



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Aplicación de métodos heurísticos de distribución en
planta en fábrica de chocolate. Caso Cooperativa
Norandino**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

Daniela Fernanda Rojas Valverde

Asesor:
Dr. Ing. Dante Arturo Martín Guerrero Chanduví

Piura, mayo de 2022



Dedicatoria

A mi familia, por su apoyo y paciencia.





Agradecimientos

Mi total agradecimiento por su apoyo constante durante el desarrollo de esta tesis al Dr. Ing. Dante Guerrero.





Resumen

La distribución de las instalaciones a diseñar representa en muchos casos el éxito o fracaso de los proyectos al ser determinante en los flujos de producción, disminución de tiempos e incluso en la modificación de espacios ante crecimientos de la empresa. Debido a ello el responsable del diseño de planta debe seleccionar con sumo cuidado el o los métodos que empleará para llevar a cabo la distribución de áreas.

Este trabajo tiene como finalidad realizar el diseño de una planta de chocolate para la Cooperativa Norandino para lo cual se determinarán valores iniciales como los procesos de producción, la relación de actividades y el cálculo de las áreas a considerar. Estos valores se utilizarán como base al aplicar tres métodos heurísticos que permitirán contar con un mayor abanico de alternativas de distribución. Adicional a ello, para la realización del estudio tipo exploratorio secuencial se llevará a cabo una etapa cualitativa en donde se recopilará las percepciones del uso de cada uno de los métodos seleccionados. Finalmente, a través del uso de una escala tipo Likert, se codificarán los datos cualitativos y se realizará una comparación cuantitativa de las metodologías aplicadas.

La investigación a presentar busca servir de guía frente a las decenas de opciones de metodologías que existen actualmente al aplicar tres de ellas - Systematic Layout Problem (SLP), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT) - en un caso planteado para una empresa piurana que elabora productos derivados del cacao.



Tabla de contenido

Introducción.....	17
Capítulo 1. Marco teórico.....	19
1.1 Antecedentes	19
1.2 Cacao	21
1.2.1 Características	21
1.2.2 Variedades de cacao	21
1.2.3 Clasificación comercial	22
1.2.4 Derivados del cacao	22
1.2.4.1 Licor de cacao.....	23
1.2.4.2 Manteca de cacao.....	23
1.2.4.3 Cacao en polvo.	24
1.2.4.4 Chocolate.....	24
1.2.5 Mercado mundial.....	24
1.2.5.1 Producción mundial.	24
1.2.5.2 Cacao fino o de aroma.	26
1.2.5.3 Oferta y demanda.....	27
1.2.6 Mercado nacional	27
1.2.6.1 Producción nacional.....	27
1.2.6.2 Oferta y demanda.....	29
1.3 Chocolate	29
1.3.1 Requisitos técnicos.....	29
1.3.2 Tipos de chocolate	30
1.3.3 Proceso de producción	33
1.3.4 Normativa	35
1.4 Distribución en planta.....	37
1.4.1 Tipos de distribución en planta	37
1.4.2 Principios básicos de la distribución de planta	37
1.4.3 Factores que afectan la distribución de planta	38

1.5	Metodologías heurísticas para distribución de planta	39
Capítulo 2	Situación actual y caso de aplicación	41
2.1	Situación actual	41
2.2	Cooperativa Norandino.....	42
2.2.1	<i>Historia</i>	43
2.2.2	<i>Organización</i>	43
2.2.3	<i>Servicios</i>	45
2.2.3.1	Asistencia técnica.....	45
2.2.3.2	Complejo agroindustrial.	45
2.2.4	<i>Productos</i>	46
2.2.4.1	Café.....	46
2.2.4.2	Panela.	47
2.2.4.3	Cacao.....	48
Capítulo 3	Metodología de la investigación	51
3.1	Objetivo de la investigación	51
3.2	Metodología.....	51
3.2.1	<i>Determinación de los algoritmos heurísticos</i>	52
3.2.2	<i>Determinación de valores iniciales</i>	54
3.2.2.1	Procesos.....	54
3.2.2.2	Matriz.....	54
3.2.2.3	Cálculo.....	55
3.2.3	<i>Aplicación de algoritmos heurísticos</i>	57
3.2.3.1	SLP.	57
3.2.3.2	CORELAP.....	61
3.2.3.3	CRAFT.....	62
3.2.4	<i>Evaluación multicriterio de resultados</i>	64
Capítulo 4	Resultados	67
4.1	Artículo científico.....	67
Capítulo 5	Ampliación y discusión de resultados	81
5.1	Evaluación multicriterio de resultados.....	81
5.1.1	<i>Determinación de variables</i>	81
5.1.2	<i>Elaboración de ítems</i>	82
5.1.3	<i>Administrar escala a sujetos</i>	82
5.1.4	<i>Asignación de puntaje a ítems</i>	84
5.1.5	<i>Asignación de puntaje a sujetos</i>	85

