas se calcularon basadas en los requerimientos de la Tabla 1.2. y en el número de operarios que se obtuvo del cálculo de número de operadores en la sección 2.3. Capacidad de la Planta. Se mantuvo separadas las áreas de personal femenino y masculino. Las duchas serán comunes para hombres e individuales para mujeres. Se incluyeron pasillos para movilizarse.

7) Cafetería e instalaciones recreativas

El espacio para la cafetería consideró mesas, sillas, refrigerador para guardar el lunch, microondas, cafetera y un fregadero para mantener todo limpio. Esta área será para el uso de todo el personal de la empresa.

8) Departamento y Laboratorio de Calidad

Se consideró espacios para repisas y archivadores que almacenen la documentación del sistema de calidad, mesones para analizar y liberar las muestras de materia prima, material de empaque, producto en proceso y producto terminado, una bodega para guardar muestras de la materia prima y producto terminado, un laboratorio de microbiología, además un área para los equipos de liberación de los diferentes productos, oficina para el personal técnico y sala de reuniones.

9) Pasillos

Se calcularon los espacios destinados para pasillos considerando los equipos para el transporte de materiales, aplicando las Tablas 1.3. y 1.4.

10) Oficinas

El espacio para oficinas se determinó bajo el concepto de módulos y retícula. Los m^2 de un módulo estándar se multiplicó por el número de personas que van a laborar, considerando los espacios abiertos y de servicios, que incluyen baños para el personal femenino y el masculino. Se calculó un espacio del 25 % adicional por crecimiento futuro.

2.4.1.2 Determinación de espacio para maquinaria y equipo

Con el proceso ya definido, se determinaron las máquinas y equipos que van a formar parte del área de producción y las características dimensionales de cada

uno. Luego de obtener las características técnicas se aplicó el Método Guerchet, para obtener el área que ocupa cada equipo. Se calculó la constante K, con el promedio de altura nacional dividido para dos veces la altura promedio de los equipos detallados en el Anexo II.

2.4.1.3 Manejo de materiales

El equipo para realizar el manejo de materiales se estableció con tipos hidráulicos, su capacidad se determinó con base en una paleta típica para exportación de Michelada Mix de 540 mL, con un 50 % de holgura en su capacidad. Se decidió mantener uno por área para evitar el riesgo de contaminación cruzada.

2.4.2 DESARROLLO DE UN PLAN DE BLOQUE

El cálculo para el plan de bloque se dividió en dos grupos 1) Fabricación y 2) Administrativo. El área de Planta abarcó las áreas que tienen relación directa con la transformación del producto, es decir, recepción de materiales, bodegas de materia primas y producto terminado, porcionado de materiales, producción y despacho. El área Planta, comprendió las dependencias de Fabricación y todos aquellos departamentos que se requieren para administrar la empresa, es decir, oficinas administrativas, servicios para empleados y mantenimiento.

2.4.2.1 Plan de Bloque para área Fabricación

Para la obtención de un layout lógico y físico del grupo Fabricación se siguió la metodología de la Teoría de Grafos descrita con anterioridad en el capítulo 1. Las actividades realizadas se detallan a continuación:

1) Se diseñó la matriz REL, calificando las relaciones entre departamentos pertenecientes al bloque Fabricación por las prioridades de cercanía y razón, basados en la Tabla 1.9.
2) Se fijó una escala con base 3^x, esto le da un valor cuantitativo a la calificación, tal como muestra la Tabla 1.8., donde la A tiene mayor peso que la U.

3) Se calculó el TCR de cada departamento en función del 3^x (punto 4) y se ordenó en orden descendente. Los cuatro valores de TCR más altos formaron parte del tetraedro.
4) Se diseñó el tetraedro y se evaluó el TCR base, a partir de este de colocaron los departamentos faltantes en las diferentes superficies hasta lograr el grafo de mayor peso, considerando la cantidad máxima de arcos usando la fórmula (3N-6) y para el número máximo de superficies la fórmula (2N-4).
5) Se diseñó el layout lógico a través del grafo dual de peso máximo que determina el límite del layout.
6) Se diseñó un plano de bloques para la diagramación, realizando los correspondientes ajustes.
7) Se determinaron las áreas de los departamentos para obtener el diseño físico.

2.4.2.2 Plan de Bloque para Planta

La obtención de un layout lógico y físico del bloque Planta requirió la generación del diagrama de relaciones, la hoja de trabajo, el diagrama adimensional de bloques y el análisis de flujos.

A. Diagrama de relaciones

Para diseñar el Diagrama de relaciones (REL) se realizaron los siguientes pasos:

1) Se enumeraron y enlistaron los departamentos de la gráfica REL, como se mostró en la Figura 1.6. El departamento que encabezó la lista fue el de Fabricación.
2) Se especificó en las dos aristas del triángulo la numeración del punto 1, con el objetivo de facilitar el análisis de la relación entre los departamentos.
3) Se calificó la relación entre cada departamento, usando los códigos literales detallados en la Tabla 1.9.
4) Se aplicó la ecuación [1.7] para determinar el número de relaciones que podían existir y la Tabla 1.9. para estimar cuántos códigos A, E, I, O deben existir durante el análisis.

B. Hoja de trabajo

Con las mismas relaciones que se utilizaron en el diagrama de relaciones se manejó el siguiente esquema:

1) Se enlistaron los departamentos al lado izquierdo.
2) Se prepararon seis columnas junto al listado de los departamentos. Cada columna correspondió a un código de relación (A, E, I, O, U, X).
3) Se registró en cada columna el número del departamento que representa el código asignado.

El resultado fue la hoja de trabajo que resumió qué departamentos tenían tal o cual código.

C. Diagrama adimensional de bloques

Para diseñar el diagrama adimensional de bloques se procedió a manejar el siguiente esquema:

1) Se cortaron cuadrados del mismo tamaño (2 x 2 cm) en igual cantidad que los departamentos enlistados.
2) Se enumeró cada cuadrado según el departamento que representó.
3) Se anotó en cada cuadrado el número de los departamentos con los que tiene relación, manteniendo el siguiente esquema:
    a) Códigos A: esquina superior izquierda
    b) Códigos E: esquina superior derecha.
    c) Códigos I: esquina inferior izquierda
    d) Códigos O: esquina inferior derecha
    e) Códigos U: se omiten
    f) Códigos X: junto al número del departamento.
4) Con las plantillas listas se generaron varias posibles ubicaciones, siempre buscando satisfacer la mayoría de relaciones.

Un esquema de cómo quedaron representados los departamentos se muestra en la Figura 2.1.

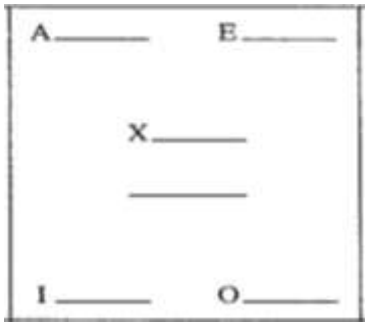


Figura 2.2. Diagrama del esquema adimensional de bloques

2.4.3 DISTRIBUCIÓN DETALLADA

La distribución detallada plasmó en varios planos las diferentes áreas y equipos que se consideraron en la elaboración del plano. Con el diseño de la planta, fue necesario realizar un análisis del flujo de la planta.

2.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

La determinación del punto de equilibrio requirió realizar la proyección del estado de resultados para el periodo de tiempo del crédito que se pretende solicitar.

El ingreso se calculó con la proyección de la demanda en unidades, de acuerdo con el mix de productos detallado en la Tabla AI.3. La demanda se multiplicó por el precio de venta que se oferta al principal cliente. Los ingresos totales divididos para las unidades totales proyectadas permitieron obtener el precio unitario promedio.

La nómina quedó conformada con la mano de obra directa que se encargaría de la elaboración del producto y el personal necesario para la administración, ventas, dirección y control de la planta.

Los costos y gastos incluyeron rubros como depreciaciones, préstamos al banco, uniformes, mantenimiento, herramientas, suministros de limpieza, gastos indirectos de fabricación, mano de obra directa e indirecta, personal administrativo y de ventas.

El costo del consumo de materia prima y material de empaque se calculó con las fórmulas maestras detalladas en el Anexo III. El costo unitario de estos insumos se multiplicó por el volumen proyectado de la demanda, según el mix esperado.

Los rubros como mano de obra directa o indirecta, administrativos, ventas o Indirectos de fabricación fueron clasificados por tipo de gasto. Con estos datos se determinaron los costos fijos totales y unitarios. El detalle se encuentra en el Anexo IX.

El punto de equilibrio se expresó en número de unidades, obteniendo al dividir los costos fijos promedio para la resta entre el precio unitario promedio y el costo variable unitario. Este resultado también se lo expresó en unidades monetarias mediante la aplicación de la ecuación [1.13], multiplicando el punto de equilibrio en unidades por el precio de venta unitario promedio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En el año 2012, la empresa en estudio contrató el servicio de una empresa maquiladora para la elaboración de Michelada Mix original. Esta empresa aceptó el contrato, a pesar de que se especializaban en la preparación de productos cuyo peso promedio es de 4 kg, que se venden en galones y baldes. Además, su negocio se mueve en un segmento de mercado donde se negocia el precio antes que la calidad. Los equipos del área de producción de la empresa maquiladora están apropiadamente diseñados para la elaboración de las presentaciones mencionadas.

La producción de Michelada Mix requiere la ejecución de las siguientes etapas básicas:

1) **Cocción**: la empresa en estudio necesita cocer volúmenes pequeños (200-500 kg) por cada sabor de Michelada Mix y la empresa maquiladora cocina lotes mínimo de 800 kg pues sus marmitas tienen capacidad para cocinar hasta 1 000 kg.
2) **Enfriado**: el producto en proceso se almacena temporalmente en un tanque de acero inoxidable de 500 kg hasta que la Michelada Mix llegue a temperaturas menores a 35 ºC, pues el material de empaque es PET y se deforma a temperaturas superiores. Esta operación no es común a los productos que se elaboran en este centro de trabajo.
3) **Etiquetado y codificado**: Se prepara el material de acuerdo con el pedido de la empresa en estudio, se adapta una banda transportadora, con la etiquetadora automática y la codificadora de tinta usada en la línea regular. Los envases son colocados al inicio de la banda, la etiquetadora detecta mediante un sensor la presencia de la botella y una etiqueta adhesiva es colocada en el envase, inmediatamente, el sensor de la codificadora de tinta detecta la etiqueta e imprime la información de precio, fecha de elaboración y caducidad y el lote. Este proceso se genera fuera de horario regular pues normalmente estos equipos se encuentran instalados en otras líneas de producción.

4) **Envasado**: las llenadoras semiautomáticas tienen un margen de variación de ±30 g en los productos de línea, valores que para las presentaciones de la empresa en estudio son altos e inadmisibles, por lo que durante el envasado al usar estas máquinas se requiere una actividad adicional de relleno manual para alcanzar el volumen declarado.
5) **Tapado:** la tapadora semiautomática está diseñada para tapas #42, pero la Michelada Mix utiliza tapa #28. La empresa maquiladora decidió hacer el tapado manual y no hizo ninguna inversión que agilite este proceso pues los volúmenes son bajos.
6) **Empacado:** se utiliza el mismo proceso que para el resto de la línea. Se arma la caja con una embaladora manual e inmediatamente se colocan las unidades en la caja, según lo solicitado por la empresa en estudio.

Además de las limitaciones de maquinaria, existen factores que afectan al centro de trabajo donde se elabora la Michelada Mix, como:

1) La productividad de la mano de obra (kg procesado/hora hombre) se reduce pues los kg producidos disminuyeron un 2 % y el costo de la mano de obra se incrementó durante los meses que se produjo Michelada Mix. Esta información se revisa en la reunión entre las Gerencias de ambas empresas.
2) Existe un incremento en el rubro de salarios, por pago de horas extras al personal que prepara el material para la Michelada Mix fuera de la jornada regular.

La empresa maquiladora, con el objetivo de reducir estos impactos, movió la producción de la Michelada Mix a otro centro de trabajo de la misma empresa maquiladora, pero obtuvo resultados similares.

Las limitaciones mencionadas provocaron que la empresa maquiladora le comunique a la empresa en estudio un incremento del 10 % del valor de la maquila, para compensar el desbalance que se origina al incluir estos productos a uno u otro centro de trabajo, sin tener los equipos adecuados.

La empresa en estudio busca otras opciones para frenar el incremento del costo que la empresa maquiladora le precisa, además, busca ampliar su portafolio de

productos, lo que es imposible en las condiciones actuales. Una opción es establecer una planta para procesar Michelada Mix. El objetivo de este proyecto es determinar la factibilidad de esta opción.

3.2 DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA

La ubicación de la planta se determinó mediante el Método de los Factores Ponderados, de acuerdo con lo descrito en el subcapítulo 2.1. La reunión con el Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe de Ventas y Mercadeo arrojó una lista de factores y de los cuales se seleccionó a los considerados como predominantes. El tratamiento que se dio a estos factores se detalla a continuación.

3.2.1 PONDERACIÓN PORCENTUAL DE LOS FACTORES PREDOMINANTES

Los factores predominantes fueron calificados utilizando valores restrictivos (1 y 0) que le dan la importancia de uno respecto al otro, el detalle de la calificación se encuentra en las columnas de la 1-6, la columna 7 es la suma aritmética de los valores restrictivos, posteriormente ponderados porcentualmente y mostrados en la columna 8 de la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Ponderación porcentual de los factores

Factores	Cercanía a proveedores	Facilidad de transporte	Costos de terrenos	Costos de instalación	Servicios básicos	Mano obra calificada	**Conteo**	**Ponderación**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Cercanía a proveedores		0	0	1	0	0	1	6,25 %
Facilidad de transporte	1		1	1	0	1	4	25,00 %
Costos de terrenos	1	0		0	0	1	2	12,50 %
Costos de instalación	0	0	1		0	0	1	6,25 %
Servicios básicos	1	1	1	1		1	5	31,25 %
Mano obra calificada	1	0	1	1	0		3	18,75 %
						TOTAL	16	100,00 %

El factor que obtuvo el mayor peso relativo fue “Servicios básicos”, que abarca los servicios de agua, luz, recolección de basura y casas de salud cercanas. De acuerdo con el grupo de expertos (Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe de Ventas y Mercadeo) este factor influye en la calidad del producto como en el desempeño del trabajador. Interviene en el proceso, pues el agua es una materia prima y el insumo esencial en la limpieza. Una oportuna evacuación de los desechos evita la proliferación de plagas. La energía eléctrica es requerida para el funcionamiento de los equipos. El trabajador se siente más tranquilo al tener casas de salud cercanas.

Los factores predominantes de menor peso fueron “Cercanía a proveedores “y “Costos de Instalación”. El factor “Cercanía a proveedores” obtuvo una ponderación del 6,25 %, pues actualmente la empresa maquiladora recibe materiales para el procesamiento, desde diferentes partes del país, como son Guayaquil y Cuenca. El efecto de este factor se controla con una correcta programación en la compra de materiales. El factor “Costos de Instalación”, cuya calificación fue también del 6,25 %, fue analizado bajo el criterio de que existiría una seria afectación, en el caso de que la ubicación fuera a realizarse en zonas escasamente pobladas, donde el traslado de materiales y personal calificado para las actividades de instalación marcan un rubro significativo.

3.2.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES PREDOMINANTES

El análisis inició con la premisa que la planta debía estar ubicada en la provincia de Pichincha por la cercanía al cliente más importante. La Secretaria de Ambiente junto con la Secretaría de Desarrollo Productivo y Competitividad, en el año 2010, levantaron un mapa de la Contaminación, población y zonas industriales de Pichincha, que se muestra en la Figura 3.1.

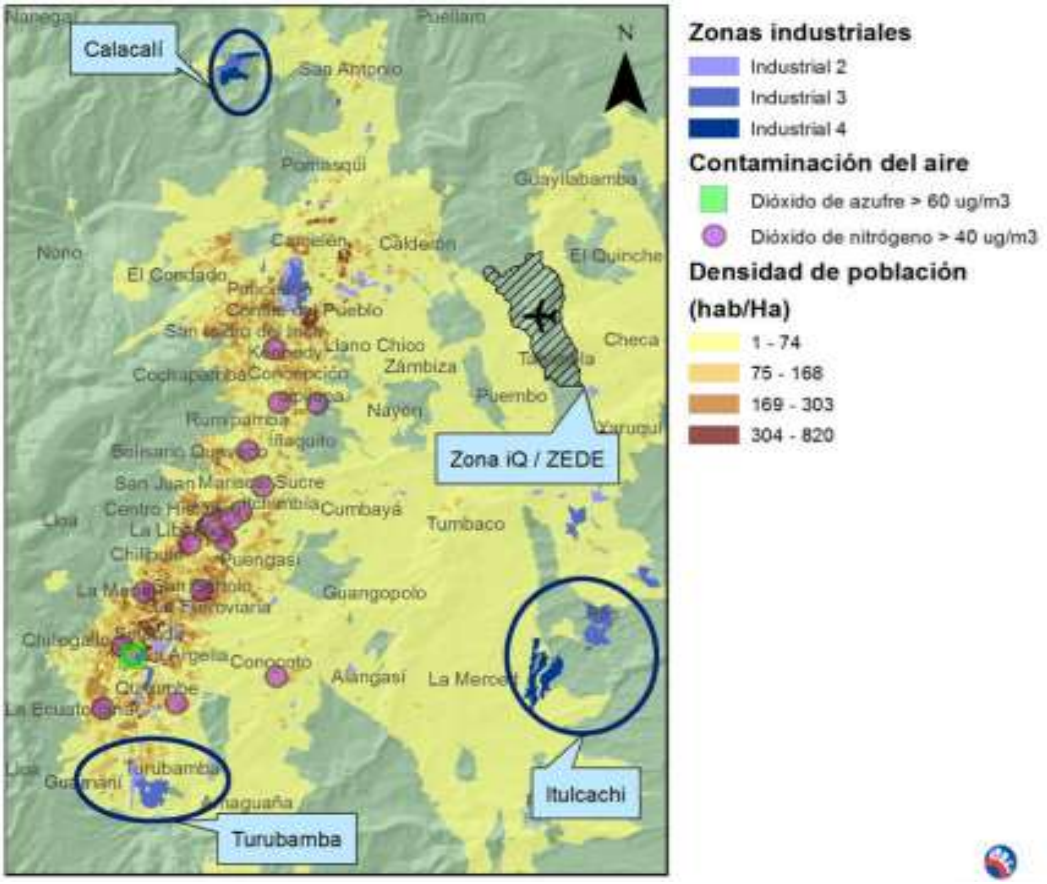


Figura 3.1. Contaminación, población y zonas industriales de Pichincha
(Fuente: Secretaria de Ambiente, Secretaria de Desarrollo Productivo y Competitividad. PUOS 2011 y CPV 2010. Elaborado por Instituto de la Ciudad)

En la Figura 3.1. se observan las zonas destinadas para la instalación de empresas calificadas como Industrial 2, como es el caso de la empresa en estudio. Existen algunas opciones para la localización, por lo que preseleccionaron las siguientes posibilidades de ubicación para la planta industrial por las ventajas que presentan, como logística hacia uno u otro proveedor o cliente importante, cercanía de empresas que podrían dar soporte en áreas de la planta como mantenimiento, logística, servicios, etc. Estas fueron:

1) Carcelén (Norte de Quito)
2) Uyumbicho (Mejía)
3) Guamaní (Sur de Quito)

Los factores predominantes, independientemente de la calificación obtenida, se analizaron uno a uno, como se detalla a continuación.

A. Cercanía a proveedores

Actualmente, la empresa en estudio cuenta con proveedores de materia prima, material de empaque e insumos a nivel nacional, ubicados en Pichincha, Guayas y Azuay. Se seleccionaron los proveedores que se encuentran en la provincia de Pichincha, específicamente en la ciudad de Quito, debido a que la frecuencia de entrega de inventario es semanal. Los proveedores ubicados fuera de la provincia de Pichincha, debido a su baja rotación, tienen frecuencia de entrega entre 45 y 60 días.

La Tabla 3.2. refleja la distancia en km desde las 3 posibles ubicaciones hacia los 3 principales proveedores radicados en Pichincha.

Tabla 3.2. Distancia (km) entre las posibles ubicaciones de la empresa y los principales proveedores de la ciudad de Quito

	Hacia / Desde	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Distancia promedio (km)
Posibles ubicaciones	Carcelén	0	9	0	3
	Uyumbicho	60	30	60	50
	Guamaní	44	19	45	36

La ubicación que se encuentra a menor distancia de los proveedores analizados es Carcelén, cuya distancia promedio se calculó en 3 km. Mientras que, Uyumbicho es la ubicación que se encuentra más distante de los proveedores considerados de mayor relevancia.

B. Facilidad de transporte

El factor predominante “Facilidad de transporte” contempló la movilidad de la materia prima, de los insumos, del producto terminado y del personal. La materia prima e insumos no deben tener retrasos por falta de accesibilidad a la planta, ya que esto puede llevar a incumplimientos en ambos sentidos de la cadena de abastecimiento. La Tabla 3.3. menciona las principales vías de acceso a las posibles ubicaciones de la planta industrial.

Tabla 3.3. Vías cercanas a las posibles ubicaciones

Posibles ubicaciones	**Vías cercanas**
Carcelén	Av. Galo Plaza Lasso, Av. Eloy Alfaro, Av. 6 de Diciembre, Av. Simón Bolívar
Uyumbicho	Autopista Av. General Rumiñahui, Av. Simón Bolívar
Guamaní	Av. Mariscal Antonio José de Sucre, Av. Simón Bolívar, Av. La Ecuatoriana, Av. Morán Valverde, Av. Pedro Vicente Maldonado

Las principales avenidas que atraviesan estos sectores se conectan con facilidad a la Av. Simón Bolívar, que recorre la ciudad de Norte a Sur. El sector de Guamaní tiene mayor cantidad de vías que permitirían una fácil movilización tanto de mercadería como del personal. Uyumbicho está atravesado principalmente por la Autopista General Rumiñahui, que es altamente transitada, pero tiene un reducido número de carriles, lo que provoca un sector congestionado por tráfico pesado y liviano.

Cerca de las posibles ubicaciones, deben existir líneas de transporte público para que el personal se movilice sin inconveniente, caso contrario la empresa podría incurrir en gastos adicionales por transporte del personal. La Tabla 3.4. muestra los servicios de transporte público con los que cuentan las posibles ubicaciones.

Tabla 3.4. Servicios de transporte público cercanos a las posibles ubicaciones

Posibles ubicaciones	**Servicio de Transporte Público**
Carcelén	Alimentadores Trolebus, Ecovía, Metrobus
Uyumbicho	Cooperativa Carlos Brito, Mejía
Guamaní	Alimentadores Trolebus, Ecovía

El Distrito Metropolitano de Quito cuenta con servicios de transporte público a costos accesibles, estos a su vez tienen buses de alimentación que cubren amplias zonas de la ciudad. Hacia Uyumbicho hay dos cooperativas que cubren esta ruta.

C. Costos de terrenos

Los costos de terreno y de la construcción son rubros que afectan el flujo de caja a largo plazo, por lo cual, esta decisión se debe tomar con cautela. La Tabla 3.5. muestra el costo por m^2 de cuatro terrenos que se encontraron disponibles en las zonas de las posibles ubicaciones y la última columna, muestra un promedio de los costos. La información se obtuvo de páginas web de inmobiliarias reconocidas en el medio.

Tabla 3.5. Costo de terrenos en las posibles ubicaciones en $/m^2

	Costo de terrenos ($/m²)				**Promedio costo terrenos ($/m²)**
Posibles ubicaciones	**Terreno 1**	**Terreno 2**	**Terreno 3**	**Terreno 4**	
Carcelén	101,0	150,0	136,0	133,0	130,00
Uyumbicho	37,0	50,0	25,0	45,0	39,25
Guamaní	73,0	140,0	242,0	150,0	151,3

El sector de Uyumbicho presenta un menor costo por m^2, en comparación con los terrenos de las otras posibles ubicaciones.

3.2.2.1 Servicios básicos

Los servicios básicos analizados fueron el costo de la luz, recolección de desechos sólidos y agua; la información fue obtenida de las empresas que brindan estos servicios. Además, se investigó la presencia de casas de salud pública en los sectores de las posibles ubicaciones. Los detalles de estos rubros se encuentran en las Tablas 3.6., 3.7. y 3.8.

La Tabla 3.6. detalla los costos por consumo de energía eléctrica (kWh) para la categoría Industriales, que la empresa eléctrica lo clasifica como B.6.5.

Tabla 3.6. Costos por consumo de energía eléctrica (kWh)

Rango de consumo (kWh)	Demanda (US$/kW)	Cargos Tarifarios (US$)	Descripción	Comercialización (US$/Consumidor)
Industriales Categoría B,6,5	4,053		Mensuales por cada kW de demanda facturable como mínimo de pago sin derecho a consumo, multiplicado por el factor de consumo (FC)	1,414
			Lunes-Viernes	
		0,071	Por cada kWh, en función de la energía consumida en el periodo de demanda media (08:00 a 18:00)	
		0,083	Por cada kWh, en función de la energía consumida en el periodo de punta (18:00 a 22:00)	
		0,061	Por cada kWh, en función de la energía consumida en el periodo de base (22:00 a 08:00)	
			Sábados, Domingos, Feriados	
		0,071	Por cada kWh, en función de la energía consumida en el periodo de punta (18:00 a 22:00)	
		0,061	Por cada kWh, en función de la energía consumida en el periodo de base (22:00 a 18:00)	

Extracto Pliego Tarifario vigente EEQ enero 2016

La empresa EEQ tiene una tarifa para las industrias, pero existe una diferencia en el costo por kWh dependiendo del día y la hora de trabajo; la tarifa más cara es de lunes a viernes en horario de 18:00 a 22:00. Por lo tanto, el costo kWh, dependerá de las jornadas de trabajo de la planta.

La Tabla 3.7. detalla la tasa que se cobra por recolección de desechos sólidos, la cual guarda estrecha relación con la Tabla 3.6.; pues la tasa de recolección de desechos sólidos se calcula con base en el consumo de kWh con un coeficiente que varía dependiendo del cantón en que se encuentre.

Tabla 3.7. Tasa recolección de desechos sólidos

Cantón	**Coeficiente * Base imponible (planilla por consumo)**
Quito	0,153
Mejía	0,130

Extracto Anexo Pliego Tarifario EEQ enero 2016 para el cálculo de Recolección desechos sólidos, pp. 1-2

El coeficiente se calcula con el valor de la planilla sin subsidio. La tasa de recolección de desechos sólidos es más alta en el cantón Quito, independientemente de la ubicación.