5.1.6	<i>Codificación de información e interpretación de resultados</i>	86
5.2	Diseño de planta	86
5.2.1	<i>Cálculo de la demanda</i>	86
5.2.2	<i>Capacidad de producción</i>	87
5.2.3	<i>Dimensionamiento de áreas</i>	88
5.3	Discusión de resultados.....	93
	Conclusiones	97
	Referencias bibliográficas	99





Lista de tablas

Tabla 1. Características del cultivo de cacao	21
Tabla 2. Distribución de cultivos de cacao en el Perú al 2011 (en hectáreas).....	22
Tabla 3. Parámetros de calidad para la masa de cacao	23
Tabla 4. Parámetros de calidad para la masa de cacao	23
Tabla 5. Parámetros de calidad para el cacao en polvo	24
Tabla 6. Principales países exportadores de cacao fino o de aroma	26
Tabla 7. Características según tipo de chocolate	31
Tabla 8. Recetas para tableta de chocolate negro	32
Tabla 9. Recetas para tableta de chocolate de leche	32
Tabla 10. Recetas típicas para barra de chocolate blanco	32
Tabla 11. Catálogo de Normas Técnicas peruanas sobre chocolate	36
Tabla 12. Evaluación de métodos heurísticos.....	53
Tabla 13. Leyenda para matriz de interrelaciones	55
Tabla 14. Leyenda para matriz de interrelaciones	56
Tabla 15. Leyenda para matriz de interrelaciones	56
Tabla 16. Tabla desde-hacia	63
Tabla 17. Resultados percepción de metodologías utilizadas	84
Tabla 18. Asignación de valores y puntajes a los ítems	84
Tabla 19. Resultados de cuantificación de metodologías utilizadas	85
Tabla 20. Cálculo del mercado objetivo	87
Tabla 21. Proyección de demanda	87
Tabla 22. Balance de masa según los procesos de producción.....	88
Tabla 23. Cantidad de materiales requeridos para producción	88
Tabla 24. Unidades de almacenamiento de materia prima	89
Tabla 25. Cálculo de área (zona: Preparación de Materia Prima)	90
Tabla 26. Cálculo de área (zona: Producción).....	90

Tabla 27. Cálculo de área (zona: Embalaje).....	91
Tabla 28. Cálculo de área (zona: Almacén de Productos Terminados).....	91
Tabla 29. Cálculo de área (zona: Salida de Productos Terminados)	91
Tabla 30. Cálculo de área (zona: Laboratorio de Análisis Físicos)	91
Tabla 31. Cálculo de área (zona: Cuarto de Control).....	92
Tabla 32. Cálculo de área (zona: Subestación Eléctrica).....	92
Tabla 33. Cálculo de área (zona: Oficinas Administrativas)	92
Tabla 34. Cálculo de área (zona: Servicios Higiénicos)	92
Tabla 35. Dimensiones calculadas por área.....	93