La Tabla 3.8. detalla como la EPMAPS maneja el cálculo del costo del agua de acuerdo con los m^3 consumidos, existe diferencia entre el consumo residencial y el comercial, pero no por zonas.

Tabla 3.8. Costos de consumo de agua potable

Tipo de Consumo/ Rubro	**Comercial e Industrial**	**Doméstico, Oficial y Municipal**		
		0-11 m^3	**12-18 m^3**	**>18 m^3**
Cargo fijo conexión (USD)	2,10	0,00	3,41	6,42
Tarifa (USD/m^3)	0,72	0,31	0,43	0,72

Pliego Tarifario EPMAPS, 2015, p. 1

El costo por consumo de agua potable (USD/m^3), para el sector comercial e industrial es el más alto, independientemente de la zona en la que se ubique.

La Tabla 3.9. muestra las casas de salud que se encuentran en las zonas de las posibles ubicaciones. Este factor influye en el bienestar del personal tanto para controles como para una emergencia.

Tabla 3.9. Casas de salud públicas ubicadas en las posibles ubicaciones

Carcelén	San Francisco de Quito IESS, Hospital Oncológico Solca Núcleo de Quito, Hospital Pablo Arturo Suárez, Centro de Medicina Familiar VozAndes, Hospital General Docente Calderón
Uyumbicho	Hospital Cantonal de Sangolquí, Hospital del Día del IESS Sangolquí
Guamaní	Hospital Padre Carolo, Un canto a la vida, Hospital de especialidades San Bartolo, Hospital del Día Eloy Alfaro

El sector de Carcelén tiene un mayor número de casas de salud; mientras que Uyumbicho no existen y es necesario trasladarse hasta Sangolquí para atención médica estatal.

3.2.2.2 Mano de obra calificada

De acuerdo con la información recopilada del Ministerio de Educación, que mantiene control del número de unidades educativas activas por provincia y cantón en el país, la Tabla 3.10. muestra un extracto de estos datos en las posibles ubicaciones.

Tabla 3.10. Extracto de la tabla "Total de instituciones educativas a nivel nacional activas escolarizadas ordinarias de sostenimiento fiscal por periodo escolar, según provincia, cantón y parroquia"

Provincia	**Cantón**	**Parroquia**	**2012-2013**		**2013-2014**		**2014-2015**	
			Inicio	**Fin**	**Inicio**	**Fin**	**Inicio**	**Fin**
Pichincha	Quito	Carcelén	12	11	11	9	9	9
	Mejía	Uyumbicho	3	3	3	3	3	3
Pichincha	Quito	Guamaní	12	10	10	10	7	7

(Dirección Nacional de Análisis e Información Educativa (DNAIE) - Coordinación General de Planificación (CGP) - Ministerio de Educación)

Uyumbicho presenta el menor número de instituciones educativas fiscales, seguida por la parroquia de Guamaní. Carcelén es la de mayor número de instituciones educativas fiscales.

La presencia de las unidades educativas es un indicador del nivel de educación; pero el índice de deserción muestra la cantidad de estudiantes que culminaron el año lectivo, lo que da una idea más acertada del nivel de formación que tienen los jóvenes del sector.

Tabla 3.11. Extracto de la tabla "Total de estudiantes matriculados a nivel nacional en instituciones educativas activas escolarizadas ordinarias de sostenimiento fiscal por periodo escolar, según provincia, cantón y parroquia al inicio y final de cada periodo"

Parroquia	2012-2013		% Índice Deserción	2013-2014		Índice Deserción	2014-2015		% Índice Deserción
	Inicio	Fin		Inicio	Fin		Inicio	Fin	
Carcelén	6 314	6 265	0,8	7 270	7 322	-0,7 %	7 554	7 428	1,7
Uyumbicho	1 507	1 511	-0,3	1 504	1 512	-0,5 %	1 531	1 520	0,7
Guamaní	4 575	4 422	3,5	5 793	5 814	-0,4 %	7 299	7 193	1,5

(Dirección Nacional de Análisis e Información Educativa (DNAIE) - Coordinación General de Planificación (CGP) - Ministerio de Educación)

De acuerdo con el índice de deserción estudiantil calculado en la Tabla 3.11., la parroquia Uyumbicho presenta en promedio el menor valor, seguida de Guamaní y Carcelén.

A pesar de este índice, es importante considerar la cantidad de personas que residen en las posibles ubicaciones; el mayor número de estudiantes inscritos en instituciones educativas fiscales se encuentra en la parroquia de Carcelén. Según este dato, se concluye que existiría una oferta de mano de obra mejor calificada para realizar las labores pertinentes a la planta en el sector de Carcelén.

De acuerdo con el método para la determinación de una ubicación por factores ponderados, descrito con detalle en la sección 2.1, el grupo de expertos (Gerente General, Jefe de Operaciones, Jefe de Ventas y Mercadeo) se reunió para analizar, calificar y ponderar cada factor predominante. La calificación se realizó basada en la Tabla 2.1. La Tabla 3.12. expone los resultados de los factores en cada ubicación y al final totaliza los valores obtenidos de cada factor.

Tabla 3.12. Calificación de las posibles ubicaciones de la planta basada en los factores predominantes

		Calificación de alternativas			Puntaje de alternativas		
Factores predominantes	**Peso factor (%)**	**Carcelén**	**Uyumbicho**	**Guamaní**	**Carcelén**	**Uyumbicho**	**Guamaní**
Cercanía a proveedores	6,25	5	2	3	0,31	0,13	0,19
Facilidad de transporte	25,00	5	3	5	1,25	0,75	1,25
Costos de terrenos	12,50	2	5	4	0,25	0,63	0,50
Costos de instalación	6,25	4	4	4	0,25	0,25	0,25
Servicios básicos	31,25	5	4	5	1,56	1,25	1,56
Mano obra calificada	18,75	5	4	4	0,94	0,75	0,75
				Total	4,56	3,75	4,50

La ubicación con mayor calificación fue Carcelén con 4,56 puntos, seguida de Guamaní que obtuvo 4,50 y finalmente Uyumbicho con 3,75 puntos. Debido a que la diferencia de puntuación entre las parroquias Carcelén y Guamaní es de 0,06 puntos, ambas opciones fueron consideradas como aceptables.

3.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El horizonte de previsión se realizó para dos años, pues los datos base no permiten hacer una proyección más extensa, debido a que el método de la regresión lineal indica que se puede proyectar en un número igual a los datos base.

La Tabla 3.13. muestra las ventas reales, ventas reales acumuladas, proyección acumulada (kg) y el EPAM. Estas dos últimas columnas se obtuvieron de graficar las ventas acumulas de la familia Michelada Mix en Microsoft Excel en función de los trimestres del año 2015 y 2016 dando como resultado la Figura 3.1. que representa las ventas reales acumuladas (kg).

Tabla 3.13. Ventas reales (kg) de Michelada Mix y proyección de crecimiento para los próximos dos años

Años	Trimestre	Ventas reales (kg)	Ventas reales Acumuladas (kg)	Proyección Acumulada (kg)	EPAM (%)
2015	1	8 103	8 103	7 521	7,18
	2	9 349	17 452	16 702	4,30
	3	7 800	25 252	25 883	2,50
	4	8 959	34 211	35 064	2,49
2016	5	9 825	44 036	44 246	0,48
	6	9 511	53 547	53 427	0,22
	7	7 441	60 988	62 608	2,66
	8	12 662	73 650	71 790	2,53
2017	9			80 971	
	10			90 152	
	11			99 334	
	12			108 515	
2018	13			117 696	
	14			126 877	
	15			136 059	
	16			145 240	
	Promedio	9 206			2,79

La empresa vendió en promedio 9 206 kg de Michelada Mix por trimestre, esto es 3 100 kg/mes aproximadamente.

La Figura 3.1. permitió obtener la ecuación de la recta, mediante la opción regresión lineal y el resultado es la siguiente ecuación [3.1]:

$$y = 9\,181{,}3\,x - 1\,660{,}8 \qquad [3.1]$$

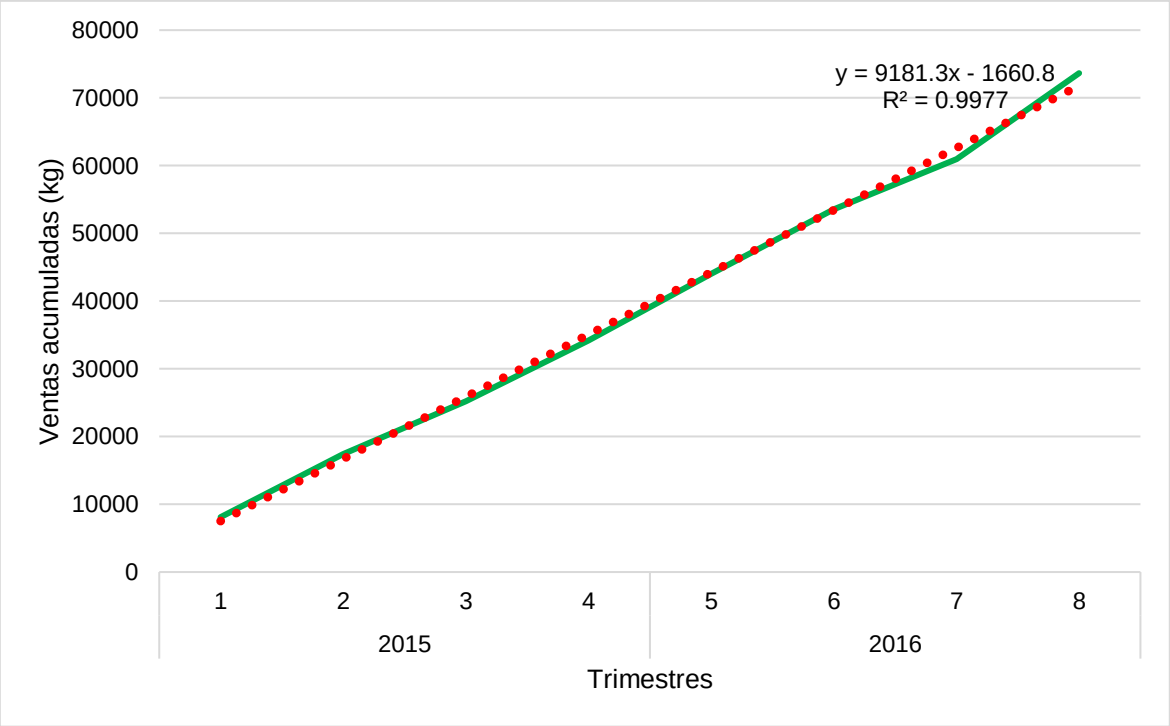


Figura 3.1. Ventas acumuladas de Michelada Mix en kg, línea de tendencia, ecuación de la recta

El Coeficiente de Correlación (R^2) es igual a 0,9977, valor cercano a UNO, lo cual valida la ecuación que daría resultados aceptables para la proyección.

La ecuación [3.1] fue utilizada para proyectar la demanda acumulada de los dos años u ocho semestres posteriores que se muestra en la Tabla 3.13. además, la última columna muestra el EPAM (Error porcentual absoluto medio) que fue de 2,79 %, por lo tanto, el modelo es 97,03 % confiable.

Adicionalmente, de acuerdo con el método de Jurado de opinión de expertos se tienen dos proyectos: exportar la Michelada Mix y lanzar al mercado productos con marcas nuevas. La exportación prevé vender al menos un contenedor de 20 pies^3 cada cuarenta y cinco días.

Las características de un contenedor estándar se detallan en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Características estándar de un contenedor de 20 pies[3]

Volumen	33,20 m^3
Medidas externas	Base: 606 x 243 cm Max. Alto: 260 cm
Medidas Internas	Base: 590 x 235 cm Max. Alto: 239 cm
Peso vacío	2 230 kg
Peso máximo	21 770 kg

Con esta información se definió que dentro del contenedor caben diez paletas estándar (plataforma horizontal compatible con un mecanismo elevador cuyas medidas son 1,00 x 1,20 m). El mix de productos dentro del contenedor se consideró igual al que se maneja actualmente en el mercado local, 80 % en presentación de 210 mL y 20 % en presentación de 540 mL, como se muestra en la Figura AI.2.; es decir, 8 paletas de Michelada Mix 210 mL y 2 paletas de 540 mL.

El cálculo del número de cajas, altura máxima y peso por paleta se definieron con base en el Anexo VI. Por lo tanto, este proyecto implica que el volumen de producción se incrementaría en 9 700 kg cada 45 días, es decir, aproximadamente 6 500 kg/mes.

El lanzamiento de nuevos productos para el portafolio empresarial considera un incremento en el volumen de producción similar a la Michelada Mix (3 100 kg/mes), utilizando estrategias agresivas para promocionarlos en redes sociales, revistas, eventos deportivos, ferias gastronómicas, etc.

El colchón definido conjuntamente con el Gerente General fue del 25 % para prever posibles ajustes a la demanda. Con los cálculos anteriores, se estimó que la planta industrial debe procesar aproximadamente 15 900 kg/mes.

La Tabla 3.15. muestra los rubros que influyeron en la determinación de la capacidad de la planta.

Tabla 3.15. Cálculo de la capacidad de la planta para Michelada Mix

Proyecciones	kg/mes
Consumo nacional Michelada Mix	3 100
Exportación de Michelada Mix	6 500
Desarrollo de nuevos productos	3 100
Colchón de capacidad	25 %
TOTAL	15 900

Para determinar el mix de consumo proyectado se utilizó la misma estructura de la demanda actual, detallada en la Tabla AI.3. La Tabla 3.16. detalla cómo quedó distribuida la demanda proyectada para un mes tipo en unidades y en kg por cada presentación de Michelada Mix.

Tabla 3.16. Mix de consumo de Michelada Mix con la demanda calculada para un mes tipo

Presentaciones Michelada Mix	Distribución en el mercado (%)	Demanda	
		kg/mes	Unid/mes
Original 210 mL	47	7 509	35 757
Original 540 mL	13	2 040	3 777
Hot Fiesta 210 mL	21	3 360	16 001
Hot Fiesta 540 mL	7	1 142	2 116
Maracuyá 210 mL	12	1 848	8 802
Total	100	15 900	66 454

Se producirán 66 454 unidades por mes de Michelada Mix distribuidas en sus diferentes presentaciones.

3.4 DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

La definición de los procesos productivos incluyó la determinación de la mano de obra necesaria para elaborar los productos y la maquinaria requerida para estos procesos. Los datos de entrada son los tiempos estándar de mano de obra y la capacidad de los equipos que se ofertan en el mercado.

Los tiempos estándar para Michelada Mix con los que trabaja la empresa maquiladora son: 77 u/h-h para la presentación Original y Hot Fiesta 210 mL; 72 u/h-h en la Original y Hot Fiesta 540 mL y 92 u/h-h en Maracuyá 210 mL. Estos valores incluyen un rendimiento del 80 % por fatiga.

El mercado consume 68 % de Michelada Mix Original y Hot Fiesta 210 mL, 20 % de Original y Hot Fiesta 540 mL y un 12 % de Maracuyá 210 mL como se muestra en la Figura AI.3.

El número de operarios que se necesitan para cubrir las necesidades del mercado se obtuvo de acuerdo a las siguientes consideraciones generales: jornadas de 7 horas/día para realizar la producción propiamente dicha y 1 hora destinada para actividades de limpieza, alistamiento y descansos que deben tomar los operarios, 22 días laborables al mes y un volumen proyectado de 15 900 kg/mes. Con estos datos se pudo obtener la Tabla 3.17. que muestra en detalle el cálculo de este dato.

Tabla 3.17. Cálculo de mano de obra para cubrir la demanda de Michelada Mix

Presentaciones Michelada Mix	**% Mix en el mercado**	**Demanda kg/ mes**	**Demanda kg/ día**	**Demanda kg/ h**	**Estándar Maquiladora**		**# Operarios**
					U /h-h	**Kg /h-h**	
Original y Hot Fiesta 210 mL	68	10 869,3	494,06	70,58	77	16,17	4,36
Original y Hot Fiesta 540 mL	20	3 182,2	144,65	20,66	72	38,88	0,53
Maracuyá 210 mL	12	1 848,5	84,02	12,00	92	19,32	0,62
						Total	5,52

El resultado de este cálculo determinó la necesidad de contratar 6 personas para cubrir la demanda proyectada. Haciendo el cálculo inverso, al año es posible producir 3 931 200 unidades de Michelada Mix.

El envasado es el punto crítico del proceso; por esta razón se analiza la compra de una máquina que ejecute este trabajo en el menor tiempo posible. La Tabla 3.18 muestra el número de equipos que se necesitan para cumplir con la demanda proyectada.

Tabla 3.18. Cálculo de cantidad de máquinas

Presentaciones Michelada Mix	Presentación promedio kg	% Mix productos	Demanda kg/ mes	Demanda kg/ día	Demanda kg/h	Capacidad maquina (kg/h)	# Máquinas
	0,375	100	15 900	722,73	103,25	300	0,344

A pesar de que el resultado de número de máquinas no permite elevar al inmediato superior, para fines de cálculo de espacio se va a considerar la presencia del equipo en el área que permitirán prever un incremento significativo en las ventas. Adicionalmente se considera que este equipo evitará la manipulación del producto en proceso por parte del personal operativo, logrando controlar la contaminación con microorganismos patógenos que podrían afectar la inocuidad del producto.

3.4.1 DISEÑO DEL PRODUCTO

Desde hace 3 años la Michelada Mix ha captado un segmento interesante en el mercado de los mezcladores; es decir, productos que acompañan a las bebidas alcohólicas. La Michelada Mix es un producto líquido, semiviscoso, color pardo oscuro, de carácter ácido y picante, con una alta concentración de sal y especias; que mezclada con cerveza tiene un sabor muy parecido a una Michelada artesanal.

La Michelada Mix Original declara los siguientes ingredientes: agua, sal yodada, acidulantes, azúcar, concentrado de frutas, condimentos como ajo, canela, cebolla y pimienta, pulpa de ají y preservantes. La Michelada Mix Hot Fiesta y sabor Maracuyá contienen en términos generales los mismos ingredientes.

La creación de la Michelada Mix Original buscó suplir una necesidad no detectada aún: disfrutar de una michelada invirtiendo una fracción pequeña de tiempo y sin ser un experto. En el mercado se encuentran posicionadas las cinco presentaciones de Michelada Mix que se muestran en la Tabla 3.19., mientras que la Tabla 3.20. muestra en detalle el material de envase primario; es decir, aquel que está en contacto directo con el producto y el material de empaque secundario que incluye: etiqueta adhesiva o de PVC y/o capuchón.

Tabla 3.19. Presentaciones de Michelada Mix

Original 210 mL	Original 540 mL	Hot Fiesta 210 mL	Hot Fiesta 540 mL	Maracuyá 210 mL

La Tabla 3.20. indica las presentaciones de Michelada Mix y los materiales primarios e indica aquellos que son afines con el objetivo de mostrar cuales tienen una misma ruta de fabricación.

Todos los productos de la Michelada Mix usan envases cuyo material es PET y una tapa rosca #28 tipo flip-top de polietileno; ambos materiales están aprobados para estar en contacto con alimentos. El PET al ser un material sensible a la temperatura afecta el proceso productivo en la actividad de envasado.

Tabla 3.20. Detalle del material de empaque primario y secundario para las presentaciones de Michelada Mix

Productos Michelada Mix	**Envase PET 210 mL**	**Envase PET 540 mL**	**Tapa #28**	**Etiqueta Adhesiva**	**Capuchón Termo encogible**	**Etiqueta Termo encogible**
Original 210 mL	x		x	x	x	
Hot Fiesta 210 mL	x		x	x	x	
Original 540 mL		x	x			x
Hot Fiesta 540 mL		x	x			x
Maracuyá 210 mL	x		x			x

Las presentaciones de la Michelada Mix utilizan dos tipos de etiquetas que les brinda una imagen diferenciadora; pero además están pensadas para garantizar la protección del producto. La utilización de una u otra etiqueta afecta la ruta de operaciones que deben seguir hasta obtener el producto final.

3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

La estrategia seleccionada para la producción fue de procesos o intermitente. La producción será por lotes, pues al querer incursionar al mercado con nuevos productos es indispensable tener una alta flexibilidad en los procesos. De acuerdo con la proyección de crecimiento de la empresa, esta apunta a lanzar nuevos productos: se prevé que algunos tengan características similares a los procesos actuales.

Las materias primas y material de empaque serán objetos de un análisis preliminar antes de ser aprobados para su almacenamiento y uso considerando características específicas, teniendo en consideración cantidad, precio y vida útil. Estos serán almacenados en palletas en un área destinada para este fin con buena ventilación e iluminación.

El proceso productivo propiamente dicho para la Michelada Mix se dividió en dos grandes fases:

a) Mezclar, cocinar y almacenar el producto en proceso.
b) Envasar, etiquetar y almacenar el producto terminado.

El proceso fue plasmado mediante el diagrama de ensamble que se muestra en la Figura 3.2., desde la recepción de los materiales hasta el almacenaje del producto terminado.

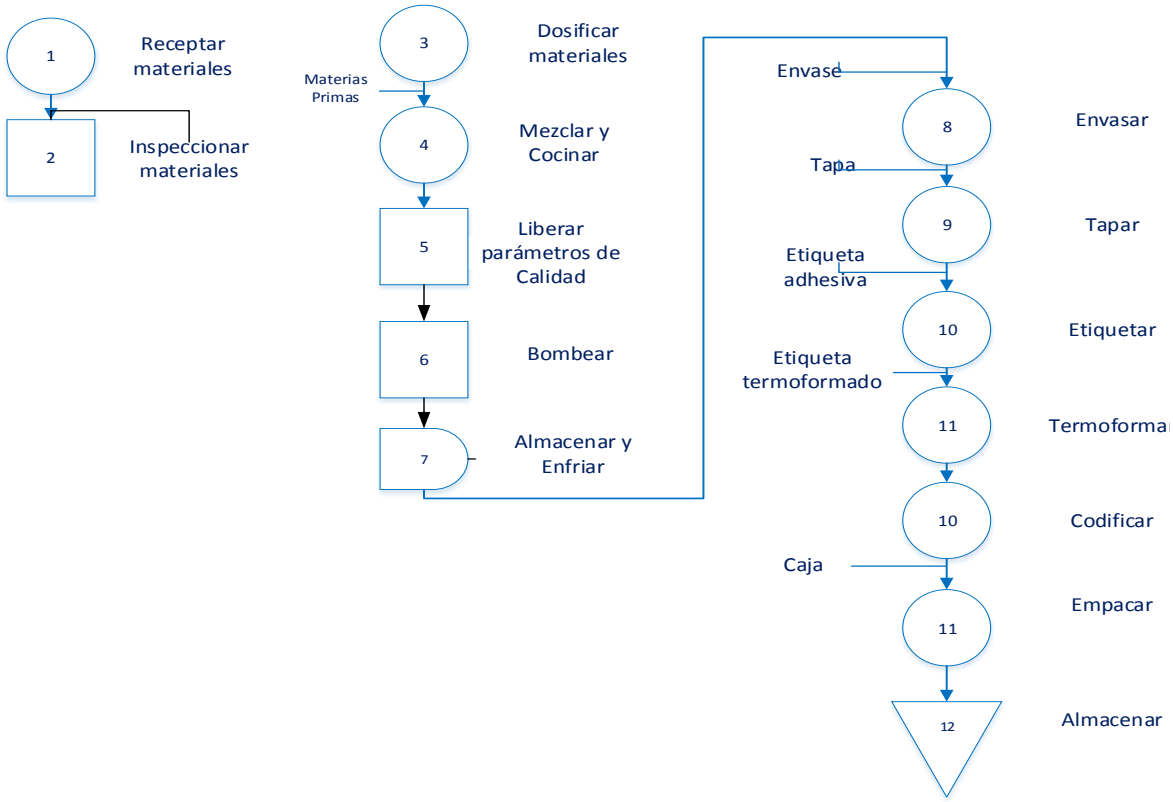


Figura 3.2. Diagrama de ensamble del proceso de producción de la Michelada Mix

En la Figura AII.1 se detalla un diagrama de bloques para un balance de masa tipo para la Michelada Mix y se realizan los cálculos para determinar la cantidad de materias primas por cada etapa del diagrama. El balance de energía calcula la energía necesaria para llevar a cocción la Michelada Mix, los parámetros empleados en este cálculo se detallan en la Tabla AII.1. usando las capacidades caloríficas de las materias primas de mayor participación y luego de la mezcla.

Se determinaron las tuberías necesarias en los flujos de la planta descritos en la Tabla AII.2. donde el material de uso es el acero inoxidable por los servicios que presta para la inocuidad de los alimentos. El detalle de la ubicación de las tuberías se encuentra en la Figura AII.2. Con la información anterior se codificaron los accesorios para el funcionamiento del proceso productivo descrito en la Tabla AII.3. y la Figura AII.3. Los equipos seleccionados para el proceso productivo se detallan en la Tabla 3.21., donde se describe la operación unitaria, el equipo requerido y un breve detalle del equipo. La Tabla AII.4 describe el detalle de los equipos.

Tabla 3.21. Equipos seleccionados para operaciones unitarias de la Michelada Mix

Operación Unitaria	Equipo	Descripción
Pesar	Balanza digital	Balanza electrónica Material: acero inoxidable, indicador en acero inoxidable, display tipo LED, interfase de comunicación RS232 Operación con batería recargable y cable 110VAC. Plataforma de 42 x 52 cm. Capacidad: 600 kg x 0,2 kg (DLP, 2015).
Mezclar y cocinar	Marmita de doble chaqueta	Capacidad: aproximadamente 700 kg Dimensiones: 1,00 x 1,00 (área útil) Material: Acero inoxidable #316 Entrada y salida de agua
Bombear	Bomba de desplazamiento positivo	Capacidad: hasta 45.5 GPM Peso: 4 kg Dimensiones: 615 mm x 199 mm Temperatura bombeo: hasta 130 ˚C Material: acero inoxidable 316
Almacenar/Enfriar	Tanques doble chaqueta	Capacidad: aproximadamente 1 250 kg Dimensiones: 1,00 x 1,60 (área útil) Material: Acero inoxidable #316 Entrada y salida de agua
Etiquetar	Etiquetadora semiautomática	Capacidad: 10-30 u/min Dimensiones: 1,00 x 1,00 (requiere soporte)
Envasar	Envasadora	Capacidad: 20 u/min de 500 cc Dimensiones: Mesa 1,2 m de ancho x 0,6 m de fondo Material: Acero inoxidable #316 Eléctrica/neumática
Tapar	Tapadora semiautomática	Neumática
Termoformar	Túnel de termoformado	Variador velocidad de banda Material: Acero inoxidable #304 Temperatura: 300-400 ºC Eléctrica
Codificar	Impresora etiquetas térmicas	

3.4.2.1 Mezclar, cocinar y almacenar el producto en proceso

Se establece un proceso de cocción del producto en proceso con el objetivo de lograr una mezcla homogénea entre el agua, las bases y los preservantes; permitir

que los ingredientes que requieren altas temperaturas puedan reaccionar y reducir la carga microbiana de las materias primas a niveles aceptables.