Lista de figuras

Figura 1. Área cosechada y producción de cacao a nivel mundial	25
Figura 2. Producción de cacao de los principales países en toneladas (2017)	26
Figura 3. Pronóstico de la oferta y demanda mundial de cacao al 2023	27
Figura 4. Área cosechada y producción de cacao a nivel nacional	28
Figura 5. Producción de cacao de las principales regiones en toneladas (2017)	29
Figura 6. Diagrama esquemático del proceso tradicional de elaboración del chocolate	35
Figura 7. Niveles organizacionales de la Coop. Norandino	43
Figura 8. Organigrama por áreas de la Cooperativa Norandino	44
Figura 9. Procesamiento del café	47
Figura 10. Proceso de elaboración de la panela	48
Figura 11. Procesamiento del cacao	49
Figura 12. Gráfico informativo de metodología utilizada	52
Figura 13. Valores para selección de métodos heurísticos (escala de Likert)	54
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate	54
Figura 15. Diagrama de relación de actividades	55
Figura 16. Ejemplo diagrama de flujo	57
Figura 17. Ejemplo diagrama de relaciones	58
Figura 18. Ejemplo diagrama de relaciones de espacio	59
Figura 19. Ejemplos de alternativas de distribución	60
Figura 20. Procedimiento de planificación sistemática de la distribución (SLP)	61
Figura 21. Procedimiento escala tipo Likert	65
Figura 22. Diseño final evaluación tipo Likert	83
Figura 23. Distribución del almacén de materia prima	89



Introducción

Las empresas durante el desarrollo de su actividad se enfrentan entre ellas continuamente en un ambiente corporativo de constantes cambios. La capacidad de adaptarse a este entorno cada vez más competitivo y globalizado representará para las organizaciones sus probabilidades para distinguirse entre muchas otras, o en otros casos, la probabilidad que tendrán de subsistir.

Cada empresa deberá determinar las herramientas con las que dispone para destacar, ya sea a través de sus planes de marketing, contratación del mejor talento humano, modernizaciones logradas con el departamento de I+D o la manera en que se decide la organización de su proceso productivo. Si nos centramos en este último factor podremos entender que el uso de esta herramienta permitirá a la organización el posicionarse en un mismo punto de partida que sus competidores y desde ahí obtener una ventaja estratégica para su posterior crecimiento. (De La Fuente García & Fernández Quesada, 2005)

Dentro de la organización del proceso productivo, la distribución en planta jugará un papel importante en el ahorro o generación de costos debido al transporte de materiales, permitirá o impedirá las futuras modificaciones o ampliaciones que se deban llevar a cabo para que la empresa pueda crecer, brindará comodidad a sus empleados, entre otros factores que serán vitales para un óptimo desarrollo de sus procesos.

Es en base a lo anterior que esta investigación se centra en el diseño de una planta de chocolate para la Cooperativa Norandino presentando los procesos considerados y la relación de actividades, así como el cálculo de las áreas consideradas para la disposición de planta. Además de ello se realiza una comparación de los métodos heurísticos de distribución en planta utilizados para la elaboración de propuestas de diseño ya que actualmente existen muchas metodologías que se enfocan en la optimización de distintos factores, requieren de variada información para utilizarse, entre otras ventajas y desventajas que el investigador debe tomar en cuenta al momento de seleccionar un método para llevar a cabo el diseño de una planta.

La presente tesis modalidad artículo inicia con la revisión del marco teórico que incluye antecedentes y conceptos básicos utilizados durante el estudio. Se presenta además la

situación actual que rodea al proyecto propuesto así como la metodología aplicada para su desarrollo.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos, es decir el artículo científico aceptado por el comité del II Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos (CIPRO 2019) organizado por la Universidad de Piura, llevado a cabo en la ciudad de Lima, Perú. Posterior a ello, en el quinto y sexto capítulo se amplían los resultados obtenidos realizando una evaluación multicriterio de estos, complementando los cálculos realizados para el diseño de la planta de chocolate, y discutiendo los puntos de mejora del estudio llevado a cabo.



Capítulo 1

Marco teórico

En este primer capítulo se darán a conocer las principales fuentes de información, tales como artículos científicos, libros y trabajos de investigación, utilizadas para llevar a cabo esta tesis. Además, se desarrollará la base teórica clave para el desarrollo de este documento, incluyendo desde conceptos y definiciones hasta clasificaciones y normativas.

1.1 Antecedentes

En la actualidad existen múltiples métodos para la resolución de problemas de distribución y estos se diferencian en los datos de entrada que solicitan, las características de los resultados e incluso la forma misma en la que se abarca el diseño de planta. Todo esto permite al investigador trabajar con aquel o aquellos que mejor se ajusten al caso práctico que desea solucionar. Además, la introducción de softwares de distribución como herramienta para el diseño de espacios ha permitido al planificador generar más alternativas de distribución de planta, lo que se traduce en una evaluación más extensa de opciones para obtener un resultado más eficiente. Sin embargo, al encontrarse uno frente a estas diversas opciones surgen las siguientes preguntas: ¿cuál es el método que mejor se ajusta al problema puntual que busco solucionar?, ¿cuál ofrece mayores beneficios?, ¿se debería considerar más de uno para este caso?, ¿en qué orden aplicarlos? En busca de respuestas preliminares se revisaron múltiples obras y trabajos de investigación, de entre los cuales se seleccionaron las tres con mayor impacto en este proyecto de titulación y que se exponen a continuación.

Un primer trabajo corresponde al de Mejía et al., quien en el año 2011 publicó un artículo en la revista científica *Scientia et Technica* denominado “Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución”. Dicha investigación busca determinar a través de dos métodos de diseño de planta —*Systematic Layout Problem* (SLP) y *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP)— la distribución más adecuada para el área de almacenamiento de un centro de distribución, teniendo presente la agrupación de los productos según su clasificación en subgrupos y familias de productos.

La investigación inicia con la agrupación de productos según sus componentes químicos, se procede a determinar las familias de productos para luego generar un diagrama

de relación entre estas. Luego de determinar el espacio requerido por cada familia se procede a aplicar el método SLP y la heurística CORELAP.

Como resultado se presenta una distribución final del centro de distribución que resulta de la combinación de ambos acercamientos, concluyendo que las dos opciones se complementan para dicho caso particular, añadiendo como recomendación el uso complementario de las heurísticas ALDEP (*Automated Layout Design Program*) y CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*) como medio para la optimización de la distribución obtenida.

Este trabajo se relaciona con la investigación en curso ya que demuestra que el uso de múltiples herramientas de diseño y métodos de distribución conlleva en ciertos casos, a obtener un mejor resultado debido a la combinación de beneficios que estos ofrecen.

Un segundo trabajo consultado fue la obra de Francis y White (1974) denominada "*Facility layout and location: an analytical approach*", la cual presenta una descripción general de los métodos cuantitativos existentes para el diseño de instalaciones, como una opción diferente a los muy utilizados métodos cualitativos.

Esta obra será utilizada durante la realización de esta investigación como referencia al modo de aplicación de los distintos métodos que se abarcaron para el diseño de la fábrica de chocolate. Debido a su detallada forma de explicación de la secuencia de pasos a seguir para el uso de cada método así como de los datos requeridos y las características generales de los resultados a obtener, este libro es determinante para la selección de aquellas herramientas que serían utilizadas en la realización de este trabajo de investigación.

Un tercer trabajo consultado fue la obra de Richard Muther, publicada en 1970 con el nombre de "Distribución en planta". En ella se explica a profundidad la aplicación del método SLP, el cual plantea una fase inicial de recopilación de información. Por esta razón será de vital importancia consultar la fuente original de dicho método, el cual se encuentra detalladamente explicado en el libro "Distribución en planta".

Otras fuentes revisadas para el desarrollo de esta investigación fueron: "La heurística LDMP: Una metodología híbrida basada en el problema de transporte para el diseño óptimo de la distribución de planta" de González-Longoria (2016), "*Analysis on improving operational efficiency of construction project site*" de Muralidhar (2018), "*Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry*" de Ojaghi et al. (2015), "*A Typical Manufacturing Plant Layout Design Using CRAFT Algorithm*" de Prasad, Rajyalakshmi y Reddy (2014) y "*Facility Layout Simulation and Optimization: an Integration of Advanced Quality and Decision Making Tools and Techniques*" de Shahin y Poormostafa (2011).

Finalmente, del trabajo de investigación "Diseño de una línea de producción industrial de chocolate para la Cooperativa Norandino" de De la Cruz Flores et al. (2018) se tomará como base para el cálculo de la capacidad de la fábrica de chocolate de esta tesis los resultados de

entrevistas, focus group y encuestas que llevaron a cabo. Cabe resaltar que en dicha investigación —elaborada en la asignatura de Proyectos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura— se desarrolló también la idea del diseño de una planta de producción de chocolate pero a nivel de proyecto, presentando además un estudio económico y financiero, así como un estudio de mercado completo.