Con el control apropiado de la agitación se obtiene un producto homogéneo. El equipo que permite este proceso es una marmita de doble chaqueta con agitadores; un agitador rápido de 1 350 rpm que genera turbulencia y otro lento que tiene un motoreductor que gira a 35 rpm. Ambas agitaciones logran que las materias primas se homogenicen durante la cocción.

Uno de los ingredientes que permite mantener los condimentos en suspensión en el agua comienza a gelificar a temperaturas superiores a 60 ºC y llega a su punto máximo a 90 ºC; su característica gelificante se mantiene por un periodo de 30 minutos a temperaturas de hasta 92 ºC.

El proceso de destrucción de microorganismos es más eficaz en productos de baja acidez, que es una característica de la Michelada Mix (pH <3); la temperatura a la que llega el producto es de 90 a 92 ºC, está por encima de la zona de temperatura de peligro (5 a 57 ºC) y el tiempo de permanencia en este rango es de cinco minutos. La combinación de temperatura, tiempo y característica intrínseca del producto permite controlar el peligro de crecimiento microbiológico.

Se realiza el control de calidad del producto una vez que llega a la temperatura de cocción, momento en el que se toma una muestra del producto en proceso y se analizan parámetros físico químicos como son sólidos en suspensión (˚Brix), pH y temperatura; organolépticos como color, olor y sabor. El pH que oscila entre 1,5-2,5, entre 12-15 grados Brix y viscosidad similar al agua, es decir, 1 cP a 20 ºC. Si alguno de los parámetros se encuentra fuera de rango debe ser corregido, caso contrario el producto es liberado y puede pasar a la siguiente etapa (almacenar) con ayuda de una bomba helicoidal de acero inoxidable. La bomba seleccionada permite mover producto cuya temperatura se encuentre hasta 130 ˚C.

La Gerencia General decidió mantener las mismas las presentaciones que se encuentran actualmente en el mercado. Las presentaciones de Michelada Mix se

muestran en la Tabla 3.19. y los materiales que se usan para el envasado se detallan en la Tabla 3.20., el envase es de Tereftalato de polietileno, comúnmente conocido como PET. El PET presenta algunas ventajas como irrompible; ligero; alta transparencia; permite visualizar el producto que se expende; está aprobado por la FDA (Food & Drugs Administration) para estar en contacto con alimentos; alta barrera a los gases como el CO_2, humedad y el O_2; permite proteger y conservar el producto; es fácil de almacenar y transportar; impermeable, aunque tiene una restricción, se deforma frente a altas temperaturas.

La Tabla 3.22. muestra los datos proporcionados por el proveedor seleccionado de envases PET, respecto al tiempo en que se presentará la deformación de los envases sometidos a diferentes condiciones de temperatura.

Tabla 3.22. Tiempo de deformación del envase PET frente a diferentes temperaturas

Rango de Temperatura ºC	Tiempo en que ocurre la deformación
24,0	8 meses
29,5	37 días
32,0	20 días
38,0	5 días
43,0-49,0	12 horas
>50,0	< 1 horas

El producto en proceso se almacenará en tanques de doble chaqueta de acero inoxidable #316, cada tanque está provisto de un motoreductor de 35 rpm con un agitador tipo ancla que provee de una agitación lenta para acelerar el enfriamiento. El producto en proceso es liberado cuando la temperatura este por debajo de los 24 ºC. para continuar a la siguiente etapa.

3.4.2.2 Envasar, etiquetar y almacenar

1) **Envasar:** el envasado será con una máquina neumática, La característica de capacidad volumétrica es hasta 1 kg, la velocidad de envasado es 20 botellas de 500 mL en un minuto usando 4 boquillas; los otros detalles del equipo se encuentran en el Anexo II. Este número de botellas se calculó envasando agua,

la Michelada Mix tiene una densidad superior al agua, por lo tanto, se reduce la capacidad de envasado en un 50 %, con esta decisión se prevé que la variación de pesos de producto terminado sea menor al 2,5 %. La alimentación de envases a la máquina es manual. Las características del material de empaque primario se detallan en la Tabla AV.1.

2) **Tapar**: se realizará mediante una tapadora semiautomática, la tapa es colocada manualmente y el equipo trabaja con aire comprimido permitiendo enroscar la tapa al envase.
3) **Etiquetar**: se manejará una etiquetadora semiautomática para las presentaciones Michelada Mix Original y Hot Fiesta 210 mL mientras, que la colocación del capuchón termoencogible o etiqueta termoencogible será manual.
4) **Termoencoger**: se utilizará un túnel de termoencogido para etiquetas fabricadas de PVC o polietileno. El túnel es eléctrico e inoxidable y genera aire caliente mediante el uso de platinas, cuya temperatura es regulable y fluctúa entre 300-350 ºC. El producto permanece en el túnel durante 7-10 segundos, tiempo en el cual la etiqueta toma la forma del envase.
5) **Codificar**: las etiquetas se imprimen con la información reglamentaria: lote, fecha de caducidad y precio y se colocan manualmente en las presentaciones en las que usen etiquetas de PVC o polietileno que cubran todo el envase.
6) **Empacar**: el producto se colocará en cajas de cartón; las presentaciones de 210 mL se empacarán por 24 unidades mientras que para las de 540 mL es de 12 unidades, sus pesos brutos serán de 5,85 kg y 7,25 kg respectivamente. Las características y el número de unidades por cajas se muestran en la Tabla AV.2.
7) **Almacenar**: el producto será dispuesto en la bodega sobre paletas, según la capacidad de soporte de la caja, el envase y la paleta. La paleta será reusable, de bajo costo y tendrá compatibilidad con varios sistemas de movilización. El Anexo VI detalla la forma de colocar las cajas en la paleta estándar (1,00 x 1,20 m) para las dos presentaciones de Michelada Mix, la altura de la paleta se describe en cajas y en metros. Las cajas serán colocadas en la paleta en una configuración que permita un trabado entre ellas dándole mayor rigidez al armado.

Durante todo el proceso existen controles de diferentes parámetros, como nivel de llenado con el respectivo control de pesos, codificación verificando que las fechas y lotes sean los correctos, número de unidades dentro de la caja, etiqueta sin arrugas, etc.

3.5 DISEÑO DEL LAYOUT DE LA PLANTA

Para el diseño del layout se determinó el espacio que ocupará todo aquello que se vaya a utilizar en la planta. Además de la ubicación de los diferentes departamentos de acuerdo a la cercanía necesaria por las relaciones que deben tener entre ellas.

3.5.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

El diseño de planta debe tener características sanitarias tanto en su infraestructura como en los equipos que tienen contacto directo con el producto.

El área de procesamiento tendrá pisos de concreto liso, impermeables, resistente, de fácil limpieza y antideslizante; la unión piso pared deberá ser redondeada para evitar la acumulación de residuos y una pendiente del 5 % para facilitar la evacuación del agua de la limpieza a través de drenajes. Las paredes serán lisas y pintadas con productos que eviten proliferación de microorganismos. Existirá adecuada ventilación de manera que exista un ambiente agradable para trabajar, la altura del techo será de al menos 8 m en el cumbrero.

Al ingreso a esta área se colocarán pediluvios, sistema para el lavado de botas, estación de lavado y desinfección de manos. En puertas de entrada a salas de proceso y en especial aquellas que comuniquen zonas sucias con limpias, se construirán pocetas para desinfección de botas y las llantas de los vehículos de transporte interno.

Las áreas de almacenamiento (bodegas de materia prima, material de empaque y producto terminado) tendrán pisos y paredes de concreto liso y sus uniones serán redondeadas.

El laboratorio de control de calidad tendrá paredes lisas, ventilación adecuada y filtrada, pisos de baldosa e iluminación.

3.5.1.1 EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN

Los equipos que se van a utilizar en el proceso productivo se detallan en la Tabla 3.21., en la cual se especifica el largo y ancho de los equipos. Se calculó la superficie total de cada uno usando el método Guerchet; se analizaron los lados por los que el operario necesita acceder al equipo y se calculó la constante k, cuyo valor resultó en 0,61. La Tabla 3.23. muestra el cálculo del espacio requerido para cada equipo del área de producción.

Con el objetivo de dar cumplimiento a las Buenas Prácticas de Manufactura el área de preparación de la Michelada Mix, el área de envasado y el área de empacado se manejarán de manera separada.

El área de preparación incluye marmita, bomba y tolvas de almacenamiento: los tres equipos estarán unidos por tuberías de acero inoxidable de 1½ pulgadas; mientras que, la de envasado incluye la etiquetadora, envasadora, tapadora, túnel de termoformado y mesa de trabajo. La comunicación entre ambas secciones será mediante tuberías que alimentan a la envasadora semiautomática desde las tolvas de almacenamiento.

El área de empacado de los envases a las cajas y armado de paletas tendrá una separación física del área de envasado cuya comunicación será a través de una banda transportadora.

Tabla 3.23. Determinación de espacio para maquinaria y equipo mediante el método Guerchet

Equipo	Largo (m)	Ancho (m)	N (lados)	K	Sup Estática (Ss) (m^2)	Sup Gravitación (Sg) (m^2)	Sup Evolución (Se) (m^2)	Sup Preliminar (m^2)	# de equipos	Sup Total (m^2)
Marmita	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00	1,00	3,27	5,27	1,00	5,27
Bomba helicoidal	0,62	0,20	2,00	0,61	0,12	0,25	0,61	0,98	1,00	0,98
Tolva almacenamiento	1,00	1,60	1,00	0,61	1,60	1,60	5,24	8,44	2,00	16,88
Envasadora semiautomática	1,20	0,60	1,00	0,61	0,72	0,72	2,36	3,80	1,00	3,80
Tapadora semiautomática	0,20	0,10	1,00	0,61	0,02	0,02	0,07	0,11	1,00	0,11
Túnel de termoformado	1,50	0,40	2,00	0,61	0,60	1,20	2,95	4,75	1,00	4,75
Mesa de trabajo	1,00	1,00	2,00	0,61	1,00	2,00	4,91	7,91	1,00	7,91
Banda transportadora	2,00	0,45	2,00	0,61	0,90	1,80	4,42	7,12	1,00	7,12
Etiquetadora	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00	1,00	3,27	5,27	1,00	5,27
									Total	52,08

El área de producción requiere una superficie de 52,08 m^2 para los equipos. El esquema de la distribución de los equipos para la sección de preparación se muestra en la Figura 3.3. que incluye los equipos y los espacios que permitan realizar el procesamiento de forma segura e inocua.

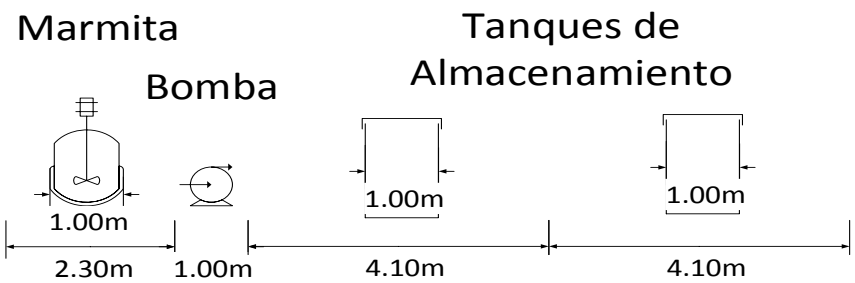


Figura 3.3. Esquema de la ubicación de los equipos en el área de producción para la sección de preparación.

La sección de envasado se muestra en la Figura 3.4. que incluye una mesa de trabajo, la envasadora semiautomática y el túnel de termoformado.

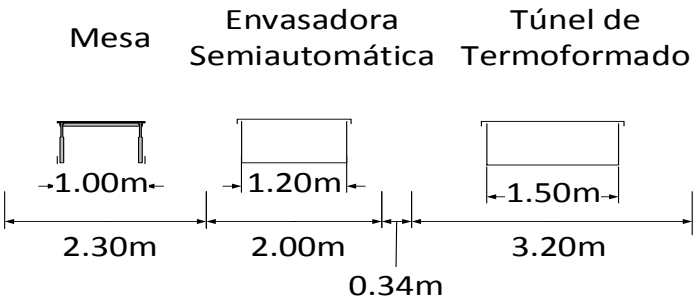


Figura 3.4. Esquema de la ubicación de los equipos en el área de producción para la sección de envasado

La sección de empacado incluye la banda transportadora y una mesa para armar cajas y la paleta para colocar las cajas, esto se muestra en la Figura 3.5.

Para movilizar la carga se seleccionó una paletera hidráulica, que necesita mínimo 2,44 m para maniobrar (Tabla 1.6.), para facilidad de cálculos se consideran 3,00 m.

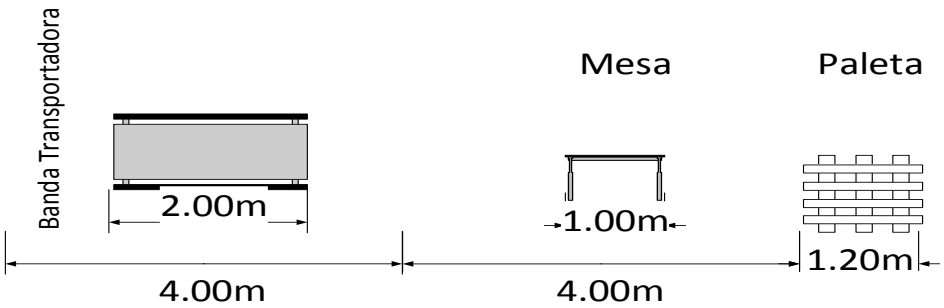


Figura 3.5. Esquema de la ubicación de los equipos del área de producción para la sección de empacado

Los operarios necesitan espacio para movilizarse sin entorpecer el paso del equipo de manejo de carga, para esto se consideró el espacio entre un operario y una máquina trabajando de 0,90 m adicionales (Tabla 1.4.).

Previo al inicio de la operación de cocción, está la actividad de porcionado, la cual consiste en pesar la materia prima seca de acuerdo con la formulación del producto para cada lote. El agua del proceso se controla directamente en la marmita mediante una barra calibrada. El proceso de porcionado, propiamente dicho requiere dos balanzas, una de pedestal de hasta 150 kg y otra balanza de mesa de hasta 3 kg. La balanza pequeña se colocará sobre una mesa de 1,0 x 1.0 m para pesar la porción necesaria.

Adicionalmente, se considera el espacio para una estantería metálica que permita almacenar de manera temporal las materias primas porcionadas que se usarán en la producción del día; las características de la estantería son cinco repisas de altura regulable, 90 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 200 cm de alto. Es necesario el espacio para una carretilla manual de 4 ruedas cuyo espacio para maniobrar son 2,44 m y por facilidad de cálculo se consideran 3 m, esta permitirá el intercambio entre el área de preparación y la zona de porcionado, que se mantendría abierta para tener rápida comunicación con la sección de cocción. El espacio entre el operario y el objeto estacionario es de 0,75 m (Tabla 1.4.). La Figura 3.6. muestra el esquema de producción y porcionado, cuya área requiere 209 m^2.

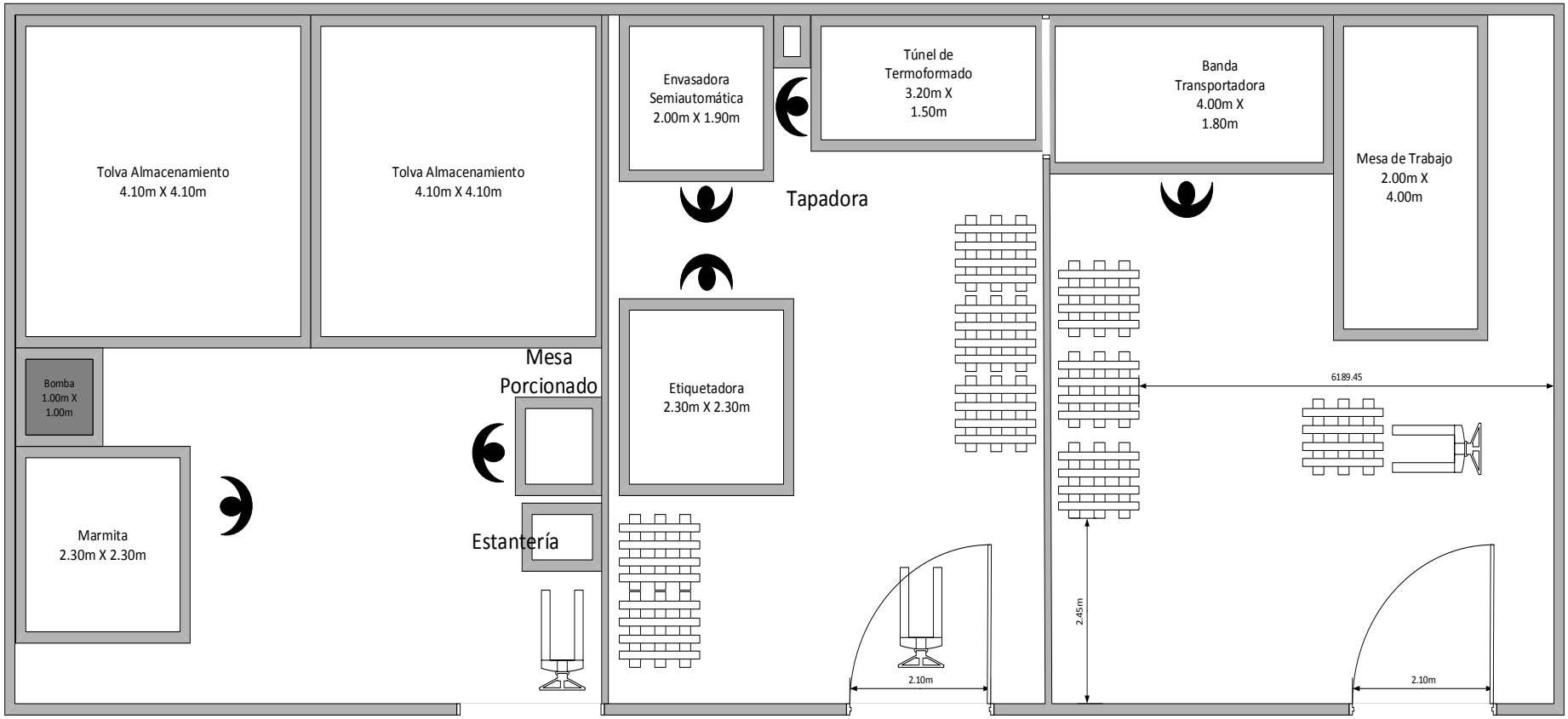


Figura 3.6. Esquema del área de producción incluida el área de porcionado

3.5.1.2 SERVICIOS AUXILIARES

1) Área de recepción/envío

El área de recepción permite verificar que todo aquello que ingrese al área de Fabricación, con el objetivo de formar parte del producto terminado, esté dentro de parámetros de calidad, caducidad y sean almacenados en ambientes adecuados.

El área de envío opera con la unidad de manejo de la empresa; es decir, cajas de 24 o 12 unidades dependiendo de la presentación de la Michelada Mix. Las ventas al menudeo serán exclusivas del distribuidor. Esta área manejará espacio para preparar los pedidos en paletas y en una estantería si son pocas unidades. Esta estantería tiene cinco repisas de altura regulable, de 90 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 200 cm de alto. Se ubicarán dos paletas estándar, una estantería y una mesa de trabajo de 1 m por 1 m para preparar pedidos de volumen bajo y alto.

En esta área se realizarán las siguientes actividades:

- Preparar los despachos en la percha o en la paleta dependiendo del volumen del pedido.
- Generar guías e identificar cajas con nombre de clientes o ciudad de envío.
- Solicitar el servicio de retiro de paquetes de acuerdo con el volumen.
- Cargar los camiones para despacho.

Para mover el material se utilizará una carretilla de carga de cuatro ruedas o una paletera hidráulica que necesitan un radio de giro mínimo de 2,40 m, pero por fines de cálculo se determinó usar 3,00 m, además se considera un espacio adicional entre un objetivo estacionario y el operario de 0,75 m.

La Figura 3.7. detalla un área tipo tanto para la recepción como para el envío, se determinó un área de 15 m^2.

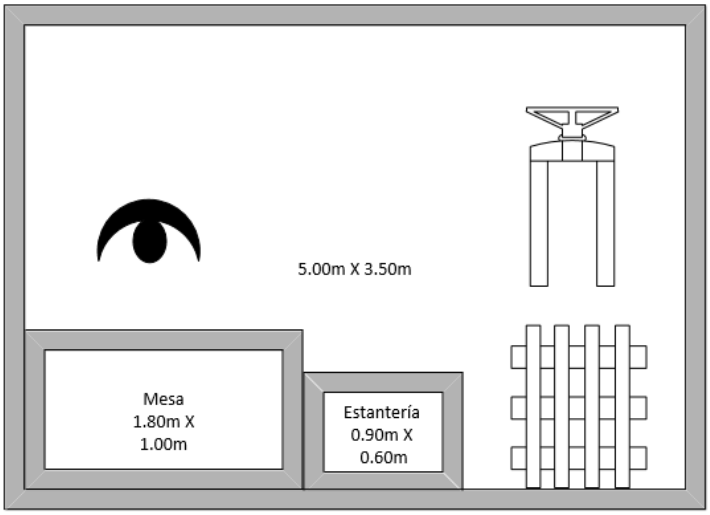


Figura 3.7. Esquema del área de recepción/envío de materiales

2) Bodegas de materias primas, material de empaque y producto terminado

Se consideraron bodegas para almacenar materias primas, productos terminados, suministros para el mantenimiento preventivo y limpieza del área de Fabricación. Las bodegas de materia prima, material de empaque y producto terminado manejarán sistema PEPO (Primero en expirar, primero en salir), debido que al ser una empresa que maneja productos alimenticios es indispensable evitar caducidad de los insumos en las instalaciones.
El cálculo de cada una tomó consideraciones especiales para el diseño.

2.1) Materias primas

La bodega de materias primas almacenará los materiales inherentes al proceso de cocción. Para el cálculo se usaron porcentajes similares de materias primas que utiliza la empresa en estudio en sus recetas como se detalla en el Anexo III. La Tabla 3.24. detalla el cálculo del requerimiento de bases en kg y en número de cajas de acuerdo con la presentación estándar del proveedor.

Tabla 3.24. Cálculo del requerimiento de materias primas para Michelada Mix en kg y por cajas

Presentaciones Michelada Mix	Demanda kg/mes	% Base de Michelada Mix	kg de Base Michelada Mix	kg de Base por tipo de Michelada	# Cajas de 25 kg/mes	# Cajas de 25 kg/semana
Original 210 g	7 509	15	1126,35	1432,35	57,29	14,32
Original 540 g	2 040	15	306,00			
Hot Fiesta 210 g	3 360	18	604,80	810,36	32,41	8,10
Hot Fiesta 540 g	1 142	18	205,56			
Maracuyá 210 g	1 848	20	369,60	369,60	14,78	3,70
Total	15 899			2612,31	104,49	26,12

Las bases para la Michelada Mix vienen desde el proveedor en cajas, cuya capacidad es de 25 kg y sus dimensiones son 0,45 x 0,40 x 0,30 m. Las cajas de materia prima se almacenarán en paleteras estándar (1,00 x 1,20 m) donde caben 18 cajas por cada uno, distribuidas en 6 cajas de base y 3 cajas de alto. La Figura 3.8. muestra cómo debería ser la ubicación de las cajas dentro de la paleta.

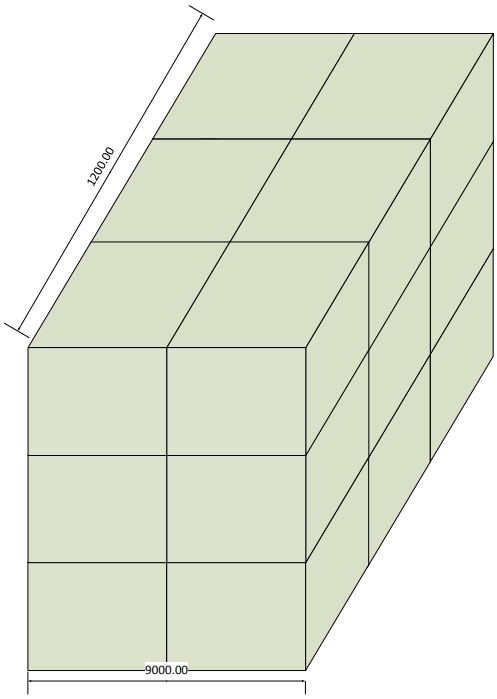


Figura 3.8. Esquema del armado de las cajas de materias primas en una paleta

Se proyecta manejar un 50 % adicional de espacio por crecimiento de la empresa o inclusión de materias primas que requieran un manejo especial, es decir, 3918 kg. De acuerdo con la política de inventarios se programarán entregas semanales a la bodega con el objetivo de mantener inventarios bajos, por lo tanto, cada semana deben recibirse aproximadamente 980 kg de bases para Michelada Mix o 39 cajas.

El consumo de preservantes corresponde al 0,1 % de la demanda proyectada por mes, esto es 15,9 kg; la unidad de manejo del proveedor son cajas de 25 kg, por lo tanto, se adquirirán 2 cajas por cada preservante.

Las materias primas se almacenarán en una misma sección pues la naturaleza de sus ingredientes lo permiten y su presentación en caja brinda facilidad para movilizarlas. Cada base se manejará en un pallet independiente, por lo tanto, se necesitarán espacio para 4 paletas, de acuerdo con la siguiente distribución: 2 paletas para almacenar la base de la Michelada Mix original, 1 para la Hot Fiesta, 1 para la Michelada Mix Maracuyá y preservantes.