1.2 Cacao

El cacao es el principal componente del chocolate y el responsable de su sabor único e inconfundible. El árbol de cacao o cacaotero, conocido también con el nombre científico de *Theobroma cacao* L., es una planta originaria de la Amazonía, aunque en la actualidad puede ser encontrada en cultivos alrededor del mundo.

1.2.1 Características

Los cultivos de árbol de cacao se localizan en las regiones tropicales, pudiendo alcanzar los diez metros de altura. El cacaotal comienza a producir frutos a cuatro o cinco años de haber sido plantado y su tiempo de vida se extiende por varios decenios. Otras de sus principales características se encuentran determinadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del cultivo de cacao

Característica	Rango	Óptima
Temperatura	23 °C – 30 °C	25 °C
Altura	0 msnm - 1200 msnm	500 msnm - 800 msnm
Humedad relativa	70% - 80%	-
Precipitación pluvial	1400 mm - 3000 mm	1500 m - 2500 m
Luminosidad	40% - 50% (para cultivos menores de 4 años) 60% - 75% (para cultivos mayores de 4 años)	-

Nota. Adaptado de Armando Romero (2016)

En cuanto a su fruto o mazorca, éstas brotan del tronco principal y de las ramas del cacaotal. Miden de 15 a 25 cm de largo y contienen entre 30 a 40 semillas que se convertirán en granos de cacao luego de pasar por un proceso de fermentación y secado.

1.2.2 Variedades de cacao

Al presente, se pueden adjudicar 24 especies botánicas al género *Theobroma Cacao* L., las cuales se pueden clasificar desde un punto de vista botánico en cinco grupos: Criollo, Amazonas o Forastero del Alto Amazonas, Guyanas o Forastero del Bajo Amazonas, Nacional y Trinitario.

En el Perú la distribución de cultivos se divide en dos grupos: área que corresponde al cacao fino (incluye las variedades Criollo y Nativo) y área de cultivo de cacao común (conformado por los grupos Trinitario y Forastero, además de un híbrido denominado CCN-51). En la Tabla 2 puede visualizarse los porcentajes correspondientes a cada grupo.

Tabla 2. Distribución de cultivos de cacao en el Perú al 2011 (en hectáreas)

Total Nacional		Cacao Fino		Cacao Común o Corriente			
Producción	%	Criollo + Nativo	%	CCN-51	%	Trinitario + Forastero	%
84 737	100%	37 119	44%	45 445	53.6%	1 855	2.2%

Nota. Adaptado de Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú/MINAGRI/DEVIDA/Junio (2014)

Cabe destacar que las variedades consideradas como cacao corriente son más resistentes a enfermedades que aquejan en mayor medida a los cultivos de cacao fino, los cuales a pesar de su menor rendimiento poseen una buena calidad. Es por ello que el productor peruano se encuentra con el reto de crear un híbrido que aumente los rendimientos del cacao Criollo y Nativo, pero que a la vez le permita mantener su calidad.

1.2.3 Clasificación comercial

La Organización Internacional del Cacao (ICCO) clasifica los granos de cacao en dos categorías:

- **Cacao convencional:** representa entre el 90% y 92% de la producción anual mundial. Este tipo de cacao es destinado en su mayoría a la producción de manteca de cacao y polvo de cacao, siendo utilizado también en la preparación de alimentos y bebidas instantáneas.
- **Cacao fino o de aroma:** puede ser fácilmente distinguido por sus aromas y sabores frutales, florales, de nueces y de malta. Su sabor característico permite que sea utilizado en la elaboración de chocolates oscuros tipo gourmet. Su producción representa entre el 5% al 8% del volumen anual mundial, siendo Guatemala, Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú los países que concentran el 76% de este tipo de grano.

1.2.4 Derivados del cacao

Las semillas de cacao, una vez retiradas de la mazorca y luego de ser fermentadas y secadas, son sometidas a un proceso de tostado en busca de obtener un aroma óptimo, así como facilitar la trituration de estas y posteriormente la separación de la cáscara de los nibs. El producto resultante de estos procesos atraviesa por más transformaciones para alcanzar su presentación final: el chocolate. En el transcurso se obtendrán presentaciones intermedias tales como el licor o pasta de cacao, manteca de cacao y cacao en polvo.

1.2.4.1 Licor de cacao. También conocido con el nombre se masa de cacao o pasta de cacao, se obtiene como resultado de la trituración de los nibs de cacao que son procesados en molinos hasta conseguir una masa fina y homogénea. El licor se encuentra compuesto por una parte en forma líquida (manteca de cacao) y otra en forma sólida (cacao en polvo), las cuales pueden ser separadas a través de un proceso de prensado. Un parámetro clave para la industria es la calidad microbiológica del producto. Dichas especificaciones generales pueden visualizarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de calidad para la masa de cacao

Parámetro	Valor	Método
Contenido de grasa	Mín. 53%	IOCCC 37, 1990
Humedad	Máx. 2.0%	IOCCC 26, 1988
Recuento total de bacterias	Máx. 5000 cfu/g	IOCCC 39, 1990
Moho	Máx. 50 cfu/g	IOCCC 39, 1990
Levaduras	Máx. 50 cfu/g	IOCCC 39, 1990
Enterobacterias	Ausente por gramo	IOCCC 39, 1990
E. Coli	Ausente por gramo	IOCCC 39, 1990
Salmonela	Ausente por 750g	IOCCC 39, 1990

Nota. Adaptado de Beckett (2011) y Cargill Cocoa Information (2007)

1.2.4.2 Manteca de cacao. Para la obtención de este producto el licor de cacao debe pasar por un proceso de prensado, posteriormente el producto obtenido deberá ser filtrado y desodorizado parcialmente para obtener las características deseadas. Estas se encuentran enumeradas en la Tabla 4. En cuanto a su uso, la manteca de cacao es utilizada en la producción del chocolate, así como en la elaboración de cosméticos, medicina tradicional, etc.

Tabla 4. Parámetros de calidad para la masa de cacao

Parámetro	Valor	Método
Ácidos grasos libres	1.75%	IUPAC 2.201, 1987
Índice de yodo	33 – 42	IUPAC 2.205, 1987
Índice de refracción	1.456 – 1.459	IUPAC 2102, 1987
Contenido de humedad	Máx. 0.1%	IOCCC 26, 1988
Materia insaponificable	Máx. 0.35%	IOCCC 23, 1988
Valor azul	Máx. 0.05%	IOCCC 29, 1988

Nota. Adaptado de Cargill Cocoa Information (2007) y Beckett (2011)

1.2.4.3 Cacao en polvo. Durante la separación de la parte líquida de la masa de cacao quedará como resultante una torta de cacao que deberá ser enfriada y triturada para obtener el cacao en polvo o cocoa. Este es utilizado para helados, galletas, bebidas, entre otros. Los parámetros de calidad de este producto pueden ser visualizados en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de calidad para el cacao en polvo

Parámetro	Valor (rango)	Método	Observaciones
Contenido de grasa	10% - 24%	IOCCC 37, 1990	Depende del tipo de cacao en polvo
pH	5.0% - 8.2%	IOCCC 15, 1972	Depende del tipo de cacao en polvo
Humedad	Máx. 4.5%	IOCCC 26, 1988	-
Finura	Mín. 99.8% tamiz de paso	IOCCC 11, 1970	Tamizado húmedo usando un tamiz de 75 µm
Color	Conforme al estándar	-	-
Sabor	Conforme al estándar	-	-
Recuento total de bacterias	Máx. 5000 cfu/g	IOCCC 39, 1990	-
Moho	Máx. 50 cfu/g	IOCCC 39, 1990	-
Levadura	Máx. 10 cfu/g	IOCCC 39, 1990	-
Enterobacterias	Ausente por gramo	IOCCC 39, 1990	-
E. Coli	Ausente por gramo	IOCCC 39, 1990	-
Salmonela	Ausente por 750g	IOCCC 39, 1990	Esquema de muestreo de la FDA
Contaminantes	Conforme a la legislación de la UE	-	Pesticidas, metales pesados

Nota. Adaptado de Beckett (2011) y Cargill Cocoa Information (2007)

1.2.4.4 Chocolate. Resulta de la mezcla del licor de cacao y azúcar, aunque en la actualidad se le agregan otros ingredientes para obtener variaciones en su sabor y textura. El concepto, características, métodos de producción, entre otros, serán explicados con mayor profundidad en el apartado 1.3. Chocolate.