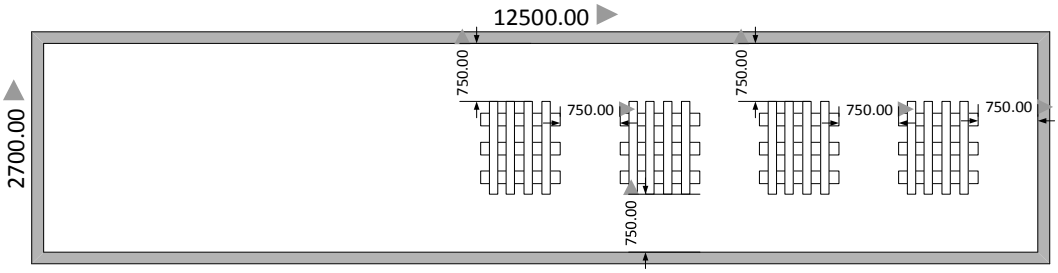


Figura 3.9. Esquema de distribución del área para la bodega de materia prima

Se consideró un espacio mínimo de 0,75 m entre pared-paleta y paleta- paleta para cumplir con la movilidad del personal y dar cumplimiento al programa de limpieza del área. Se utilizará una paletera hidráulica que requiere al menos 3,00 m de holgura para maniobrar. Esta bodega formara una sola bodega con el material de empaque, en la Figura 3.9. se indica un estimado de la ubicación de las paletas.

El agua como materia prima será almacenada en cisterna, que se consideró un espacio de 2 x 2 x 2 m, es decir, 8 m^3, volumen para abastecer a producción y las necesidades diarias de aseo y limpieza.

2.2) Material de Empaque y Embalaje

La bodega de material de empaque y embalaje almacenará envases, tapas, etiquetas, cajas que publicitan la imagen de la empresa y formarán la unidad de manejo del producto. Los cálculos para determinar los volúmenes de consumo del material de empaque se basan en el Anexo III de las recetas para la producción de Michelada Mix. La Tabla 3.25. presenta los requerimientos de materiales por mes y por presentación de acuerdo con la proyección de venta.

Tabla 3.25. Cálculo de requerimiento de materiales de empaque y embalaje para la producción de Michelada Mix

Materiales	Original 210 mL	Original 540 mL	Hot Fiesta 210 mL	Hot Fiesta 540 mL	Maracuyá 210 mL	Total
Unidades Michelada Mix/mes	35 757	3 778	16 000	2 115	8 800	66 450
Caja x 24u	1 490	-	667	-	367	2 523
Caja x 12u	-	315	-	176	-	491
Capuchón termoencogible	35 757	-	16 000	-	-	51 757
Envase PET 205 mL	35 757	-	16 000	-	8 800	60 557
Envase PET 500 mL	-	3 778	-	2 115	-	5 893
Etiqueta Michelada Mix Original 210 mL	35 757		-	-	-	35 757
Etiqueta Michelada Mix Original 540 mL	-	3 778	-	-	-	3 778
Etiqueta Michelada Mix Hot 210 mL	-	-	16 000	-	-	16 000
Etiqueta Michelada Mix Hot 540 mL	-	-	-	2 115	-	2 115
Etiqueta Michelada Mix Maracuyá 210 mL	-	-	-	-	8 800	8 800

Con base en el Anexo IV se definió que es necesario incluir los volúmenes mínimos de venta por parte del proveedor considerando las restricciones y las presentaciones de los materiales. La Tabla 3.26. recoge la cantidad de paletas requeridas para almacenar el material.

El número de paletas para envases y cajas será redondeado al entero inmediato superior para que no existan problemas durante el almacenamiento, por lo que serán necesarias 30 paletas para esta bodega. La bodega de materia prima necesita espacio para 4 paletas. Se considera un espacio adicional del 20 % por incrementos en los volúmenes de ventas, es decir, 40 paletas.

Los materiales que aparecen con n/a en dicha tabla, serán almacenados en estanterías metálicas, cuyas medidas son 90 cm de ancho, 60 cm de profundidad y 200 cm de alto y tienen cinco repisas de altura regulable. Existirá un espacio de 0,75 m entre pared-paleta y paleta-paleta para cumplir con la movilidad del personal y dar cumplimiento al programa de limpieza del área. Se utilizará una paletera hidráulica que requiere 3 m de holgura para maniobrar. Un esquema de la posible ubicación se detalla en la Figura 3.10. Estas consideraciones resultaron en un requerimiento de 252 m^2.

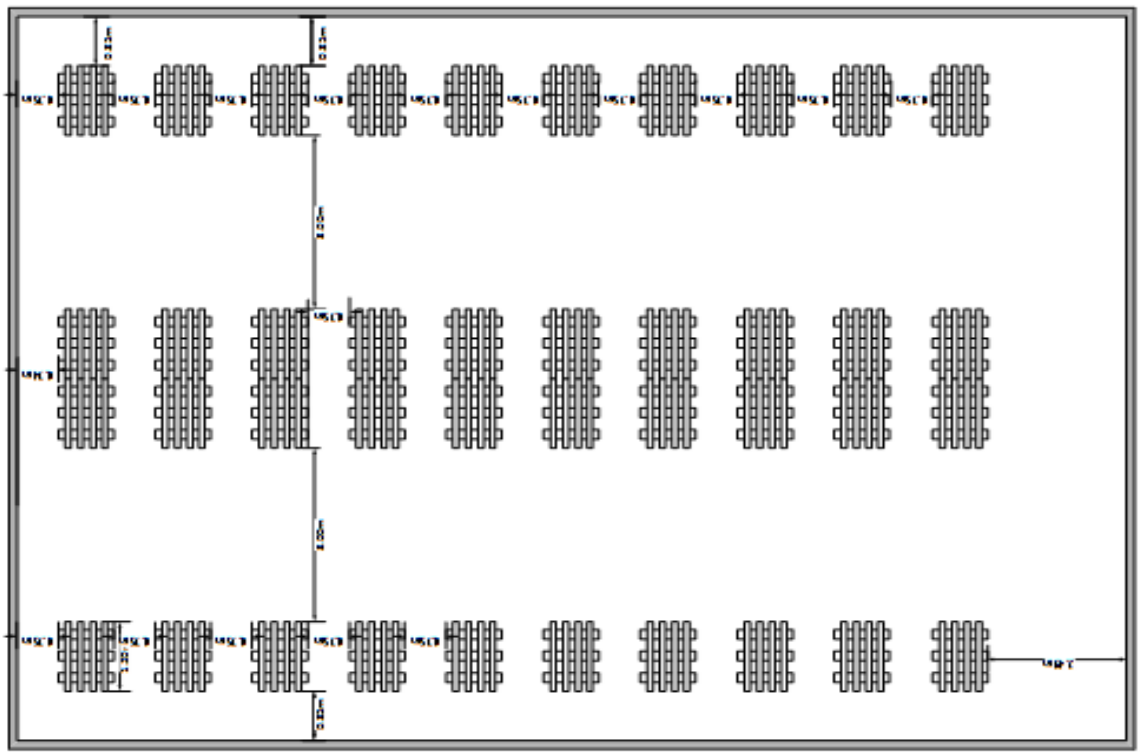


Figura 3.10. Esquema de distribución de la bodega de materia prima y material de empaque

Tabla 3.26. Requerimiento de espacio expresado en número de paletas

Materiales	Total	Compra Mínima (und)	# Und mínimas a comprar	Unidades a comprar	Und/und de manejo		Capacidad por paleta (u)	# Paletas reque-ridos
Caja x 24u	2 523	1 000	3,00	3 000	25	u/bulto	900	3,3
Caja x 12u	491	1 000	1,00	1 000	25	u/bulto	900	1,1
Capuchón termoencogible	51 759	100 000	1,00	100 000	50 000	u/caja	n/a	n/a
Envase PET 205 mL	60 561	20 000	4,00	80 000	400	u/funda	4 000	20
Envase PET 500 mL	5 893	6 120	1,00	6 120	180	u/funda	1 620	3,8
Etiqueta Michelada Mix original 210 mL	35 757	100 000	1,00	100 000	25 000	u/caja	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Original 540 mL	3 777	100 000	1,00	100 000	25 000	u/caja	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Hot 210 mL	16 001	100 000	1,00	100 000	25 000	u/caja	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Hot 540 mL	2 116	100 000	1,00	100 000	25 000	u/caja	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Maracuyá 210 mL	8 802	100 000	1,00	100 000	25 000	u/caja	n/a	n/a

n/a: no aplica

2.3) Producto terminado

La bodega albergará el producto terminado en cajas y sobre paletas estándar (1,00 m x 1,20 m). Cada producto tendrá su espacio definido. El cálculo se realizó considerando el almacenamiento de un mes de la demanda proyectada para responder a incrementos de las ventas y proyectos de exportación. Se procurará reponer producto nuevo cada semana o máximo cada quince días.

El detalle de las cajas requeridas por mes y el número de paletas que demanda cada producto se detallan en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27. Número de paletas requeridos por presentación de Michelada Mix

Presentaciones Michelada Mix	Demanda u/mes	u/cajas	Cajas/ mes	Cajas/ paletas	# paletas
Original 210 mL	35 757	24	1 490	180	9
Original 540 mL	3 778	12	315	162	2
Hot Fiesta 210 mL	16 000	24	667	180	4
Hot Fiesta 540 mL	2 115	12	176	162	2
Maracuyá 210 mL	8 800	24	367	180	3
Total	66 450				20

La bodega de producto terminado almacenará 20 paletas distribuidas de la siguiente manera: 9 paletas para Michelada Mix Original 210mL, 2 paletas de Original 540 mL, 4 paletas de Hot Fiesta 210 mL, 2 paletas para Hot fiesta 540mL y 3 paletas de Maracuyá 210 mL.

Se consideró un espacio mínimo de 0,75 m entre pared-paleta y paleta-paleta para cumplir con la movilidad del personal y dar cumplimiento al programa de limpieza del área. Se utilizará una paletera hidráulica que requiere 3,00 m de holgura para maniobrar con un adicional para el paso del personal. La Figura 3.11. detalla un

esquema de la distribución tentativa de la bodega, resultando un área requerida de 198 m^2.

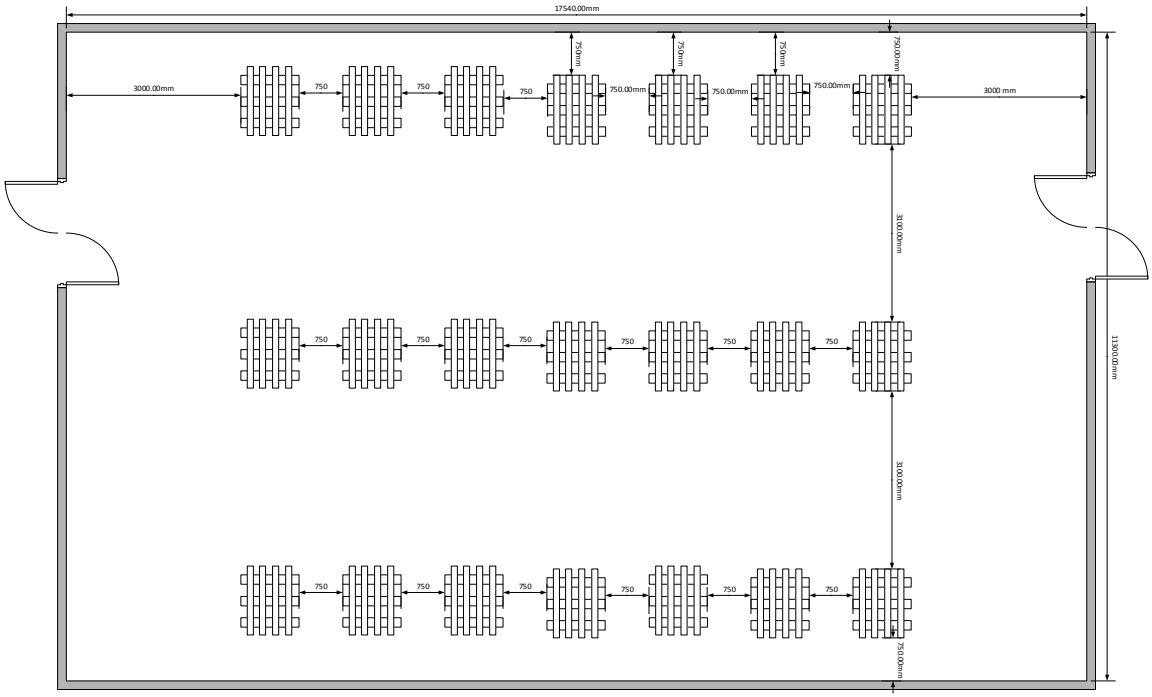


Figura 3.11. Esquema del área de la bodega de producto terminado

3) Cuarto de Mantenimiento, Herramientas y suministros de limpieza

Se consideró un espacio para almacenar las herramientas de uso frecuente cuya área de 9 m^2. El mantenimiento de la planta estará a cargo de una empresa tercerizada quien presta los servicios fuera de horarios de producción.

La bodega para los materiales de limpieza será de 9 m^2.

4) Instalaciones, calefacción y acondicionamiento de aire

Se consideró la instalación de acondicionamiento de aire, tableros eléctricos, compresor de aire, caldero y tanque de combustible que estarán ubicados al exterior de la planta para que no interrumpan el flujo regular de la planta. Estos equipos están considerados dentro de las dimensiones de la planta.

El caldero estará alejado de la planta por temas de seguridad industrial y la sección de tránsito será mínimo de 1,5 m de distancia del equipo.

5) Ingreso para empleados

El ingreso para los empleados será un área que cuenta con un guardia de seguridad quien controla el ingreso y salida del personal desde y hacia los vestidores, hacia la empresa, a la cafetería y a las oficinas. Por lo que se ubica estratégicamente entre la puerta de salida de la planta, las oficinas, vestidores y cafetería. Se estima un requerimiento de 5 m^2.

6) Cuartos de vestidores, excusados y sanitarios

Los servicios que los empleados requieren para realizar sus actividades son vestuarios y sanitarios. Estarán equipados con duchas, espacio para vestidores, lavamanos, bancos para descansar. Se determinarán áreas independientes para personal femenino y masculino en igual cantidad; se diseñarán para dar accesibilidad a personal con capacidades especiales; el resultado del cálculo dio un área de 78 m^2 como se muestra en la Figura 3.12.

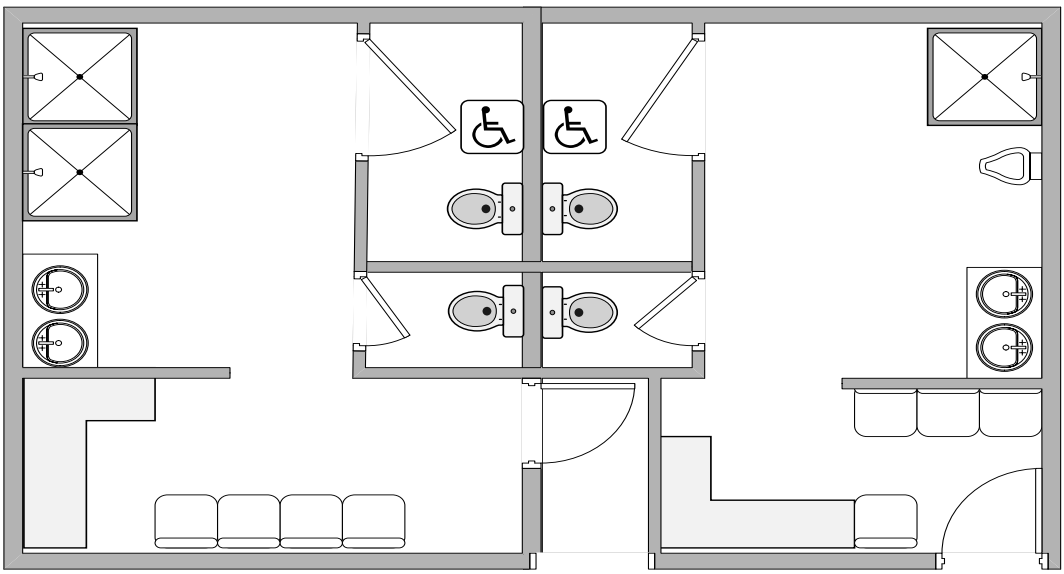


Figura 3.12. Esquema del área de vestidores, excusados y sanitarios

7) Cafetería e instalaciones recreativas

Los espacios para la cafetería incluirán mesas y sillas para que el personal consuma los alimentos fuera de las oficinas y de las áreas de producción. Aquí almacenarán los alimentos a consumir a media mañana y medio día. La Figura 3.13. muestra un esquema de la cafetería.

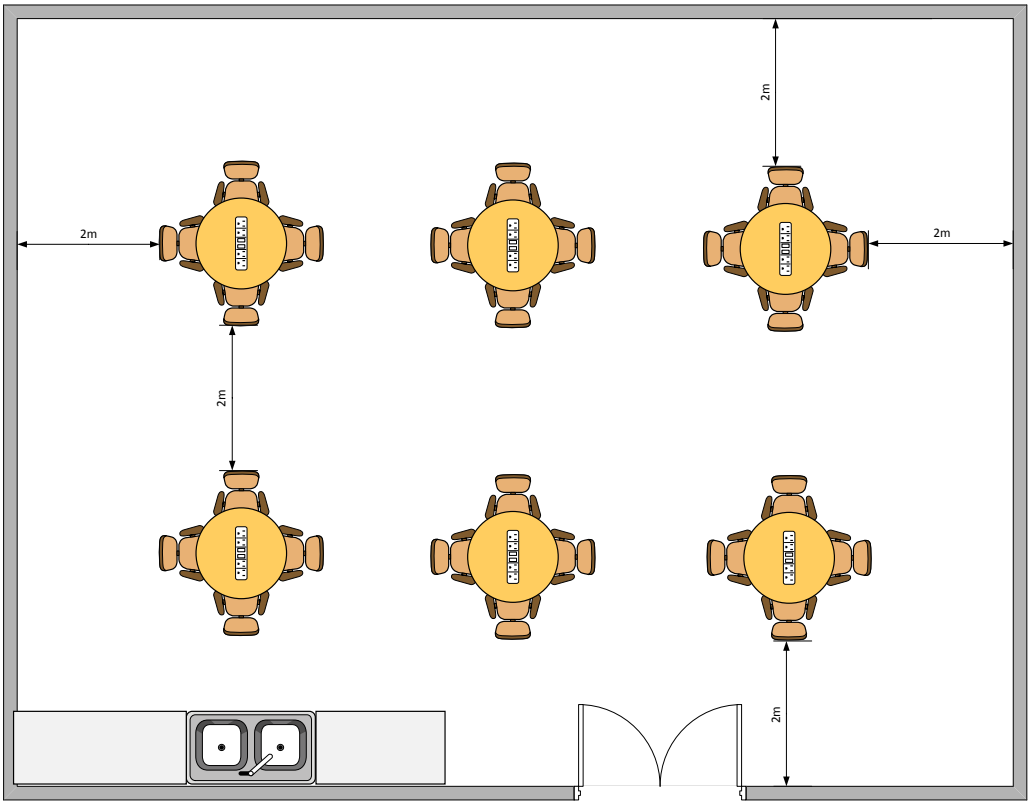


Figura 3.13. Esquema de la cafetería

El área de cafetería requiere un espacio de 78 m^2, la misma estará equipada con microondas, refrigerador, cafetera, fregadero y una televisión para recreación del personal.

8) Departamento de calidad y oficinas

El departamento de calidad contempló bodega para muestras, laboratorio para liberación de parámetros físico químicos y organolépticos, laboratorio de microbiología, oficina para el personal técnico y sala de reuniones. Además, oficina

para el Jefe de Calidad y Jefe de Planta, con proyección de contratar al menos a 3 personas más. La Figura 3.14. muestra un esquema para esta área y requiere un espacio 96 m^2.

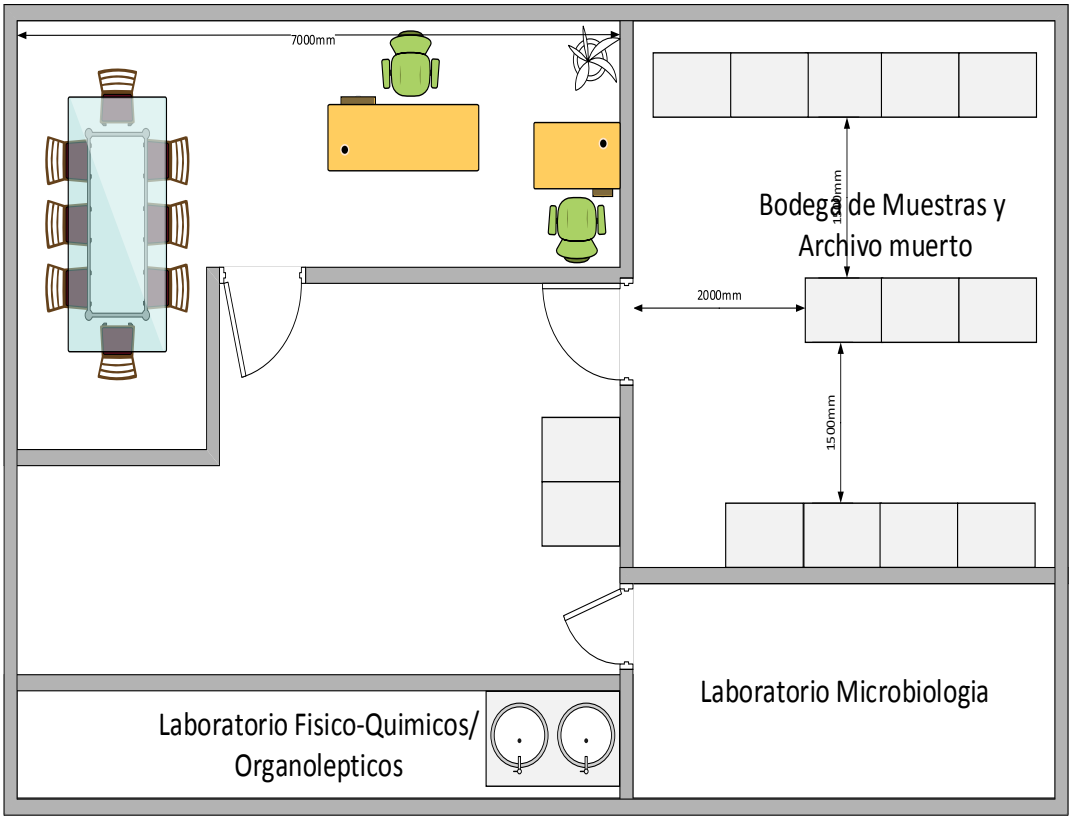


Figura 3.14. Esquema del departamento de Calidad y oficinas

9) Pasillos

Se definieron pasillos para comunicar las diferentes áreas, como entre las bodegas, bodegas y producción. Se proyectó mantener un espacio de al menos 3,05 m en los pasillos proyectando la compra de un montacargas que trabaje en doble sentido y un espacio para el tránsito de personas de 0,90 m (Tabla 1.4.).

10) Oficinas

El espacio de las oficinas se determinó cómo se indica en la sección 1.4.4.1.
El personal mínimo necesario para la administración de la empresa son 1 Gerente General, 1 Diseñador gráfico, 2 Asistentes Contables, 1 Jefe de Compras y

exportaciones, 1 Recepcionista y 2 Vendedores. Se considera espacio de baños para personal femenino y masculino, sala de reuniones y una pequeña cafetería, esto de detalla en la Figura 3.15. Se estima colocar las oficinas en dos pisos, cada uno de 70 m^2.

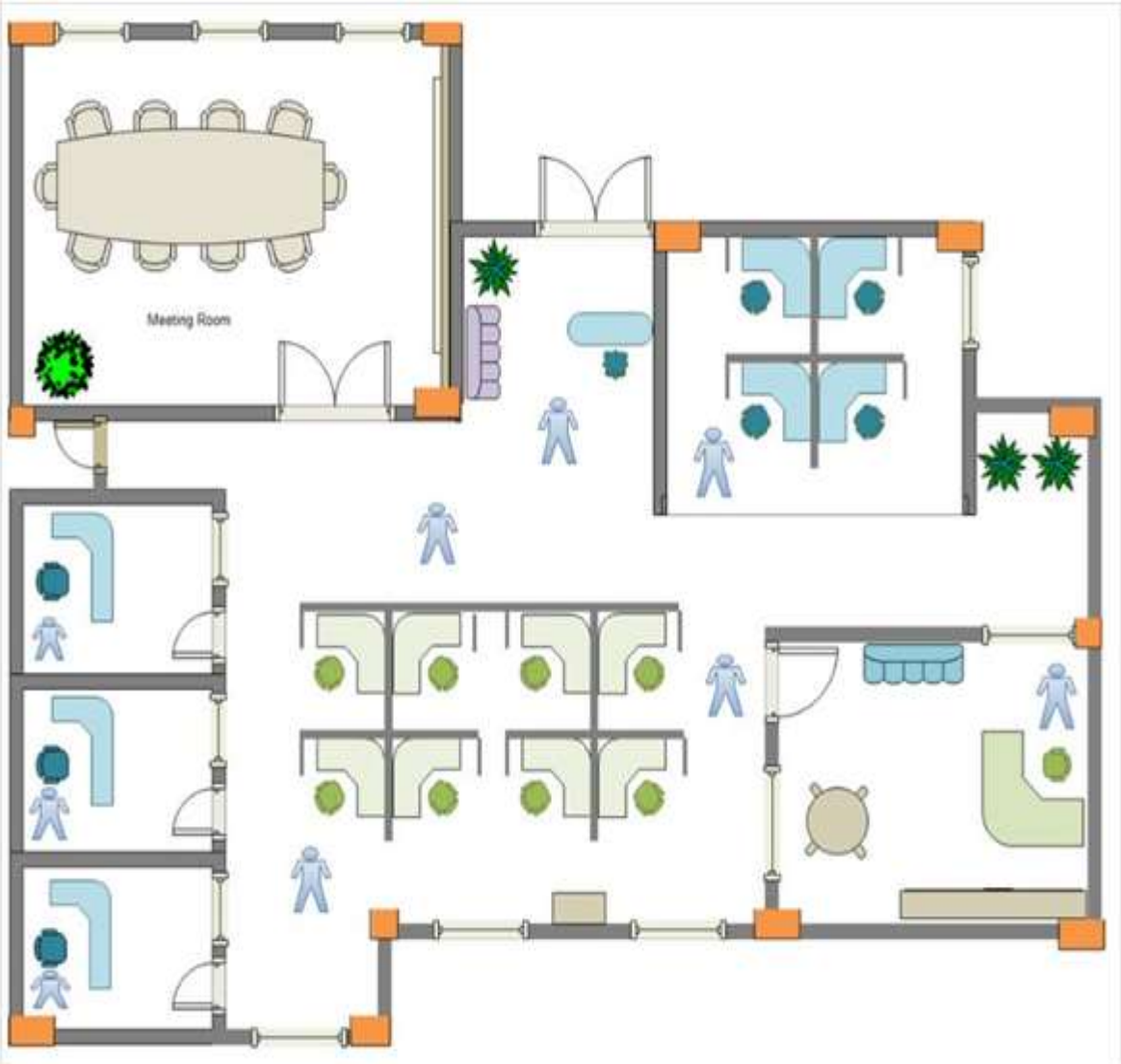


Figura 3.15. Esquema de la distribución de las oficinas

Las consideraciones anteriores muestran un espacio para oficinas del personal administrativo de 140 m^2.

3.5.1.3 Manejo de materiales

Debido a que la carga se manejará bajo el principio de la planeación y flujo de materiales, las operaciones y distribución están diseñadas para optimizar el flujo de todas las operaciones; el manejo de materiales se realizará con una paleta hidráulica; tiene como característica caminar sobre ruedas por debajo de una plataforma, se bombea con el mango para elevar la carga unos cuantos cm del piso, cuya capacidad es hasta 3 toneladas y un carro plataforma de 4 ruedas con capacidad de 250 kg para movilizar los materiales al menudeo. Estos equipos requieren una holgura mínima 2,40 m, de acuerdo con la información detallada en la Tabla 1.6., para fines del cálculo se consideró un espacio de 3,00 m. En el Anexo VII se encuentran los detalles técnicos de la paleta hidráulica y del carro plataforma.

3.5.2 DESARROLLO DE UN PLAN DE BLOQUE

El plan de bloque se dividió en dos grupos, el primero abarca las áreas relacionadas directamente con el producto: bodega de materia prima, porcionado, producción, bodega de producto terminado, recepción y despacho, que se denominó Fabricación; el segundo incluye a todos los departamentos que no están en este grupo, como son mantenimiento, servicios de empleados, oficinas, calidad y recepción denominada Planta.

A) Fabricación

El grupo Fabricación fue tratado de manera particular por la afectación directa al proceso productivo y pode dar cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura. Con esta premisa se diseñó la matriz REL basada en la Tabla 1.8, el grupo de expertos participó activamente para definirla; esto dio lugar a la Figura 3.16.

Figura 3.16. Matriz REL para el área de Fabricación

Basados en la Figura 3.16., se cuantificó la calificación de cada departamento de acuerdo a la escala tomada de la Tabla 1.7., tal como se detalla en la sección 2.4.2.1. El resultado de este cálculo se muestra en la Tabla 3.28., los valores se ordenaron en forma descendente.

Tabla 3.28. Calificación y priorización de departamentos para Fabricación

Nº	Departamentos	Calificación	Calificación Ordenada
1	Producción	=U+E+A+A+I	199
2	Bodega Materia Prima	=A+A+E+U+U	191
3	Porcionado	=I+A+A+U+U	173
4	Recepción Materiales	=I+A+E+U+U	119
5	Despacho Producto Terminado	=A+I+U+U+E	119
6	Bodega Producto Terminado	=U+U+U+A+I	93

Los cuatro primeros departamentos cuyas calificaciones fueron las mayores formaron parte del tetraedro base, cuya gráfica se muestra en la Figura 3.17. El TCR de éste ascendió a 288.

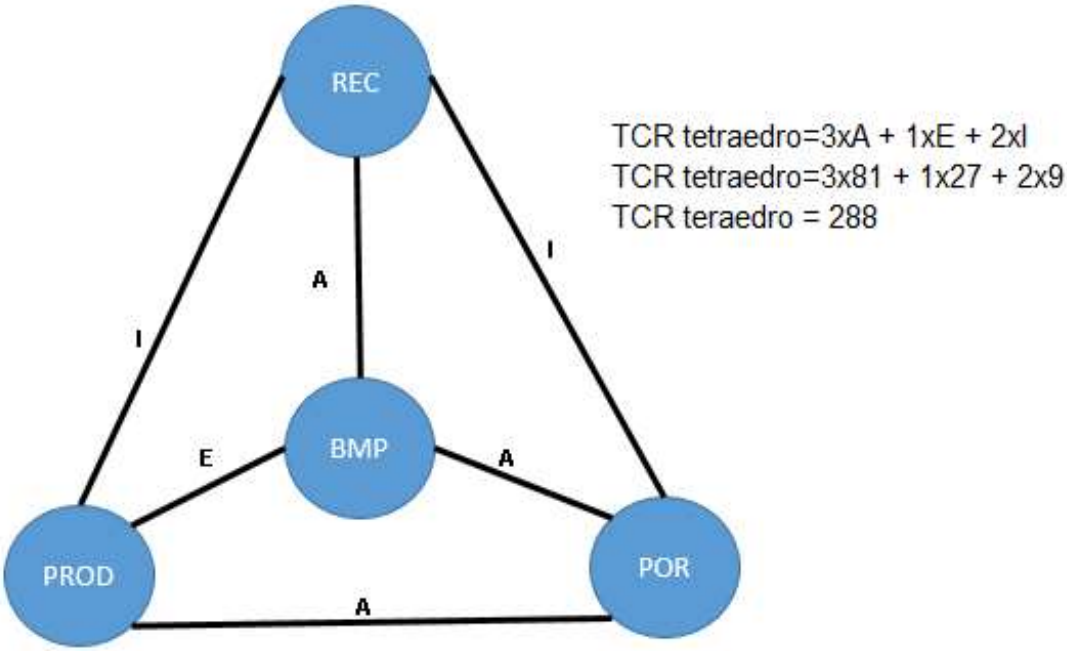


Figura 3.17. Tetraedro base

El número máximo de arcos y superficies se calculó en 12 y 8, respectivamente. Luego de colocar los departamentos faltantes en todas las posibles ubicaciones, cumpliendo las restricciones del método, se encontró el TCR de mayor peso, como se muestra en la Figura 3.18., el cual se eleva a 488 puntos, los que le siguieron en peso se encuentran en el Anexo VIII.

En la Figura 3.18. derecha, se unieron los arcos a los nodos de las diferentes superficies cumpliendo las relaciones de cercanía de la Figura 3.16.

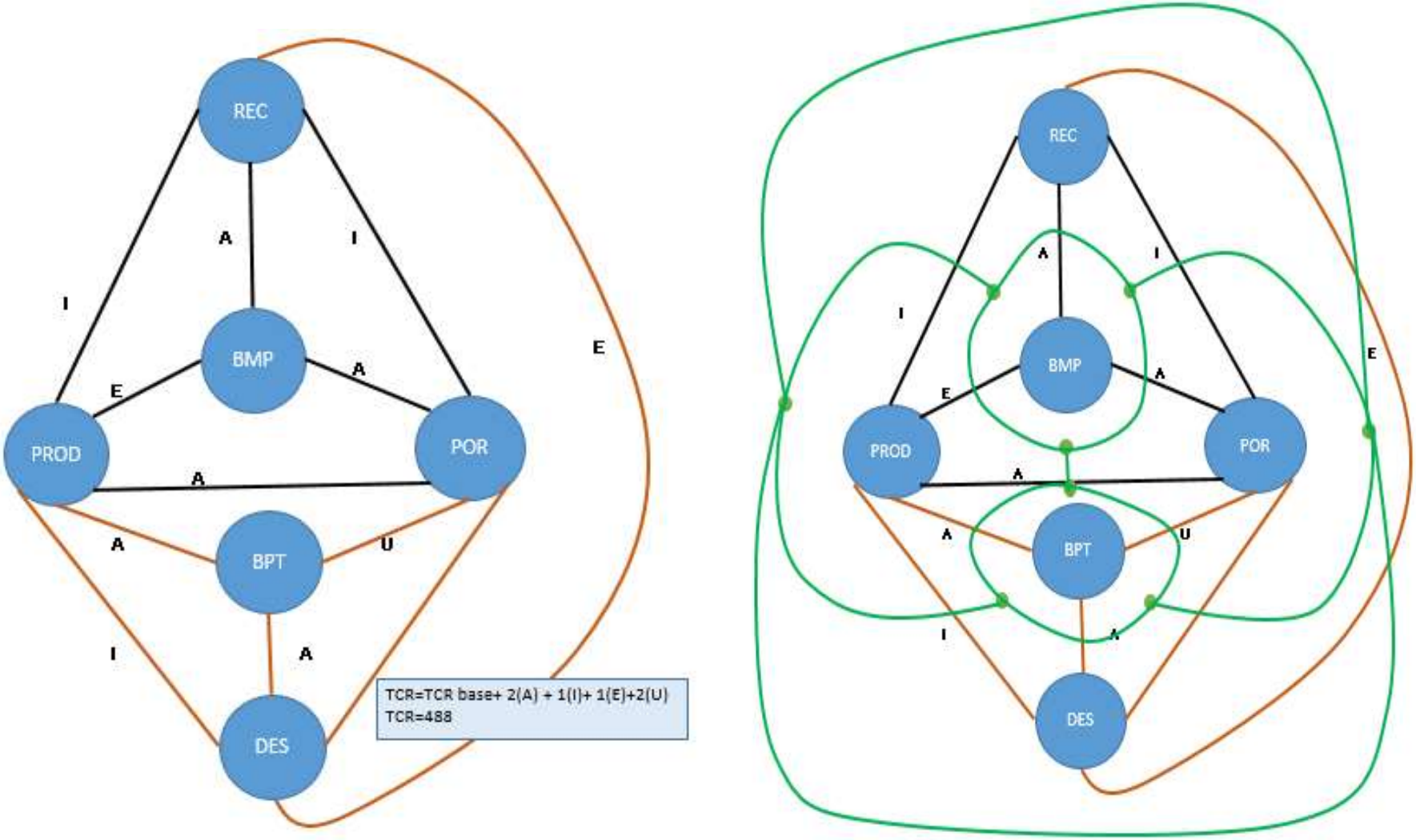


Figura 3.18. Tetraedro base para grafo dual con mayor TCR y grafo dual

La Figura 3.19. constituyó la primera aproximación de un layout lógico.

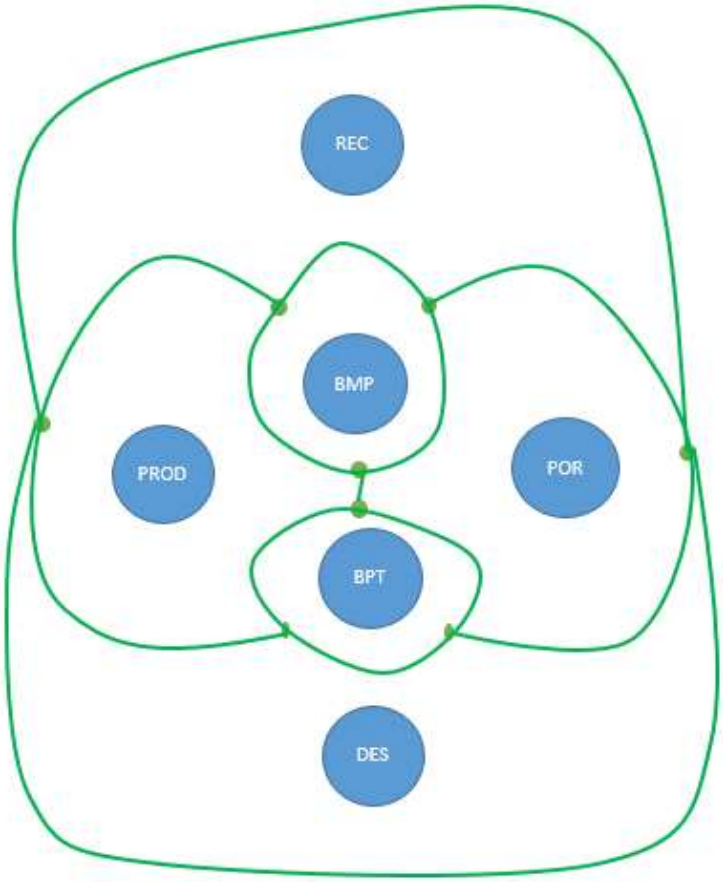


Figura 3.19. Grafo dual de mayor TCR

El grafo dual obtenido, a pesar de ser adimensional, permitió definir la ubicación de los departamentos y con las dimensiones de las áreas involucradas se graficó un plano dimensional, las áreas de los departamentos del bloque Fabricación se detallan en la Tabla 3.29.

Con ayuda de la Figura 3.19. y la Tabla 3.29. se diseñó el layout físico para el área de Fabricación. Fue necesario hacer algunos ajustes para optimizar espacios, como, unificar las bodegas de materia prima y material de empaque, se prevé construir en un solo bloque la cafetería y los vestidores: las oficinas administrativas se distribuirán en dos pisos.

Tabla 3.29. Dimensiones para el diseño del layout físico

Departamentos	**Área (m^2)**
Recepción materiales	15,00
Despacho materiales	15,00
Bodega Materia Prima	252,00
Porcionado (dentro de Producción)	8,00
Producción	198,00
Bodega Producto Terminado	200,00
Despacho Producto Terminado	12,20
Comedor	78,00
Baños y vestidores	78,00
Departamento de calidad	103,00
Oficinas administrativas	140,00
Ingreso empleados	5,00
Total	1 100,00

La Figura 3.20. respeta los espacios de la Tabla 3.29.

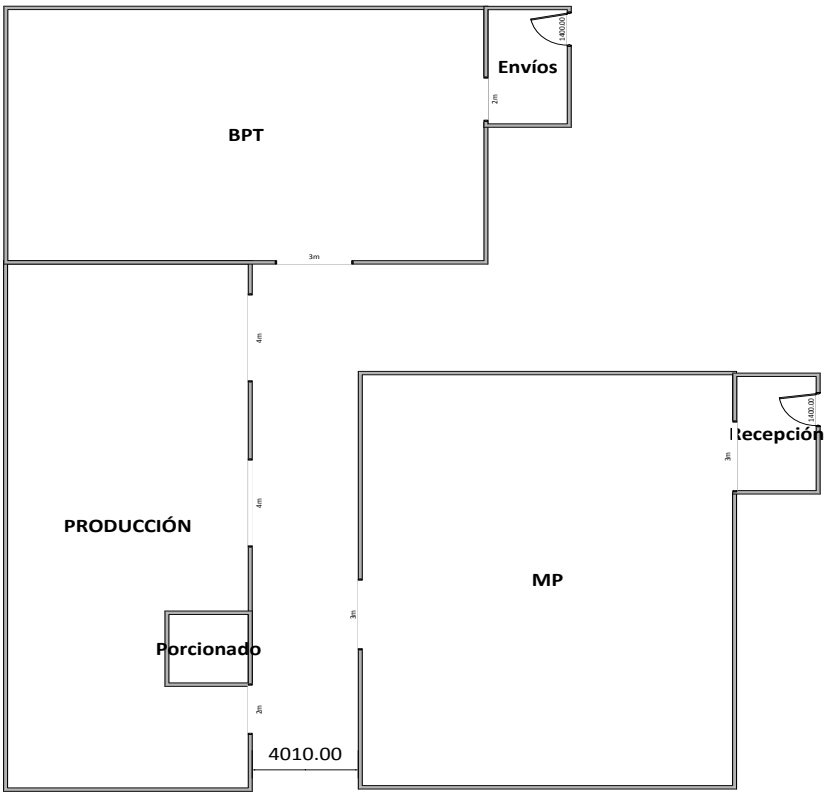


Figura 3.20. Layout físico de la sección Fabricación

B) Planta

Para el cálculo del segundo bloque, denominado Planta, que incluyo las áreas de mantenimiento, vestidores y sanitarios, oficinas administrativas, departamento de calidad, área de recepción y cafetería, pero se incluyó el bloque Fabricación; se elaboró la matriz REL, la hoja de trabajo, la distribución detallada y el análisis de flujos.

La matriz REL para Planta fue diseñada con los departamentos mencionados y se muestra en la Figura 3.21.

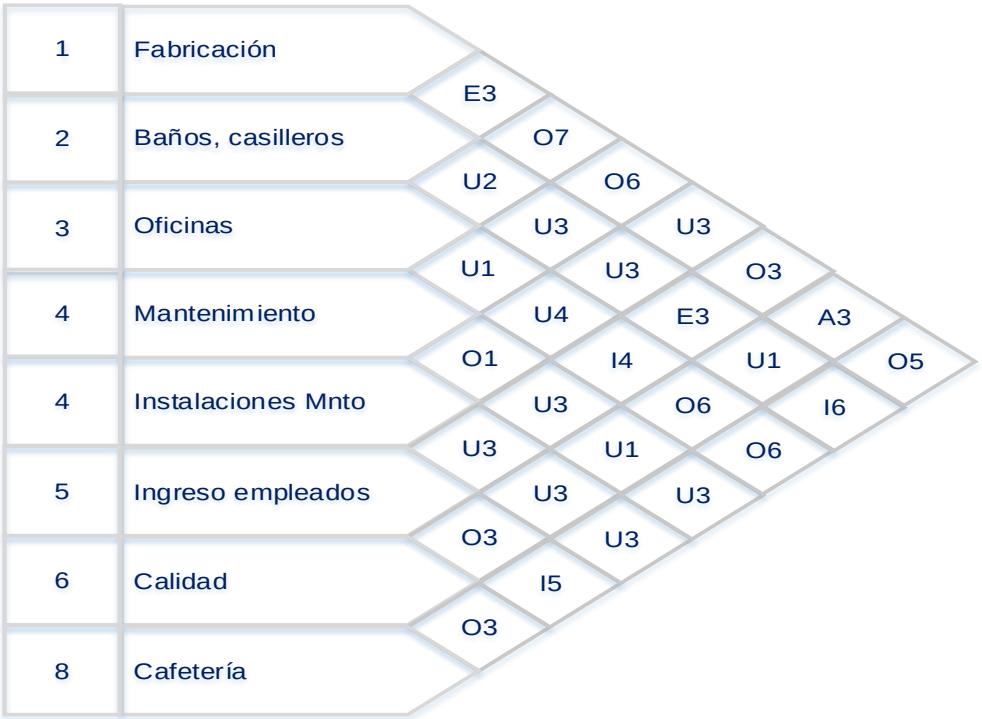


Figura 3.21. Matriz REL para el bloque Planta

La matriz REL de Planta detalla las relaciones de cercanía entre todos los departamentos de la empresa, acompañadas de un código de razón. Al aplicar la ecuación [1.7] se obtuvo que el número máximo de relaciones (N) entre departamentos fue 28 y aplicando la Tabla 1.9. se determinó cuántas relaciones estimadas por tipo de código debería existir; por último, se contabilizaron las relaciones obtenidas en la Figura 3.21. y se plasmaron en la Tabla 3.30.

Tabla 3.30. Número de relaciones de acuerdo con el código de razón

Código	Porcentaje (%)	Relaciones Estimadas	Relaciones Obtenidas
A	5	1	1
E	10	3	2
I	15	4	3
O	20	6	6

Las relaciones obtenidas de acuerdo al código de razón obtenidas cumplen con la premisa de ser menor o igual al número de relaciones estimadas.
La hoja de trabajo mostrada en la Tabla 3.31. resume la matriz REL que incluye el código de relación del departamento.

Tabla 3.31. Hoja de trabajo para el bloque Planta

Departamentos		A	E	I	O	U	X
1	Fabricación	7	2		3 4 6 8	5	
2	Vestidores, sanitarios		1 6	8		3 4 5 7	
3	Oficinas			6	1 8	2 4 5 7	
4	Mantenimiento				1 5	2 3 6 7 8	
5	Instalaciones de mantenimiento				1 4	1 2 3 6 7 8	
6	Ingreso de empleados		2	3 8	1	4 5 7	
7	Calidad	1				2 3 4 5 6 8	
8	Cafetería			2 6	1 3	4 5 7	

La información recopilada en esta tabla permitió generar el diagrama adimensional de bloques y posteriormente realizar un análisis de flujos.

El diagrama que mayor cantidad de relaciones satisfizo se muestra en la Figura 3.22., en la que, además se puede observar que el flujo de los materiales conserva coherencia con el proceso.

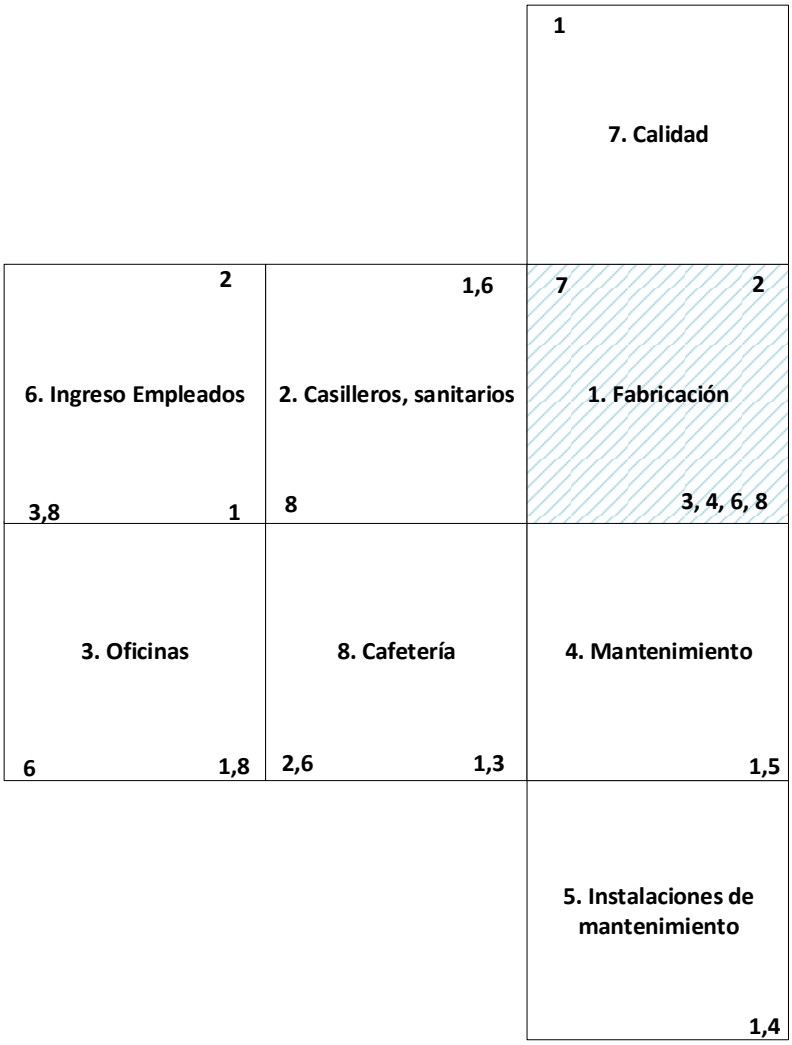


Figura 3.22. Diagrama adimensional de bloques

3.5.2.1 Análisis de flujo

De acuerdo con el plano anterior se analizaron los flujos de materiales, personas e información con el objetivo de confirmar que los retrocesos o cruces sean mínimos o no existan, y estos fluyan con facilidad a través de los departamentos.

1) De materiales

El análisis de flujo de materiales se lo realiza de manera exclusiva en el bloque de Fabricación, pues es aquí donde se recibirá, almacenará, transformará y despachará.

La materia prima y el material de empaque serán recibidos en el área de recepción donde se inspeccionaron aspectos contemplados en el manual de calidad. Estos materiales serán aprobados por Control de calidad para ser usados en producción cuando sea requerido, usando el sistema PEPO. La Michelada Mix se producirá de acuerdo con la programación de planeación o algún requerimiento especifico del departamento de Ventas.

La materia prima pasará al área de porcionado donde será fraccionada de acuerdo con cada batch programado, se cocinará y se denominará producto en proceso. El producto en proceso cumplirá parámetros de calidad antes de ser almacenado temporalmente para su enfriamiento y posteriormente envasado en la presentación final.

De manera paralela, el material de empaque será llevado a producción para ser etiquetado, también se movilizarán tapas, tapones, etiquetas de PVC, cinta de embalaje, cajas y códigos de barras. Se etiquetará la cantidad que indica la orden de producción.

Cuando el producto en proceso tenga la temperatura adecuada para ser envasado, los envases etiquetados ingresan a la máquina envasadora para ser llenados de acuerdo con cada presentación, son tapados, se termoformarán y empacarán en las presentaciones definidas llamándose producto terminado.

El producto terminado será liberado bajo los estándares del manual de calidad. El producto será almacenado y despachado según el sistema PEPO. En el área de despacho se prepararán los pedidos para los diferentes clientes.

El flujo de materiales está diseñado para que no se presenten retrocesos ni demoras, dando cumplimiento a los procesos de inocuidad para evitar contaminación cruzada.

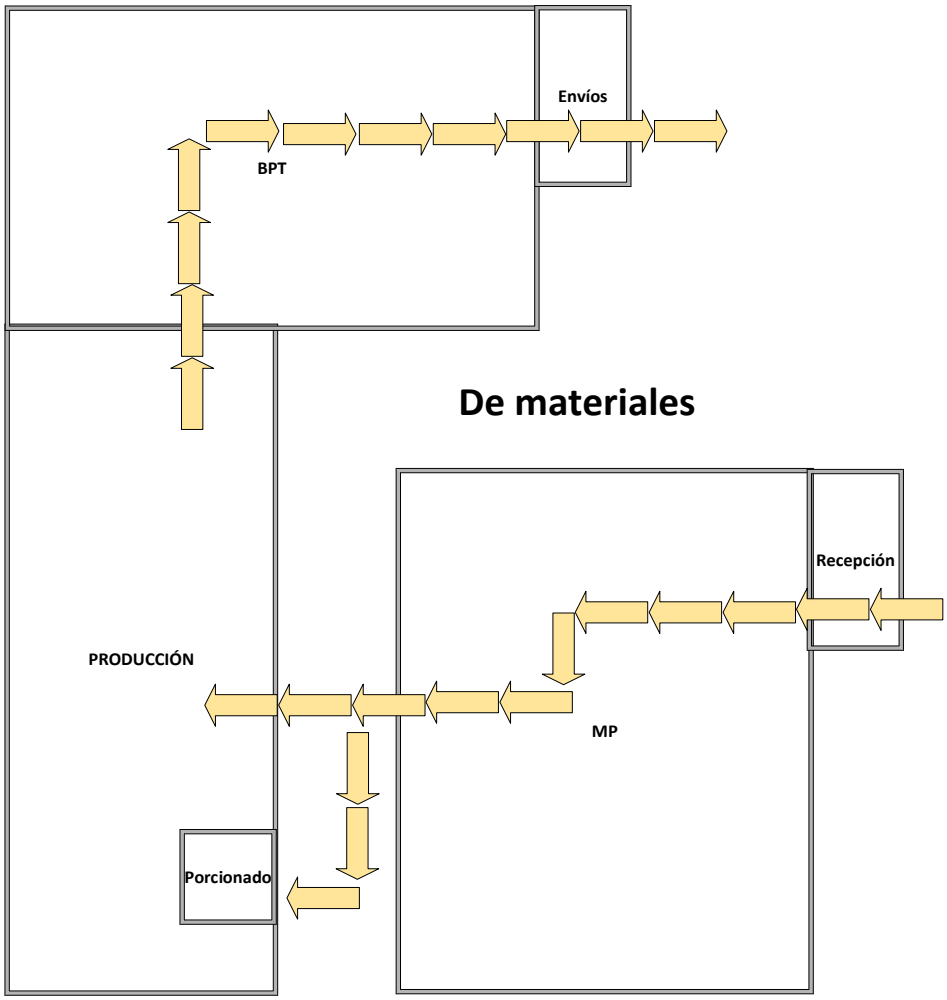


Figura 3.23. Análisis del flujo de materiales en el bloque Fabricación

2) De personas

Todo el personal que pertenezca a la sección Fabricación y al departamento de calidad cumplirá lo estipulado en el manual de calidad basados en la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG (2015), es decir, ingresar a sanitarios y vestidores donde se colocará el uniforme limpio y realizará el aseo respectivo. El personal que trabaja en oficinas ingresará directamente a su puesto de trabajo, pero si necesitarán acceder al área de Fabricación cumplirán lo mencionado en el manual de calidad.