1.2.5 Mercado mundial

1.2.5.1 Producción mundial. El cacao es una materia prima cuyo crecimiento anual desde el 2000 hasta el 2017 ha sido de un 35.2% en cuanto a áreas cosechadas, mientras que respecto a la producción esta ha aumentado en un 35.8% (ver Figura 1). El crecimiento anual

promedio tanto de las hectáreas de áreas cosechadas como de las toneladas de producción fue de un 2.41%.

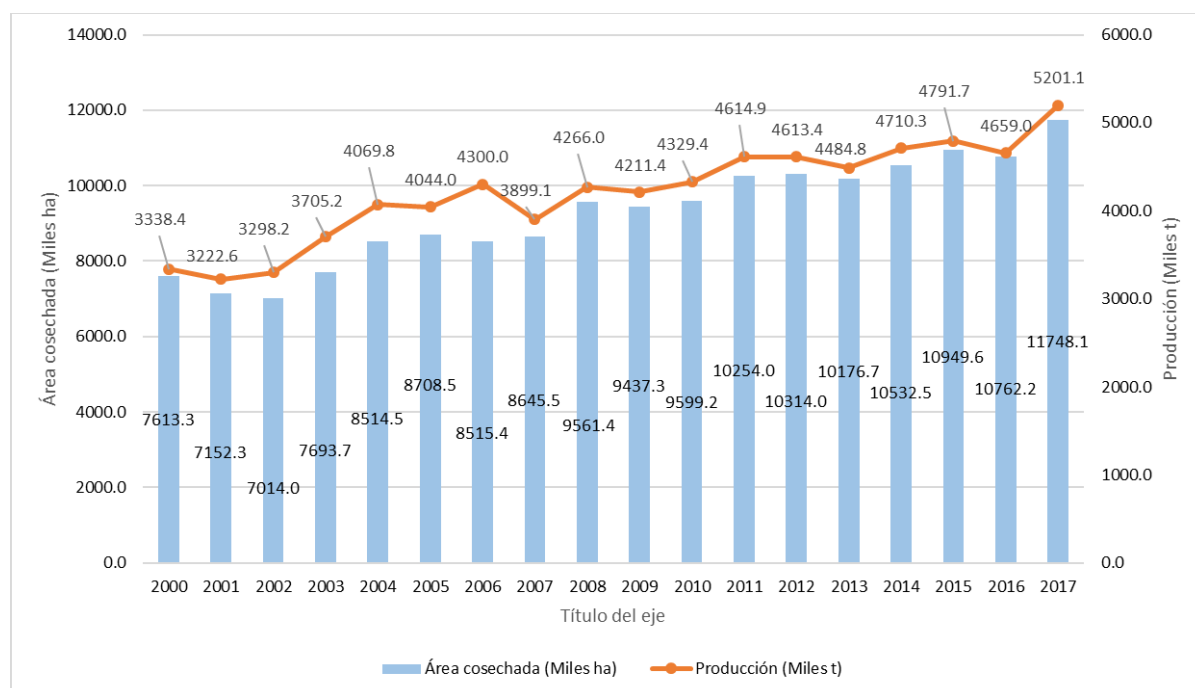


Figura 1. Área cosechada y producción de cacao a nivel mundial

Nota. Adaptado de FAOSTAT (2017)

Entre los principales países que produjeron cacao en el año 2017 se encuentran entre los primeros diez con una mayor cantidad de toneladas: Costa de Marfil con un 39.11% de la producción mundial, Ghana con el 16.99%, Indonesia con el 12.69%, Nigeria con el 6.13%, Camerún con el 5.67%, Brasil con el 4.53%, Ecuador con el 3.96%, Perú con el 2.34%, República Dominicana con el 1.67% y finalmente Colombia con el 1.09% de las toneladas de cacao producidas en el mundo. Los valores de producción de cada uno de estos países pueden ser visualizados en la Figura 2. Cabe destacar que Perú se ubica actualmente en el 8° lugar en importancia en el mundo con una prometedora tasa de crecimiento anual promedio de un 8.57% entre los años 2012 – 2017.