El servicio de mantenimiento realizará las actividades fuera del horario de producción, pero cumplirá lo estipulado en el manual de calidad para acceder a

Fabricación. Los proveedores y clientes ingresarán solo bajo circunstancias especiales. La Figura 3.24 muestra cómo se moverá el personal entre los departamentos (fechas recuadros) y materiales (flechas con trama).

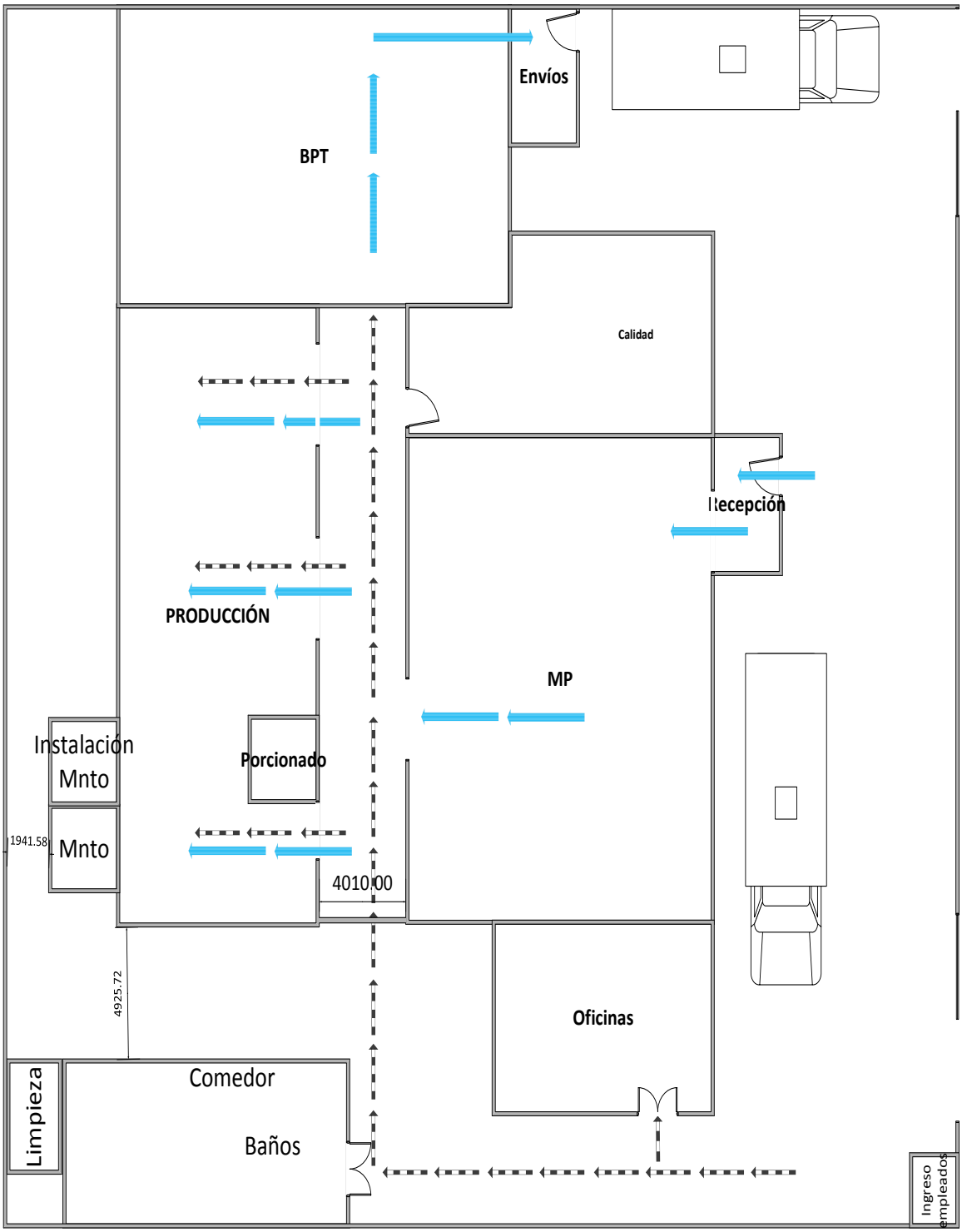


Figura 3.24. Diagrama adimensional de bloques analizado para el flujo de personas y su interacción con los materiales

3) De información

La comunicación entre departamentos se realizará por radio, teléfono, e-mail, sistema ERP o comunicación personal, dependiendo de la naturaleza de la información y la distancia entre departamentos.

La llegada de materia prima y/o material de empaque será informada vía radio al departamento de Calidad por el responsable de las bodegas. Al cumplir con parámetros de calidad para aceptación, la información de cantidad, proveedor, costos, etc. sería ingresada a un sistema ERP (Enterprise Resource Planning) para que el proceso contable continúe en las oficinas administrativas.

El proceso de producción será planificado en conjunto con el personal de ventas; la proyección será transmitido a departamento de calidad, bodegas, compras y personal operativo mediante reuniones semanales y la entrega de las ordenes de fabricación. El departamento contable realizará la facturación previa a la revisión del inventario y dará luz verde para la preparación de los pedidos. Al tratarse de un despacho de producto terminado, las oficinas administrativas generarían las facturas, previa revisión de stocks, e indicarán vía radio, teléfono o e-mail al bodeguero la necesidad de preparar un pedido.

3.5.3 LAYOUT FINAL

El layout final es la representación final de todas las secciones que forman parte del bloque Planta.

La diagramación de la planta se la realizó considerando un terreno de 1 980 m^2 con una sola salida a la calle. El edificio tendrá 1 100 m^2 conteniendo todos los servicios detallados en este capítulo, para recibir materiales, producir, almacenar y despachar el producto terminado. El plano puede ser visualizado en la Figura 3.25.

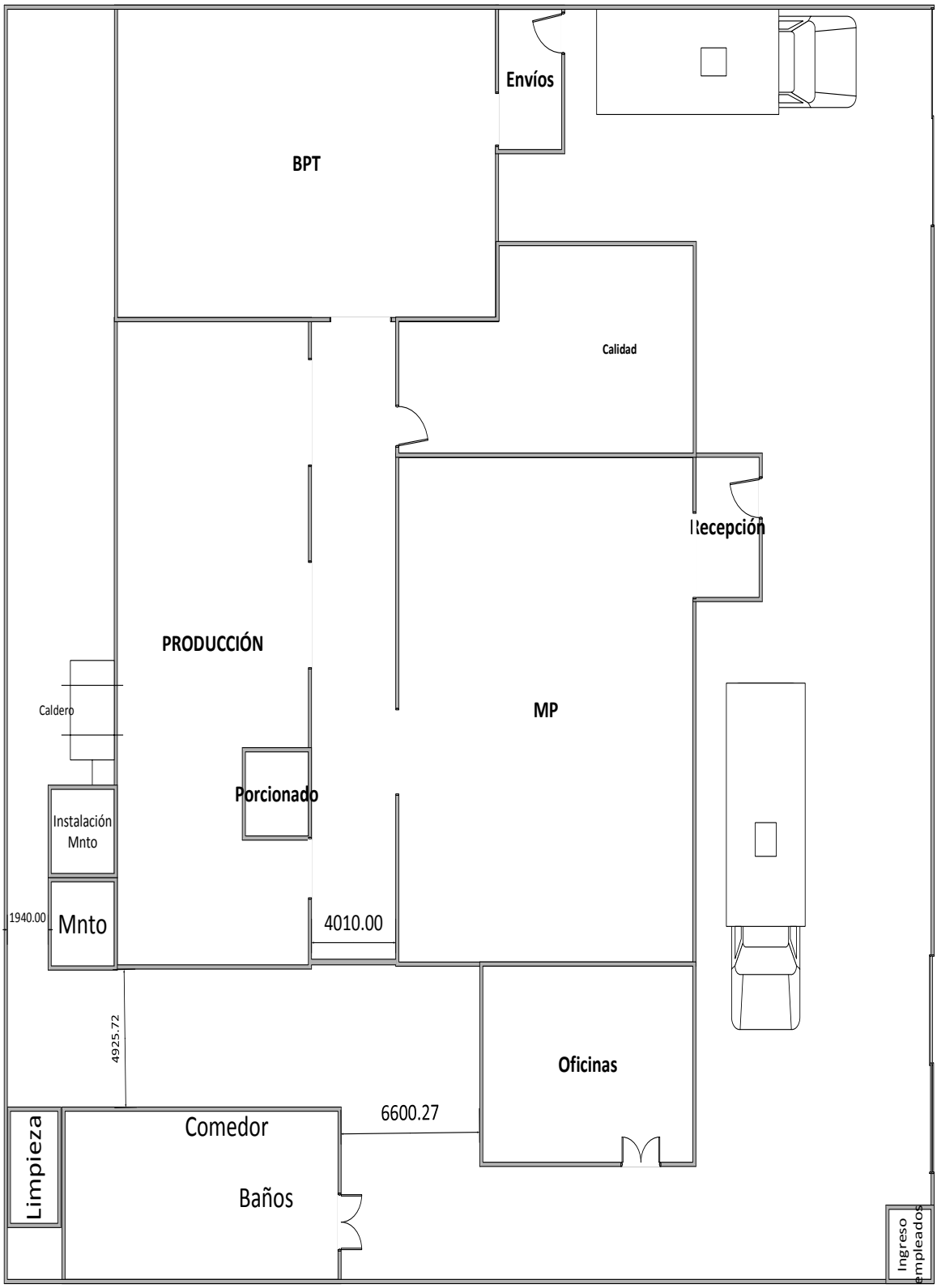


Figura 3.25. Layout Planta para procesamiento y comercialización de Michelada Mix

3.6 PUNTO DE EQUILIBRIO

3.6.1 INVERSIONES, FINANCIAMIENTO Y DEPRECIACIÓN

La implementación de este proyecto exige hacer inversiones iniciales como son el terreno, el galpón, la maquinaria y equipos, etc. Los rubros de la inversión están de acuerdo al diseño de la planta expuesto en este capítulo. La maquinaria y equipos necesarios se detalla en la Tabla 3.32.

Tabla 3.32. Maquinaria y equipos

Equipo	Und	Valor contable ($)	Valor total ($)
Marmita doble chaqueta	1	18 000,00	18 000,00
Bomba helicoidal Hyghyspin 70	1	1 600,00	1 600,00
Tanques almacenamiento	2	3 200,00	6 400,00
Etiquetadora	1	1 800,00	1 800,00
Llenadora Astimec ASA-LLNG-4	1	8 300,00	8 300,00
Tapadora manual	1	1 600,00	1 600,00
Túnel de termoformado 1538D	1	3 200,00	3 200,00
Paletera Hidráulica	4	420,00	1 680,00
Coche 4 ruedas	1	75,00	75,00
Balanza BPA224	1	560,00	560,00
Balanza de piso	1	900,00	900,00
	Total		44 115,00

De acuerdo a la empresa Arquitectura e Ingeniería Estudio el costo por m^2 de un galpón para el sector industrial alimenticio oscila entre los 800-1 200 usd. Este valor incluye la construcción civil de la fábrica (elementos estructurales y arquitectónicos), instalaciones hidrosanitarias (agua fría, agua caliente y aguas negras), sistema eléctrico y de comunicaciones, sistema de ventilación, sistema de drenaje de agua pluviales e industriales, sistema de gas y aire y sistema contra incendios.

El costo de la instalación de la maquinaria y equipos se calculó en un 20 % del valor de la adquisición de estos. Los equipos de computación, muebles y enseres se

calcularon de acuerdo al número de personas que trabajarán en la empresa, tanto en admiración como en lo referente al control del proceso.

Tabla 3.33. Inversiones para la planta

Rubro	Valor total ($)
Terreno	257 400
Edificio	990 000
Maquinaria y Equipo	44 115
Instalación de equipos	8 823
Equipos de computación	5 500
Muebles y enseres	8 800
Total	1 314 638

La depreciación de las inversiones se detalla en la Tabla 3.34.

Tabla 3.34. Depreciación de las inversiones

Equipo	Valor total ($)	Años	Depreciación Mes ($)
Marmita doble chaqueta	18 000,00	10	150,00
Bomba helicoidal Hyghyspin 70	1 600,00	5	26,67
Tanques almacenamiento	6 400,00	10	53,33
Etiquetadora	1 800,00	5	30,00
Llenadora Astimec ASA-LLNG-4	8 300,00	10	69,17
Tapadora manual	1 600,00	5	26,67
Túnel de termoformado 1538D	3 200,00	5	53,33
Paletera Hidráulica	1 680,00	3	46,67
Coche 4 ruedas	75,00	3	2,08
Balanza BPA224	560,00	3	15,56
Balanza de piso	900,00	3	25,00
Edificio	1 440 000,00	20	6 000,00
Equipos de computación	5 500,00	5	91,67
Muebles y enseres	8 800,00	10	73,33
		Total Depreciación	6 663,47

3.6.2 INGRESOS POR VENTAS

Los ingresos por ventas se calcularon en base a la proyección por producto (Anexo Tabla AI.3) de Michelada Mix. El precio de venta por presentación fue el del principal cliente, multiplicado por las unidades proyectadas obteniendo un ingreso mensual de $ 145 494,28 y por lo tanto de $ 1 745 931,36 al año. El detalle del cálculo se muestra en la Tabla 3.35. Con base en esta tabla se fijó el precio de venta unitario promedio en $2,19 resultante de dividir el ingreso total al mes para las unidades totales proyectadas mensuales.

Tabla 3.35. Ingresos de acuerdo con la proyección de ventas mensuales y anuales

Presentaciones Michelada Mix	Precio venta ($)	Cantidad venta (u)	Ingreso total/mes ($)	Ingreso total/año ($)
Original 210 mL	1,93	35 757	69 011,01	828 132,12
Original 540 mL	3,64	3 778	13 751,92	165 023,04
Hot Fiesta 210 mL	2,07	16 000	33 120,00	397 440,00
Hot Fiesta 540 mL	3,89	2 115	8 227,35	98 728,20
Maracuyá 210 mL	2,43	8 800	21 384,00	256 608,00
Total		66 450	145 494,28	1 745 931,36

3.6.3 COSTOS

A efectos del análisis del punto de equilibrio se calcularon los costos de ventas, administrativos, de ventas y mercadeo y financieros con el objetivo de determinar los costos fijos.

El costo de venta se calculó por producto, considerando las recetas (Anexo III) que detallan la materia prima y el material de empaque, los precios de los insumos fueron entregados por la Gerencia General; el costo de mano de obra fue calculado con el costo de una hora hombre y el tiempo estándar de procesamiento por cada presentación (Tabla AIX.1.); y; los gastos indirectos de fabricación se calcularon dividendo el valor total de este rubro para las unidades totales proyectadas, un ejemplo de este cálculo se muestra en la Tabla AIX.2.

La suma del valor unitario de la materia prima, material de empaque, mano de obra indirecta y costo indirecto de fabricación (CIF) dieron como resultado el costo de venta por presentación.

El costo de venta unitario por presentación multiplicado por la proyección de ventas mensual dio como resultado el costo total de venta del mes; este valor multiplicado por 12 meses dio el costo de venta anual que ascendió a $ 588 845,26.
Además, se calculó el costo de venta unitario promedio en $0,74 de dividir el costo de venta mensual para la proyección mensual de ventas en unidades. El detalle se muestra la Tabla 3.36.

Tabla 3.36. Costo de venta para la Michelada Mix

Presentaciones Michelada Mix	Materia Prima ($)	Material Empaque ($)	Mano de Obra Directa ($)	*CIF ($)	Costo Venta ($/u)	Unid proyec-tadas (u)	Costo Venta	
							Mensual ($)	Anual ($)
Original 210mL	0,15	0,15	0,037	0,27	0,61	35 757	21 818,95	261 827,39
Original 540mL	0,40	0,29	0,040	0,70	1,43	3 778	5 391,43	64 697,14
Hot Fiesta 210mL	0,23	0,15	0,037	0,27	0,69	16 000	10 974,83	131 697,94
Hot Fiesta 540mL	0,59	0,29	0,040	0,70	1,62	2 115	3 430,07	41 160,85
Maracuyá 210mL	0,39	0,15	0,031	0,27	0,85	8 800	7 455,16	89 461,94
							49 070,44	588 845,26

** Gastos Indirectos de Fabricación*

Los costos administrativos se calcularon con los sueldos del personal y un factor del 40 % con respecto a sueldos para cubrir los rubros de la existencia del departamento. La Gerencia General de la empresa en estudió proporcionó este porcentaje, dando como resultado un gasto administrativo mensual de $ 9 894,69 y $ 118 736,24 anual (Tabla AIX.3.).

Los costos de ventas incluyen los sueldos del personal de ventas y de mercadeo que corresponden a 1 656,80 $/mes y 19 881,60 $/año, adicional un 6 % del valor correspondiente a las ventas netas, considerando que las ventas se mantengan constantes, este valor ascendió a 124 637,48 $/año (Tabla AIX.4).

Las inversiones para materializar el proyecto detalladas en la Tabla 3.33. se las adquirirá mediante crédito bancario, cuya tasa activa efectiva referencial para el segmento productivo PYME es del 11,25 % anual de acuerdo al Banco Central del Ecuador para febrero 2018. La Tabla AIX.5 muestra un fragmento del gasto financiero mediante la tabla de amortización.

Con la información anterior se generó el estado de resultados proyectado a 10 años, la cual se encuentra en el anexo IX Tabla AIX.6. Los costos fijos promedios en los 10 años fueron de $ 409 299,56.

El punto se equilibrio se calculó con base en la ecuación [1.12] y [1.13]. El porcentaje de la contribución marginal fue de 0,66 resultado de dividir la utilidad bruta para las ventas netas.

$$Punto\ Equilibrio\ (\$) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{\%\ CM} = \$617\ 593{,}58$$

Esto implica que a partir de una venta de $ 617 593,58 la empresa comenzaría a recibir utilidades. Este valor corresponde al 35,37 % de la venta anual proyectada.

El punto de equilibrio expresado en unidades equivale a 282 066,71, esto es 7,18 % de la capacidad instalada anual de la planta considerando 6 personas que trabajan 20 días al mes durante 7 horas al día por 12 meses utilizando el estándar actual de la maquiladora.

$$Punto\ Equilibrio\ (u) = \frac{Costos\ Fijos\ (CF)}{Precio\ de\ venta\ por\ unidad - Costo\ variable} = 282\ 066\ u$$

A partir de este valor la empresa empieza a ser rentable. La Figura 3.26. muestra la intersección de las rectas de ingresos, costos totales, fijos y variables.

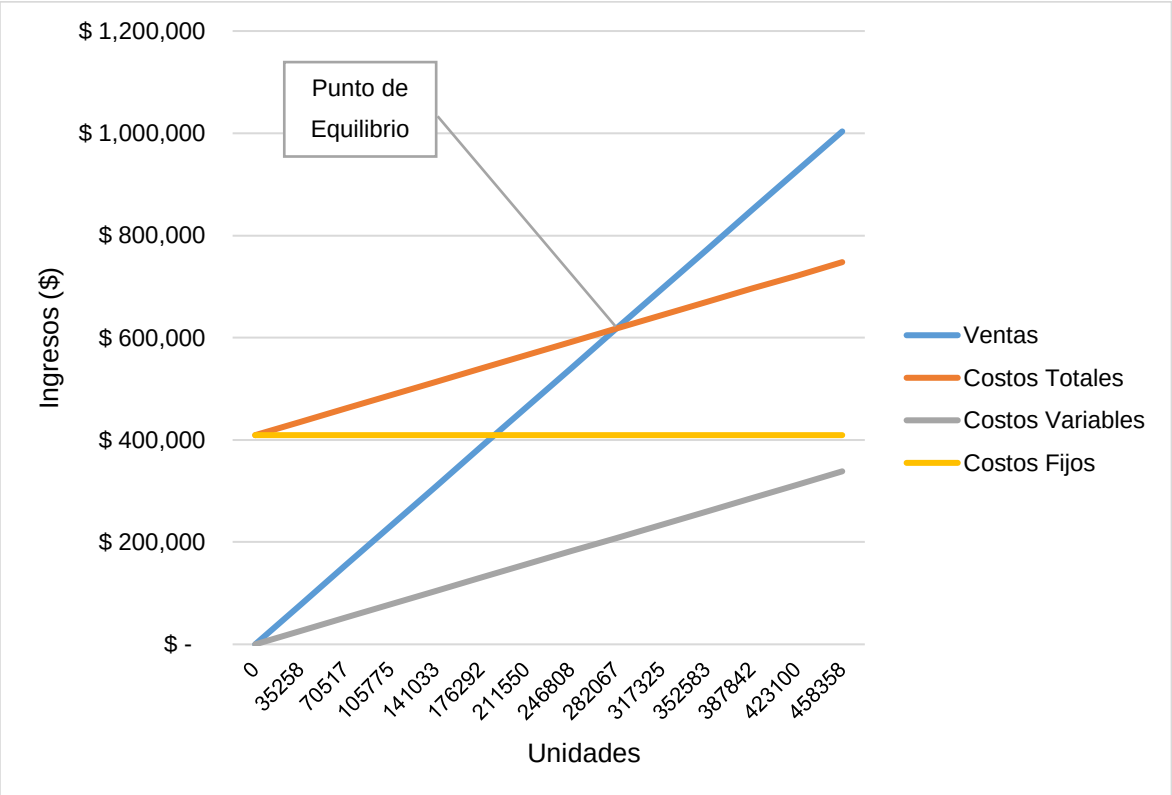


Figura 3.26. Gráfico del punto de equilibrio

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La planta propuesta se ubicará en el sector de Carcelén por tener la mayor puntuación al momento de calificar mediante factores ponderados.

La demanda de la planta se calculó mediante un método cualitativo (Jurado de opinión) y uno cuantitativo (método de los mínimos cuadrados), unificando ambas resultó una proyección de 15 900 kg/mes. Este valor considera ampliar la gama de productos a ofertar, utilizando equipos, tecnología, sistemas de almacenamiento y control similares, aprovechando de mejor manera la inversión.

La planta elaborará los productos bajo un diseño por procesos, que le da la ventaja competitiva de responder con agilidad y flexibilidad a los cambios del mercado, en volumen, variedad y valor de los productos. Esta clase de diseño es compatible con las proyecciones de crecimiento de la empresa, que proyecta incursionar en nuevas ramas de los alimentos, aprovechando de mejor manera la inversión a realizar. Además, con la implementación de esta planta ya no existirá dependencia hacia la empresa maquiladora y podrá controlar los procesos y la calidad de sus productos.

El layout de la planta alcanzó un tamaño de 1 100 m^2, considerando la proyección de crecimiento en ventas, el actual proceso productivo y futuras líneas de producción y las respectivas áreas de apoyo. El diseño realizado permitirá realizar un control eficiente de los procesos y sus costos, pues guarda estrictas condiciones que permitirán un manejo óptimo de la cadena de suministros desde el abastecimiento de materias primas y materiales hasta el almacenamiento de producto.

La planta requiere una inversión de $1 314 638 y su punto de equilibrio en unidades se calculó en 282 066, y sería rentable a partir de $ 617 593,58 anuales de venta.

Los algoritmos de diseño de planta aprendidos en la Maestría de Ingeniería Industrial y Productividad aplican a una Pequeña y Mediana (PYME) sin problemas, pues permiten la planificación de una planta enfocada a un mercado selecto y permiten viabilizar la inversión.

El diseño de plantas requiere un amplio conocimiento de las técnicas como del proceso involucrado; el uso del conocimiento adquirido de la empresa maquiladora fue importante para la planificación de la nueva planta.

El diseño de planta para esta PYME cumple con todas las exigencias basadas en las Buenas Prácticas de Manufactura emitidos por la autoridad competente del país y con espacios establecidos por normas nacionales.

4.2 RECOMENDACIONES

La aceptación de la Michelada Mix en el mercado nacional e internacional, por su innovación y calidad, hace pensar en desarrollar una amplia gama de productos, como salsas, aderezos gourmet, condimentos o snacks deshidratados que permitan optimizar el uso de los recursos de la planta y permitan la incursión en mercados nuevos.

Se recomienda implementar el diseño de planta descrito para que la empresa pueda mejorar la eficiencia y calidad de su producción.

El proyecto es factible y puede ser presentado a las entidades financieras a fin de lograr el financiamiento necesario para el establecimiento de la nueva planta.

Debido a que se estima que la demanda será mayor, será necesario a futuro pensar en un incremento de capacidad pues existe la demanda y es necesario aprovechar el mercado. El diseño actual permitiría generar ampliaciones para lograr este fin.

Realizar investigaciones de mercado para identificar nuevas oportunidades de negocio que puedan ser incluidas en el actual proceso productivo o que no impliquen mayores inversiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arroyo, M., Torres, J. (2012). *Organización de Plantas Industriales*: *Apuntes de Estudio*. Recuperado de https://issuu.com/ingenieriaarquitecturausat/docs/organizacion_de_plantas_industriales (Septiembre, 2016).

2. Bennewitz, P. (2015), - *U.C.V. Operaciones 2 Distribución en Planta,* Recuperado de https://vdocuments.site/download/profesor-pablo-diez-bennewitz-ingenieria-comercial-ucv-o-peraciones (Junio 2017).

3. Brusil, D., Torres, M. y Galindo, A. (2010). *Análisis y Rediseño de la* Distribución *Física de una Fábrica Panificadora.* (Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Producción). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

4. Cárcel, F., Porta, R., Carrión, G., Mariottoni, C. (2012). *El diseño de planta industrial basado en la fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y compromiso medioambiental: Estudio* casos *en industria alimentaria.* En XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Valencia, España. Recuperado de http://www.nipe.unicamp.br/2013/docs/publicacoes/aeipro.com-files-congresos-2012valencia-ciip12-0703-0714.3749.pdf (Enero, 2017)

5. Carro, R. y González, D. (2012). *El* sistema *de producción y operaciones.* Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1606/1/01_sistema_de_produccion.pdf (Junio, 2017).

6. Chapman, S.N. (2006). Planificación y control de la producción. (1era. ed.). México: Pearson Educación, S.A.

7. Chase, R., Jacobs, F. y Alquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones,* Producción *y cadena de suministros.* (12ma ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
8. Chopra, S. y Meindi, P. (2008). Administración *de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. (3era ed.). México: Pearson Educación, S.A.

9. Colin, J. (2008). *Contabilidad de Costos.* (3era ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.

10. Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* (2da. ed.). México D.F. México: McGraw-Hill.

11. Cus, J. y Navascués, R. (2001), *Manual de Logística Integral*, (1era ed.). España, Madrid: *Ediciones* Díaz de Santos, S.A.

12. Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., (2004a), *Tema 4. Distribución en Planta en Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos.* Valencia, España: Editorial UPV.

13. Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., (2004b), *Tema 5. Localización de Instalaciones en Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos*. Valencia, España: Editorial UPV.

14. Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., (2004c), *Tema 7. Almacenes en Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. Valencia,* España: Editorial UPV.

15. Diego-Mas, J. (2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades.* (Tesis Doctoral). Universidad

Politécnica de Valencia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/311939744

16. Diego-Mas, J. (2010). *Distribución en planta.* Recuperado de https://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf (Junio, 2017).

17. Gaither, N. y Fraizer, G. (2000). *Administración de Producción y operaciones.* (8va ed.). México: International Thomson Editores.

18. Grocin, S. (2012). *Requisitos de las Instalaciones de las industrias* agroalimentarias. España: Graficas Ulzama S.A. Recuperado de: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/AF89D5BA-59B7-4216-909D-5B57FC8BD54C/197388/GuiasInstalacionesReglamento8522004.pdf (Mayo, 2017).

19. Guerrero, H. (2009). *Inventarios: Manejo y control.* (1era. ed.). Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.

20. Heizer, J. y Bender, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones.* Decisiones *estratégicas*. (8va. ed.). España: Pearson Educación, S.A.

21. Heizer, J. y Bender, B. (2009). *Administración de Operaciones.* (7ma. ed.). España: Pearson Educación, S.A.

22. Hicks, P. (2000). *Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva.* (2da *ed*.) México: Compañía Editorial Continental, S.A.

23. http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/143788/Pliego+Tarifario+Enero+2016/414767b2-234d-4f10-a578-2c2990465c1f (Enero, 2016).

24. Jacobs, F.R. y Chase, R.B. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministros*. (13era. ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.

25. Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología.* (5ta ed.). México: Pearson *Educación*, S.A.

26. Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones.* (8va ed.). México: Pearson Educación S.A.

27. Meyers, F. y Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales.* (3era ed.). México: Pearson *Educación*, S.A.

28. Muther, R. (1981). Distribución *en Planta: materiales, maquinaria, hombres, movimientos, tiempos, planeación y conducción.* (4ta ed.). España: Editorial Hispano Europea.

29. Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo.* (12ma ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.

30. *Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados, plantas procesadoras de alimentos,* establecimientos *de distribución, comercialización, transporte y establecimientos de* alimentación *colectiva* (2015) Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG.

31. Pinzón, B. (2010). *Diseño de Plantas Industriales.* Recuperado de: http://myslide.es/documents/diseno-de-plantas-industriales.html (Enero, 2016).

32. Polimeni, R. S., Fabozzi, F, Adelberg, A., Kole, M. (1997). *Contabilidad de Costos.* (3era ed.). Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL Interamericana S. A.

33. Ramírez, F. (2003). *Consultor del Ingeniero Industrial,* Tomo I. (1era ed.). Colombia: Grupo Latino Editores.

34. Recuero, A. Rio, O. Álvarez, M. y San José, M. (2004). *Dibujo automático de distribuciones* en *planta a partir de un grafo de adyacencias. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 20 (2), 103-122. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2646/RR202A.pdf (Junio, 2017).

35. *Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo* (1986). Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565.

36. Ríos, E. (2013). *Diseño de Sistemas Productivos: Distribución en plantas industriales con ayudas multimedias.* (1era ed.). *Medellín*, Colombia: Reimpresos Universidad de Antioquia.

37. Salazar, B. (2016). Métodos de distribución y redistribución en planta. Recuperado de: https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise %C3 %B1o-y-distribuci %C3 %B3n-en-planta/m %C3 %A9todos-de-distribuci %C3 %B3n-y-redistribuci %C3 %B3n-en-planta/ (Junio, 2017).

38. Segovia, N. y *Vera*, R. (2013). *Diseño de un plan de localización óptimo para una empresa envasadora y distribuidora de Hidrocarburos*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Logística y Transporte). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

39. Serrano, H. (2014). *Layout-Disposiciones de instalaciones*. Recuperado de http://admproduccionuba.blogspot.com/2014/04/layout-disposicion-de-instalaciones.html (Febrero, 2017).

40. Sortino, R. (2001), *Radicación y Distribución de Planta (Layout) como Gestión Empresaria.* Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87740609 (Agosto, 2016).

ANEXOS

ANEXO I

CÁLCULO BASE DE LAS PRESENTACIONES DE MICHELADA MIX

Tabla AI.1. Ventas de Michelada Mix en unidades, trimestres y años

Años	Trimestre	Unidades de Michelada Mix				
		Original 210 mL	Original 540 mL	Hot Fiesta 210 mL	Hot Fiesta 540 mL	Maracuyá 210 mL
2015	Trim.1	17 872	3 298	9 207	1 176	0
	Trim.2	15 005	4 503	7 657	3 624	960
	Trim.3	13 432	2 720	5 287	1 785	6 840
	Trim.4	17 708	3 544	6 153	1 988	4 578
2016	Trim.1	13 845	6 215	6 491	2 357	4 407
	Trim.2	15 529	3 910	6 760	2 913	5 457
	Trim.3	10 608	3 594	4 885	2 618	3 966
	Trim.4	22 004	6 443	9 945	2 710	4 810

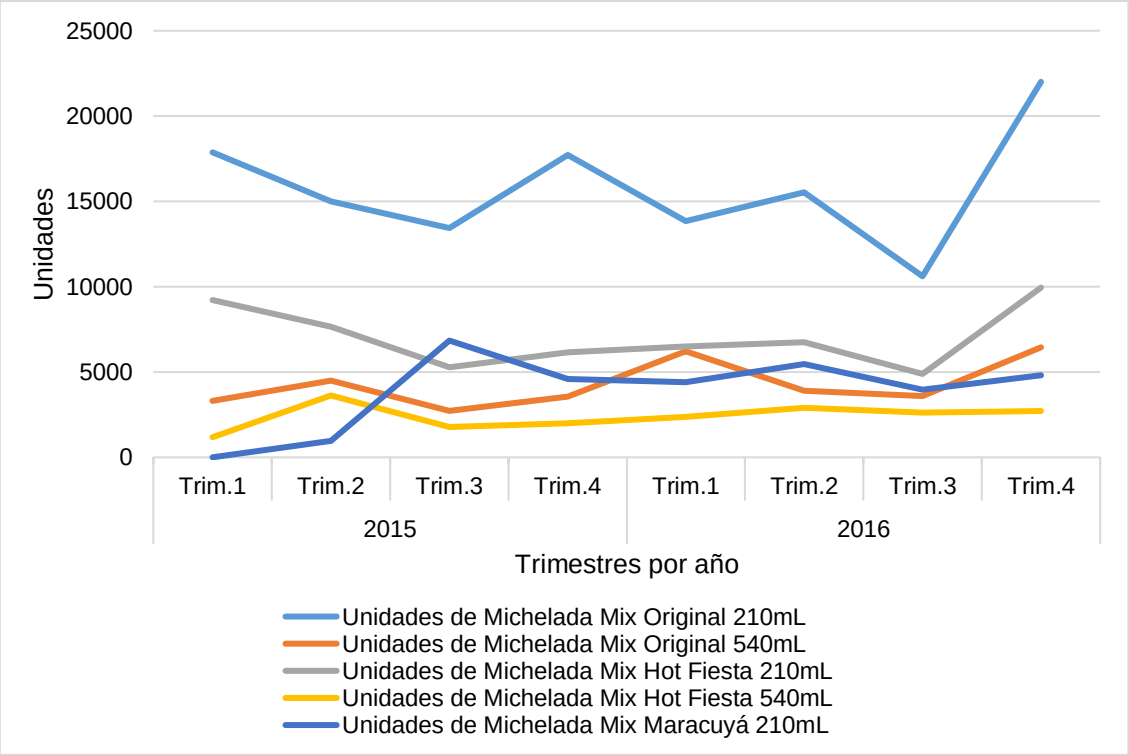


Figura AI.1. Comportamiento de las ventas de Michelada Mix por presentación

Tabla AI.2. Tabulación en kg de la familia Michelada Mix por año y trimestre

Años	Trimestre	kg
2015	Trim.1	8 103
	Trim.2	9 349
	Trim.3	7 800
	Trim.4	8 959
2016	Trim.1	9 825
	Trim.2	9 511
	Trim.3	7 441
	Trim.4	12 662

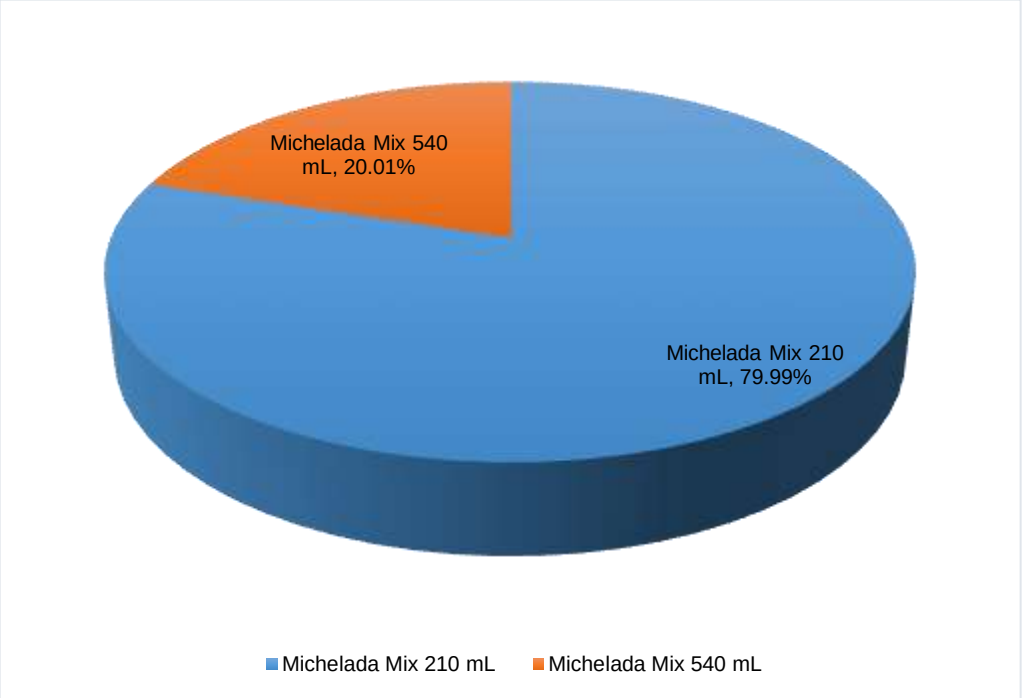


Figura AI.2. Distribución de Michelada Mix por presentación volumétrica

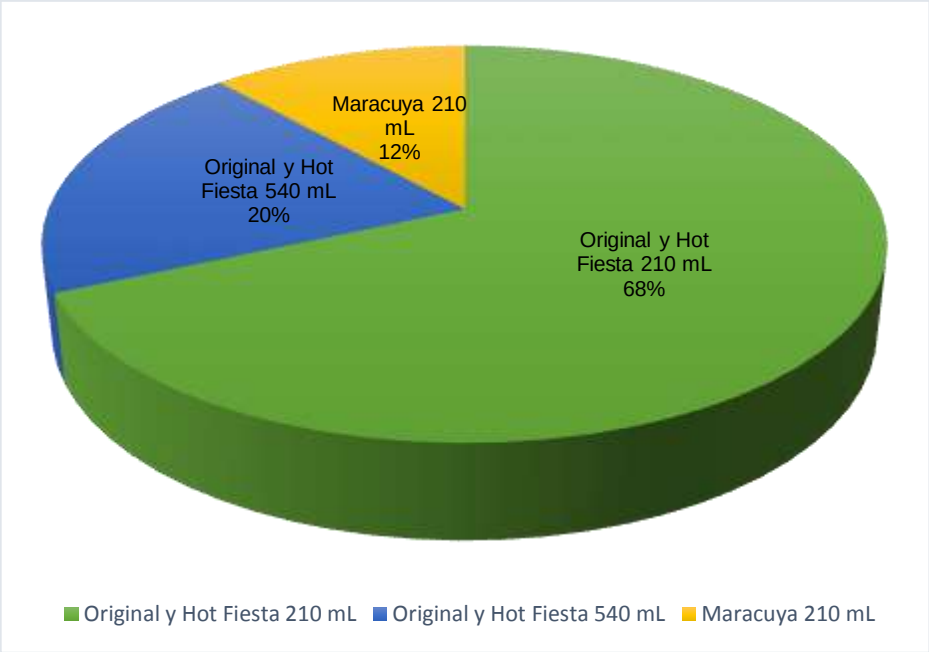


Figura AI.3. Distribución de la Michelada Mix por actividades de empacado similar

Tabla AI.3. Demanda en kg de Michelada Mix de acuerdo con la distribución porcentual en el mercado de la Michelada Mix por presentación

Presentaciones Michelada Mix	**Distribución actual en el mercado**		**Distribución en función de la demanda**	
	kg	**%**	**kg**	**Unidades**
Original 210 mL	15 750	47,23	7 509	35 757
Original 540 mL	4 278	12,83	2 040	3 778
Hot Fiesta 210 mL	7 048	21,13	3 360	16 000
Hot Fiesta 540 mL	2 396	7,19	1 142	2 115
Maracuyá 210 mL	3 877	11,63	1 848	8 800
Total	33 351	100,00	15 900	66 450

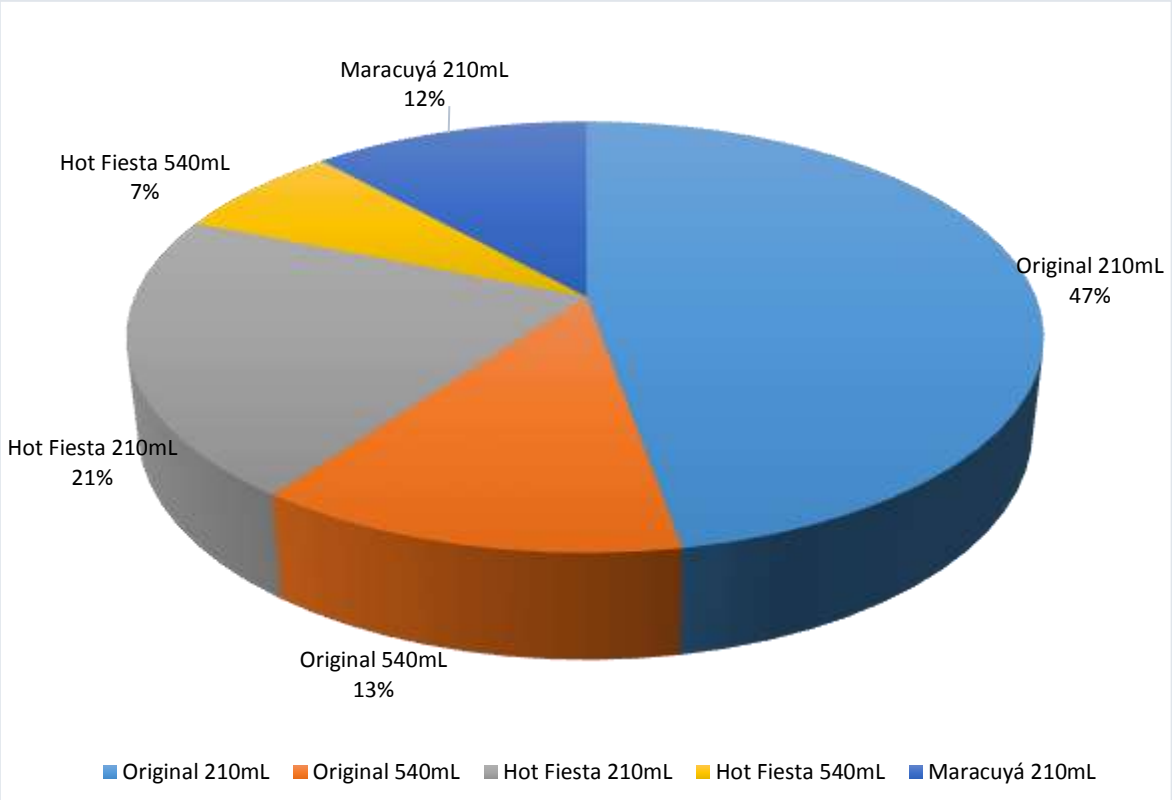


Figura AI.4. Distribución porcentual en el mercado de la Michelada Mix por presentación

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN y BALANCES DE MASA Y ENERGÍA PARA LA MICHELADA MIX

Balance de Masa tipo para Michelada Mix

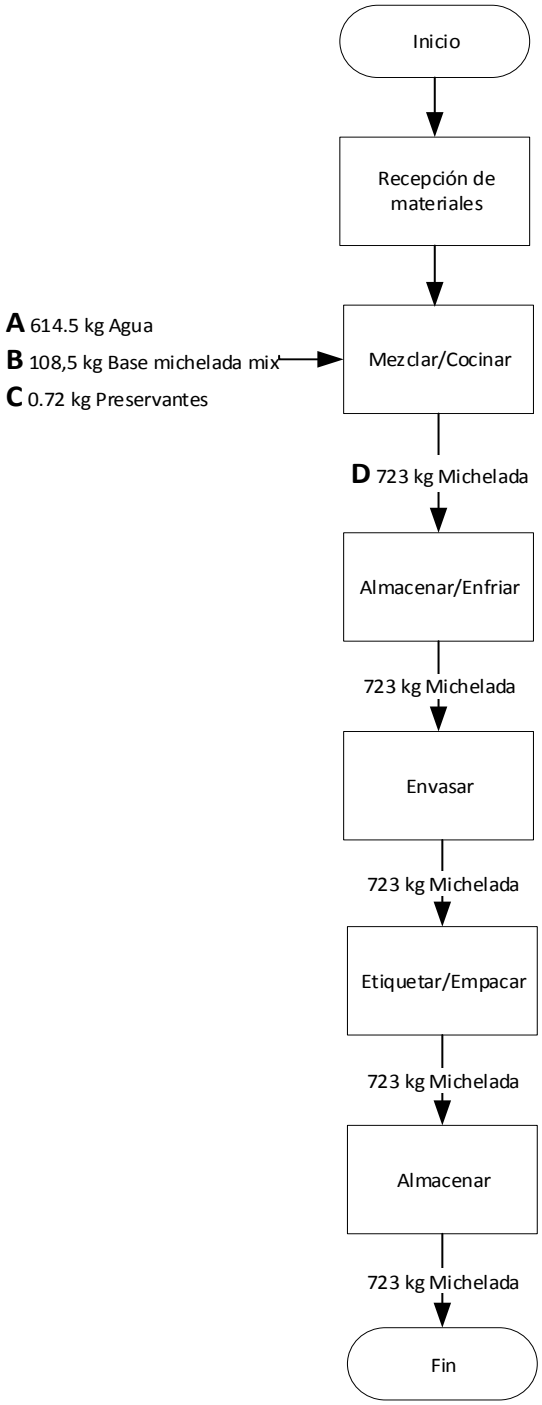


Figura AII.1. Balance de masa tipo para Michelada Mix

Capacidad de producción: Michelada Mix Original: $723\,\frac{kg}{día}$

Formulación de insumos: Preservantes:$100\frac{mg}{kg}$

Formulación de la Michelada Mix Original

- Base Michelada Mix: 15,00 %
- Agua: 85,00 %
- Preservantes: 0,10%

Con base a los datos mencionados se determinó el balance de masa para la elaboración de $723\ \frac{kg}{día}$ de la michelada mix original, a continuación se detallan los procesos relevantes.

Envasado

$$\boldsymbol{D} = 723\ \frac{kg}{día}$$

Mezclado y Cocción

Con la formulación de insumos

$$\boldsymbol{C} = 100\ \frac{mg}{kg\ michelada} \times 723\ kg\ Michelada\ \times \frac{1\ kg}{1 \cdot 10^6\ mg} = 0.723\ kg\ Preservantes$$

Considerando la formulación porcentual se tiene:

$$B = 0{,}15 * 723 = 108{,}45\,\frac{kg}{día}\ base\ michelada\ mix$$

$$A = 0{,}85 * 723 = 614{,}54\ \frac{kg}{día}\ \ agua$$

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B} + \boldsymbol{C}$$

$$\boldsymbol{D} = \ 614.54\ \frac{kg}{día}\ Agua + 108.45\ \frac{kg}{día}\ Base\ MicheladaMix + 0.723\ \frac{kg}{día}\ Preservantes$$

Balance de Energía tipo para Michelada Mix

Tabla AII.1. Parámetros empleados en el balance de energía

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Capacidad calorífica de la base	Cpb	0.879	(kJ/kg°C)
Capacidad calorífica del agua	Cpa	4.19	(kJ/kg°C)
Capacidad calorífica de la mezcla	Cpmz	3.65	(kJ/kg°C)
Temperatura de entrada de la mezcla	Temz	15	°C
Temperatura de pasteurizaciófn de Michelada Mix	Tpmm	95	°C
Masa de la bebida	Mmm	722	kg
Calor latente del agua	Lp	2251,18	kJ/kg

El proceso que requiere uso de energía es la cocción de la Michelada Mix, para calcular la cantidad de energía necesaria para realizar el proceso se utiliza la ecuación AII.1

$$Q_f = m_f * cp_f * \Delta T \qquad \text{[AII.1]}$$

Donde Q_p es la energía necesaria para realizar la cocción y ΔT indica la diferencia de temperaturas de salida y entrada al proceso.

$$Q_p = m_p * cp_p * \Delta T$$

$$Q_p = 723\ kg * 3{,}65 \frac{kJ}{kg°C} * (95 - 15)°C$$

$$Q_p = 211\ 116\ kJ$$

La masa de vapor necesaria para realizar el proceso de pasteurización se calcula con la ecuación AII.2

$$m_v = \frac{Q_P}{Lp} \qquad \text{[AII.2]}$$

$$m_v = \frac{211\ 116\ kJ}{2\ 251{,}18 \frac{kJ}{kg}}$$

$$m_v = 93{,}78\ kg$$

Las tuberías necesarias para el proceso se detallan en la Tabla AII.2.

Tabla AII.2. Tuberías necesarias para los flujos en la planta

Corriente	Nomenclatura	Cédula	Diámetro nominal (pulg.)	Flujo transportado	Material de la tubería
A	2”-SS-SA-A	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
B	2”-SS-SA-B	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
C	2”-SS-SA-C	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
D	2”-SS-SA-C	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
E	2”-SS-SA-C	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
F	2”-SS-SA-C	40	2	Michelada Mix	Acero inoxidable AISI 304
G	2”-PVC-SA-F	40	2	Agua	PVC
H	2”-CS-SA-E	40	2	Vapor de agua	Acero al carbón
H´	2”-CS-SA-E´	40	2	Vapor de agua	Acero al carbón

SS: acero inoxidable, CS: acero al carbón, SA: sin aislante

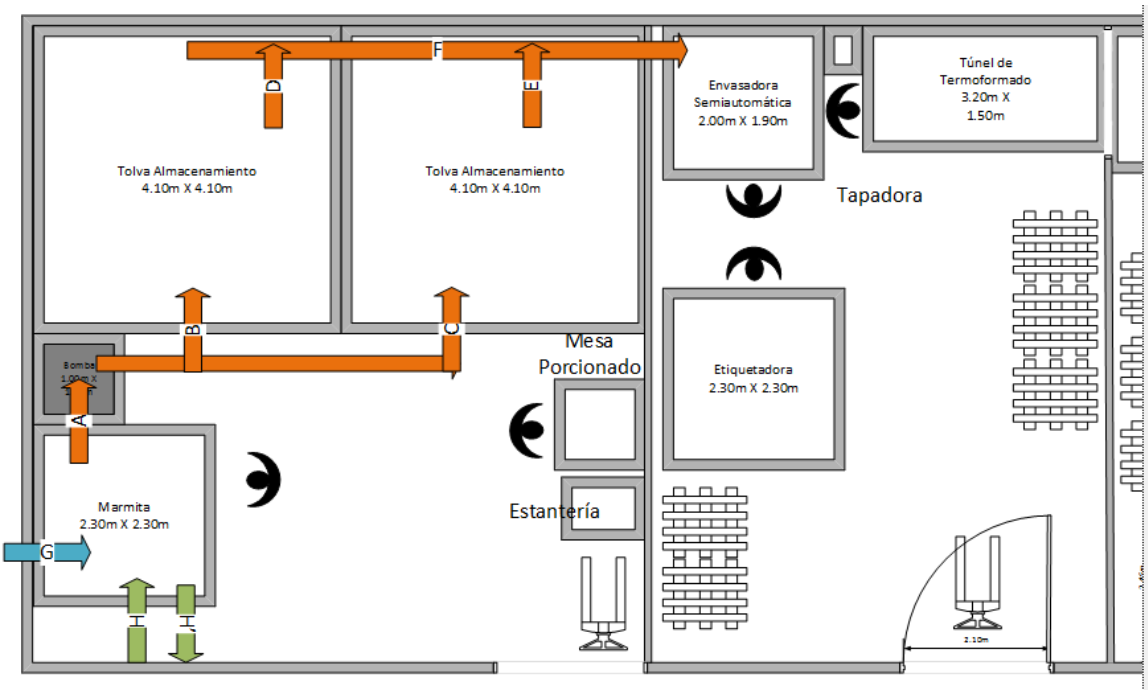


Figura AII.2. Diagrama de las tuberías en la planta para Michelada Mix

Tabla AII.3 Codificación de accesorios del proceso

Nomenclatura	Tipo	Diámetro nominal (pulg.)	Flujo de operación	De/Hacia
VM-101	Bola	2	Agua	A marmita
VM-201	Bola	2	Michelada Mix	Marmita – bomba
P-201	Diafragma	1	Michelada Mix	Bomba 1 – tanque 1
VM-202	Bola	2	Michelada Mix	Bomba 1– tanque 2
P-202	Diafragma	1	Michelada Mix	Bomba 2 – envasadora 1
VM-203	Bola	2	Michelada Mix	Tanque 1- Bomba 2
VM-204	Bola	2	Michelada Mix	Tanque 2- Bomba 2
VM-205	Bola	2	Michelada Mix	Ingreso llenadora

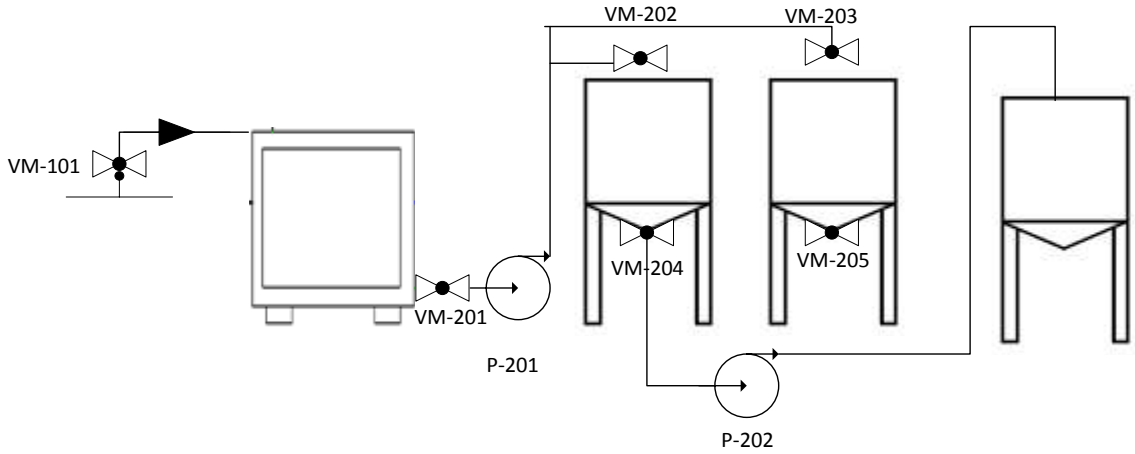


Figura AII.3. Diagrama de los accesorios en la planta para Michelada Mix

Tabla AII.4. Características de los equipos para la producción de Michelada Mix

MARMITA (INDUSTRIAL KETTLES)	
	Material: Acero inoxidable AISI 304 Doble chaqueta Ingreso y salida de agua Voltaje de entrada: 220 V, frecuencia 60 Hz Presión de Prueba hidrostática de 90 PSI Presión de trabajo 30 PSI Estructura en acero inoxidable AISI 304 Motor-reductor 2 HP Variador de velocidad de control vectorial 1.5 Kw Viscosidad máxima permisible: 8 000 Cps Dimensión: 100 x 100 x 120 cm (altura total) Capacidad: 350 L
BOMBA NEUMÁTICA DE DOBLE DIAFRAGMA SANITARIA	
	Apta para la industria alimenticia Capacidad de bombeo: 45,5 GPM Diámetro máximo solidos: 3,2 mm (0.125”) Materiales: acero inoxidable 316, elastómeros de saniflex, PTFE Ingreso/Salida: 1 pulgada Entrada de aire: ¼ pulgadas Presión de trabajo hasta 8,2 bar (125 psi) Altura max de aspiración: 7,6 m en seco, 9,0 m en húmedo Peso: 8 kg Medidas: alto 35,60 cm, ancho 29,6 cm, largo 23,1 cm Temperatura del producto: -10 ºC hasta 130 ºC Limpieza COP (clean out place) Detector de fugas, contador de recorridos. Marca: Wilden P2 serie FDA
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
	Recipiente vertical y cilíndrico Sistema de agitación lenta Paleta tipo ancla baja velocidad hasta 20 rpm Capacidad: 1 250 kg Material: Acero inoxidable SAE 304 Dimensiones: 1,00 m de diámetro, 1,60 m altura: patas regulables Salida: válvula media vuelta 1 ½ ”

Tabla AII.3. Características de los equipos para la producción de Michelada Mix **(continuación…)**

LLENADORA POR GRAVEDAD NEUMÁTICA	
	Productos líquidos o de baja viscosidad Material botellas: plásticas, de vidrio, metal o doy-pack Capacidad envasado: 30 a 4 000 c.c. Tanque de alimentación: 60 litros con válvula de flotador para mantener volumen constante. Boquillas con pistones neumáticas para evitar goteo, llenado uniforme. Opciones para envasar doypack. Sistema de accionamiento neumático para desplazamiento del soporte de las boquillas a través de una válvula de pedal para que ingresen en los envases. Rendimiento aproximadamente 20 botellas x minuto (de 500 c.c. con 4 boquillas) Tanque distribuidor, con cuatro válvulas de paso de 3/4" y acople para manguera PVC flexible. (proyección para seis) Guías longitudinales regulables y regulador de altura para distintos formatos de botellas y bolsas doy-pack. Mesa de soporte de 1,2 m. de ancho x 6,0 m. de fondo Unidad de mantenimiento para el aire comprimido. Requiere: aire comprimido a 90 PSI (6,2 bar), consumo aprox. 3.5 CFM. Tensión eléctrica 220 voltios trifásica. Marca: Astimec ASA-LLGN-4
CORONADORA MANUAL	
	Herramienta de accionamiento neumático con copa cambiable de acero inoxidable fijada a la boquilla de la herramienta que permite manualmente ajustar con torque exacto las tapas en botellas de 500 c.c. a 4 000 c.c. La herramienta va suspendida con un cable de acero con resorte o contrapeso y conectada a una manguera espiral de ¼" x 10 m. Incluye unidad de mantenimiento de ¼" para el aire comprimido. Dado estriado para un tipo de tapa.

Tabla AII.3 Características de los equipos para la producción de Michelada Mix **(continuación…)**

TUNEL TERMOFORMADO	
	Usado para termo encoger fajillas en frascos o botellas. Material: acero inoxidable SAE 304 para evitar oxidación por humedad. Alimentación: manual y colocación manual de fajilla. Temperatura: controlada por pirómetro y tarjeta electrónica, y ventiladores, generada por resistencias de cartucho, 4 ventiladores centrífugos distribuyen el calor en el horno. Dimensiones internas de cámara de calor: alto 38 cm, ancho 20 cm y largo 80 cm. Dimensión de horno: alto 150 cm, ancho 40 cm, largo, 150 cm. Voltaje 220 dos fases. Pirómetro electrónico para control de temperatura, reguladores de calor por zona. Dispuesto con variador de velocidad de banda transportadora. Banda en acero inoxidable tipo malla. Provisto de ventiladores centrífugos para repartición de calor, variador de velocidad en banda. Sistema de protección para sobrecargas y cortocircuitos.
ETIQUETADOR SEMIAUTOMÁTICO	
	Envases: botellas de vidrio o plástico de forma redonda para etiquetas adhesivas, semienvolventes. Cabezal derecho para rollo de etiquetas. Fabricada en acero inoxidable 304 Incluye contador de envases etiquetado Velocidad: 10-30 pcs/min Altura botella: 30-300 mm, Altura etiqueta: 15-180 mm Precisión etiquetado: ± 0.5 mm Voltaje + Potencia: 220 V 60 Hz 1ph-0.2 Kw Peso maquina: 35 kg Dimensiones: 750 x 350 x 650 mm

ANEXO III

RECETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LA MICHELADA MIX

Tabla AIII.1. Receta para la producción de la Michelada Mix Original granel

INGREDIENTE	%
Base Michelada Mix Original	15,00
Agua	85,00
Preservantes	0,10
Total	100,00

Tabla AIII.2. Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta granel

INGREDIENTE	%
Base Michelada Mix Hot Fiesta	18,00
Agua	82,00
Preservantes	0,10
Total	100.00

Tabla AIII.3. Receta para la producción de la Michelada Mix Maracuyá granel

INGREDIENTE	%
Base Michelada Mix Maracuyá	20,00
Agua	80,00
Preservantes	0,10
Total	100.00

Tabla AIII.4. Receta para la producción de la Michelada Mix Original 210 mL

INGREDIENTE	und
Envase PET 205 mL	1
Etiqueta Michelada Mix original 210 mL	1
Tapa #28 negra	1
Capuchón termoencogible	1
Caja x 24u	0,04

Tabla AIII.5. Receta para la producción de la Michelada Mix Original 540 mL

INGREDIENTE	und
Envase PET 500 mL	1
Etiqueta Michelada Mix Original 540 mL	1
Tapa #28 negra	1
Caja x 12u	0,08

Tabla AIII.6. Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta 210 mL

INGREDIENTE	und
Envase PET 205 mL	1
Etiqueta Michelada Mix Hot 210 mL	1
Tapa #28 negra	1
Capuchón termoencogible	1
Caja x 24u	0,04

Tabla AIII.7. Receta para la producción de la Michelada Mix Hot Fiesta 540 mL

INGREDIENTE	und
Envase PET 500 mL	1
Etiqueta Michelada Mix Hot Fiesta 540 mL	1
Tapa #28 negra	1
Caja x 12u	0,08

Tabla AIII.8. Receta para la producción de la Michelada Mix Maracuyá 210 mL

INGREDIENTE	und
Envase PET 210 mL	1
Etiqueta Michelada Mix Maracuyá 210 mL	1
Tapa #28 negra	1
Caja x 24u	0,08

ANEXO IV

MANEJO DEL MATERIAL DE EMPAQUE POR PARTE DE LOS PROVEEDORES Y SU ALMACENAJE

Tabla AIV.1. Manejo del material de empaque primario para Michelada Mix desde el proveedor

Material	Compra Mínima (und)	und/und de manejo		Medidas de la und de manejo			Cantidad und manejo	Capacidad de unid de manejo por paleta			Und x paleta
				Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		Largo (u)	Ancho (u)	Alto (u)	
Caja x 24u	1 000	25	u/bulto	0,41	0,50	0,30	40	2	3	6	900
Caja x 12u	1 000	25	u/bulto	0,41	0,50	0,30	40	2	3	6	900
Capuchón termoencogible	100 000	50 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	2	n/a	n/a	n/a	n/a
Envase PET 205 mL	20 000	400	u/funda	1,15	0,74	0,20	50	1	1	10	4 000
Envase PET 500 mL	6 120	180	u/funda	1,20	0,80	0,22	34	1	1	9	1 620
Etiqueta Michelada Mix original 210 mL	100 000	25 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	4	n/a	n/a	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Original 540 mL	100 000	25 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	4	n/a	n/a	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Hot 210 mL	100 000	25 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	4	n/a	n/a	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Hot 540 mL	100 000	25 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	4	n/a	n/a	n/a	n/a
Etiqueta Michelada Mix Maracuyá 210 mL	100 000	25 000	u/caja	0,50	0,50	0,60	4	n/a	n/a	n/a	n/a

ANEXO V

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE EMPAQUE PRIMARIO Y DE EMBALAJE PARA LA MICHELADA MIX

Tabla AV.1. Características del material de empaque primario para Michelada Mix

Características	Envase 205 g	Envase 540 mL	Tapa #28
Alto (mm)	182	177	20,1
Diámetro (mm)	46,0	68,5	31,0
Peso (g)	22,5	37,0	3,8
Material	PET	PET	Polietileno
Presentación	400 u/funda	176 u/funda	3 000 u/funda

Tabla AV.2. Características del material de embalaje para Michelada Mix

Presentación	210 mL	540 mL
Largo (mm)	28,2 ± 3	27,8 ± 3
Ancho (mm)	18,6 ± 3	20,9 ± 3
Alto (mm)	19,0 ± 3	18,0 ± 3
Resistencia min (lb/pulg)	26	26
Test	150 kraf tipo C	150 kraf tipo C
Unidades por caja	24	12

ANEXO VI

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE CAJAS EN PALETAS ESTÁNDAR PARA MICHELADA MIX

Tabla AVI.1. Diseño de una paleta estándar de Michelada Mix para presentaciones de 210 y 540 mL

Presentación	**210 mL**	**540 mL**
Base	20 cajas	18 cajas
Alto	9 cajas / 2,0 m	9 cajas / 1,9 m
Total	180 cajas	162 cajas

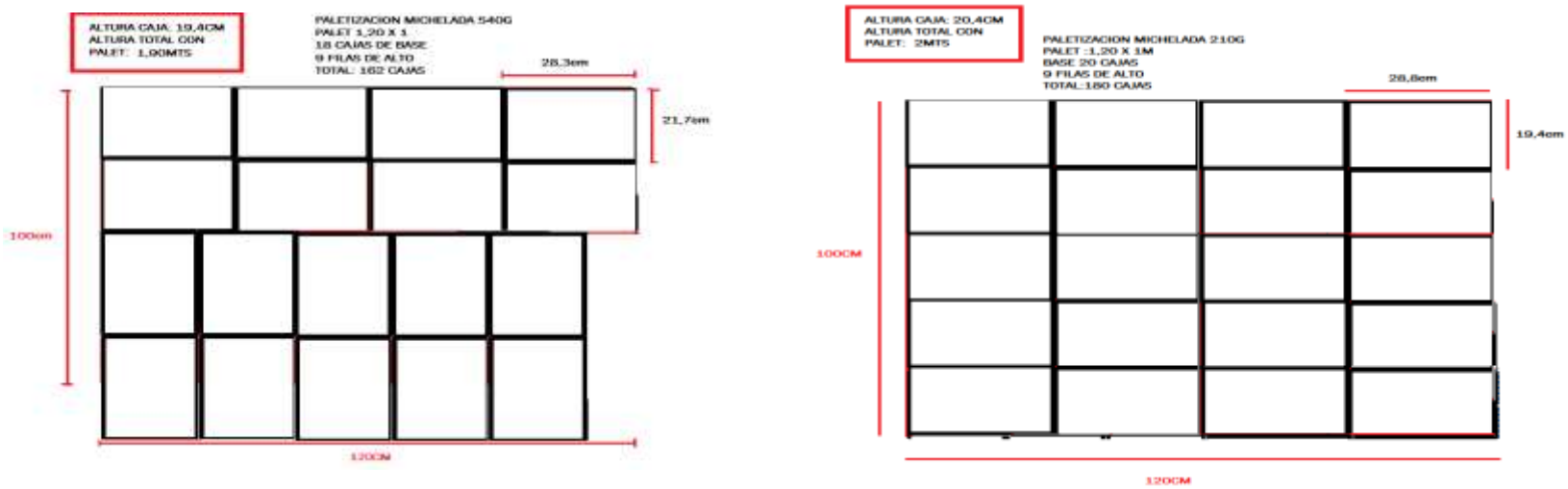


Figura AVI.1. Estructura de la base de una paleta estándar de Michelada Mix para presentaciones de 210 y 540 mL

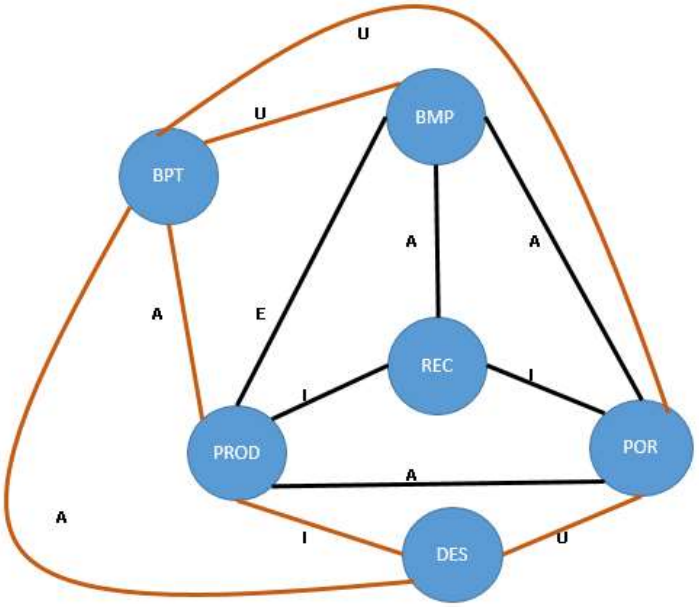
ANEXO VII
DETALLES TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS PARA MANEJO DE MATERIALES

Tabla AVII.1. Características técnicas de los equipos para manejo de materiales

Equipo	Características técnicas
Paletera hidráulica	Capacidad: 3 000 kg Base de apoyo reforzada y uñas de alto espesor para mayor seguridad y resistencia. Triangulo de soporte en el cordón de la soldadura. Bomba de fácil mantenimiento a prueba de fugas Operación manual o con pedal Dimensiones: 1,705 m x 0,55m (ancho horquilla)
Carro plataforma	Capacidad: 250 kg Dimensiones: 85 cm alto x 75 cm largo x 47 cm profundidad Plegable Estructura metálica recubierta de plástico de 60 x 40 cm Ruedas de goma Peso: 11 kg

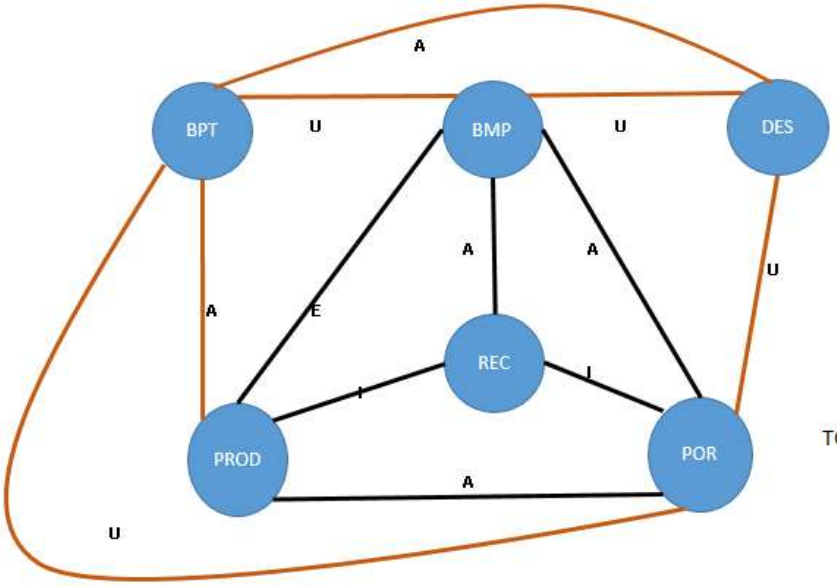
ANEXO VIII

TETRAEDROS DE MAYOR PUNTUACIÓN



TCRa= TCR bas 2 x A + 1 x I + 3 x U

=462



TCRa= TCR base + 2 x A + 4 x U

=454

Figura AVIII.1. Ejemplos de los tetraedros de mayor puntuación

ANEXO IX
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL COSTO DE LA MICHELADA MIX PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Tabla AIX.1. Cálculo del costo de la mano de obra para la producción de cada Michelada Mix de acuerdo con la capacidad de producción de la maquiladora

Descripción	Unidades (botellas)		Tiempo unidad	Costo mano de obra	
				Costo MOD unidad	
	h/h	Día	Hora	Hora	Producto
Michelada Mix Original 210 mL	77	3,234	0,01299	3,60	0,047
Michelada Mix Original 540 mL	72	3,024	0,01389	3,60	0,050
Michelada Mix Hot Fiesta 210 mL	77	3,234	0,01299	3,60	0,047
Michelada Mix Hot Fiesta 540 mL	72	3,024	0,01389	3,60	0,050
Michelada Mix Maracuyá 210 mL	92	3,864	0,01087	3,60	0,039

Tabla AIX.2. Ejemplo del cálculo de los componentes del costo de ventas

DESCRIPCIÓN	Costo unid ($)	Costo Total ($)
Envase PET 205mL	0,0652	0,07
Etiqueta Michelada Mix original 210 mL	0,0290	0,03
Tapa #28 negra	0,0300	0,03
Capuchón termoencogible	0,0080	0,01
Caja x 24u	0,2800	0,01
Michelada mix Original granel	0,732	0,15

Rubro	Costo ($)
MP	0,15
ME	0,15
MOD	0,05
CIF	0,27
Total	**0,62**

Tabla AIX.2. Ejemplo del cálculo de los componentes del costo de ventas **(continuación…)**

DESCRIPCIÓN	**Costo unid ($)**	**Costo Total ($)**
Base Michelada Mix Original	4,5700	0,686
Agua	0,0500	0,042
Sorbato de potasio	2,9800	0,001
Benzoato de sodio	4,7900	0,002
TOTAL		0,732

Tabla AIX.3. Cálculo de los gastos administrativos mensuales y anuales

Cargo	**Sueldo ($)**	**Provisión Mes ($)**	**Costo Administrativos**	
			$/mes	**$/año**
Gerencia General	2 000,00	690,17	2 690,17	32 282,00
Contable	1 200,00	426,30	1 626,30	19 515,60
Coordinador de bodega	600,00	228,40	828,40	9 940,80
Jefe de Compras y exportaciones	1 000,00	360,33	1 360,33	16 324,00
Recepción	400,00	162,43	562,43	6 749,20
		MO GA	7 067,63	84 811,60
		Adicional	2 827,05	33 924,64
		Total GA	9 894,69	118 736,24

Tabla AIX.4. Cálculo de los gastos de ventas y mercadeo mensuales y anuales

Cargo	**Sueldo**	**Total provisiones**	**Provisión mes**	**Costo ventas**	
				$/mes	**$/año**
Diseño y Mercadeo	700,00	2 116,00	261,38	961,38	11 536,60
Vendedores	500,00	1 616,00	195,42	695,42	8 345,00
			MO Gvta	1 656,80	19 881,60

Tabla AIX.5. Condiciones para calcular la tabla de amortización al 11,25 % anual por 10 años

Importe del préstamo	1 314 638,00
Interés anual	11 %
Período del préstamo en años	10,00
Fecha inicial del préstamo	02/01/2018
Pago mensual	18 295,68
Número de pagos	120,00
Interés total	880 843,43
Costo total del préstamo	2 195 481,43

Tabla AIX.6. Fracción tabla de amortización al 11,25 % anual por 10 años

Nº	Fecha de pago	Saldo inicial	Pago	Capital	Interés	Saldo final
1	01/02/2018	1 314 638,00	18 295,68	5 970,95	12 324,73	1 308 667,05
2	01/03/2018	1 308 667,05	18 295,68	6 026,92	12 268,75	1 302 640,13
3	01/04/2018	1 302 640,13	18 295,68	6 083,43	12 212,25	1 296 556,70
4	01/05/2018	1 296 556,70	18 295,68	6 140,46	12 155,22	1 290 416,24
5	01/06/2018	1 290 416,24	18 295,68	6 198,03	12 097,65	1 284218,21
6	01/07/2018	1 284 218,21	18 295,68	6 256,13	12 039,55	1 277 962,08
7	01/08/2018	1 277 962,08	18 295,68	6 314,78	11 980,89	1 271 647,30
8	01/09/2018	1 271 647,30	18 295,68	6 373,99	11 921,69	1 265 273,31
9	01/10/2018	1 265 273,31	18 295,68	6 433,74	11 861,94	1 258 839,57
10	01/11/2018	1 258 839,57	18 295,68	6 494,06	11 801,62	1 252 345,51
11	01/12/2018	1 252 345,51	18 295,68	6 554,94	11 740,74	1 245 790,57
12	01/01/2019	1 245 790,57	18 295,68	6 616,39	11 679,29	1 239 174,18
109	01/02/2027	206 734,77	18 295,68	16 357,54	1 938,14	190 377,23
110	01/03/2027	190 377,23	18 295,68	16 510,89	1 784,79	173 866,34
111	01/04/2027	173 866,34	18 295,68	16 665,68	1 630,00	157 200,66

Tabla AIX.6. Fracción tabla de amortización al 11,25 % anual por 10 años **(continuación…)**

112	01/05/2027	157 200,66	18 295,68	16 821,92	1 473,76	140 378,73
113	01/06/2027	140 378,73	18 295,68	16 979,63	1 316,05	123 399,11
114	01/07/2027	123 399,11	18 295,68	17 138,81	1 156,87	106 260,29
115	01/08/2027	106 260,29	18 295,68	17 299,49	996,19	88 960,81
116	01/09/2027	88 960,81	18 295,68	17 461,67	834,01	71 499,14
117	01/10/2027	71499,14	18 295,68	17 625,37	670,30	53 873,76
118	01/11/2027	53873,76	18 295,68	17 790,61	505,07	36 083,15
119	01/12/2027	36083,15	18 295,68	17 957,40	338,28	18 125,75
120	01/01/2028	18125,75	18 295,68	18 125,75	169,93	0,00

Tabla AIX.7. Estado de Resultados proyectado para 10 años

Cuenta	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas Netas	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931	1 745 931
Costo de ventas	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845	588 845
UTILIDAD BRUTA	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086	1 157 086
Gastos Administrativos	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736	118 736
Gastos de Marketing y ventas	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637	124 637
Depreciación	79 962	79 962	79 962	78 890	78 890	76 150	76 150	76 150	76 150	76 150
UTILIDAD OPERATIVA	833 751	833 751	833 751	834 822	834 822	837 562	837 562	837 562	837 562	837 562
Gastos financieros	144 084	135 143	125 142	113 956	101 445	87 452	71 800	54 294	34 714	12 813
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	689 666	698 608	708 609	720 866	733 377	750 111	765 762	783 268	802 849	824 749
Impuesto a la renta (20 %)	137 933	139 722	141 722	144 173	146 675	150 022	153 152	156 654	160 570	164 950
Impuesto a los trabajadores (15 %)	82 760	83 833	85 033	86 504	88 005	90 013	91 891	93 992	96 342	98 970
UTILIDAD NETA	468 973	475 053	481 854	490 189	498 697	510 075	520 718	532 623	545 937	560 829