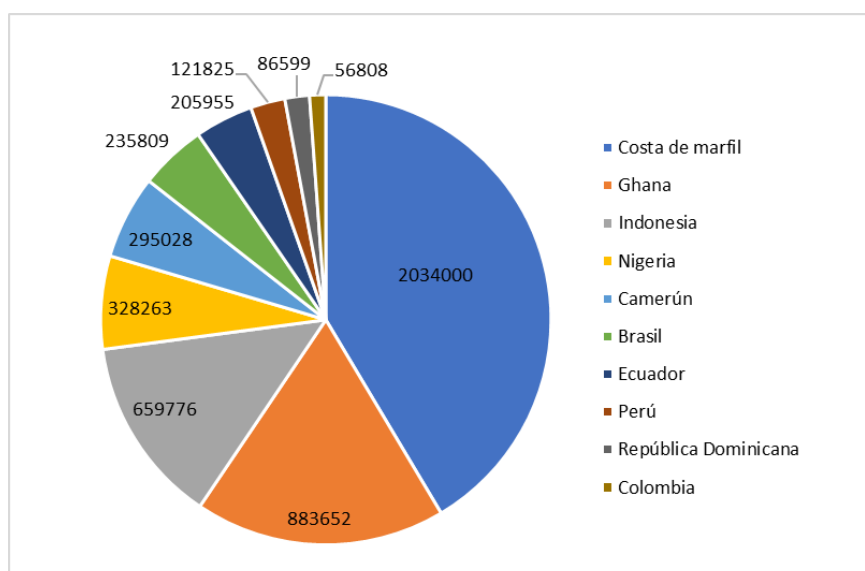


Figura 2. Producción de cacao de los principales países en toneladas (2017)

Nota. Adaptado de FAOSTAT (2017)

1.2.5.2 Cacao fino o de aroma. Respecto a los países que producen cacao fino o de aroma reconocidos por la ICCO, estos se encuentran determinados en el Convenio Internacional del Cacao, el cual contiene una lista de naciones que producen y exportan de manera exclusiva o parcial cacao fino o de aroma, así como la proporción que representan. En la Tabla 6 pueden visualizarse los datos de los diez principales países.

Tabla 6. Principales países exportadores de cacao fino o de aroma

Países	Decisión del Consejo Mayo 2008	Decisión del Consejo Marzo 2011	Decisión del Consejo Mayo 2016	Producción total (t)	Cacao Fino o de aroma para exportación
Ecuador	75%	75%	75%	128 446	96 335
México	b/*	100%	100%	82 000	82 000
Perú	100%	90%	75%	71 175	53 381
Colombia	100%	95%	95%	46 739	44 402
Papa Nueva Guinea	75%	90%	90%	41 200	37 080
Venezuela	75%	95%	100%	31 236	31 236
República Dominicana	40%	40%	40%	68 021	27 208
Madagascar	100%	100%	100%	9 000	9 000
Indonesia	1%	1%	1%	77 500	7 775
Guatemala	b/	b/	50%	13 127	6 564

Nota. *b/ Países que no estaban incluidos en la lista dicho año. Adaptado de International Cocoa Organization (2010)

En el caso de Perú su clasificación de exportador neto de cacao fino ha disminuido del 100% en 2008 al 75% en el 2016. Sin embargo, sigue posicionándose entre los primeros tres países con mayor volumen de exportación de cacao fino o de aroma.

1.2.5.3 Oferta y demanda. Según datos de la ICCO, la producción de cacao continúa en aumento y se estima que continúe de esta forma a largo plazo, lo que asegura un favorable escenario para los pequeños agricultores representantes del 95% de dicha producción. A pesar de los problemas políticos, los factores climáticos tales como el Fenómeno del Niño en América latina y la sequía Hamattan en África (Redagráfica Perú, 2017), y las enfermedades y plagas que afectan a los cacaoteros, se pronostica un crecimiento constante a largo plazo (ver Figura 3).

En cuanto a la demanda mundial del cacao (molienda), esta se encuentra en aumento superando a la oferta y generando déficits debido a la gran demanda existente de manteca de cacao que busca reabastecer las existencias de los almacenes a nivel mundial, al aumento del consumo de chocolate debido al surgimiento de mercados en nuevos países industrializados, además de un cambio en los hábitos del consumidor que busca productos con mayor contenido de cacao (Agencia Bloomberg, 2018).

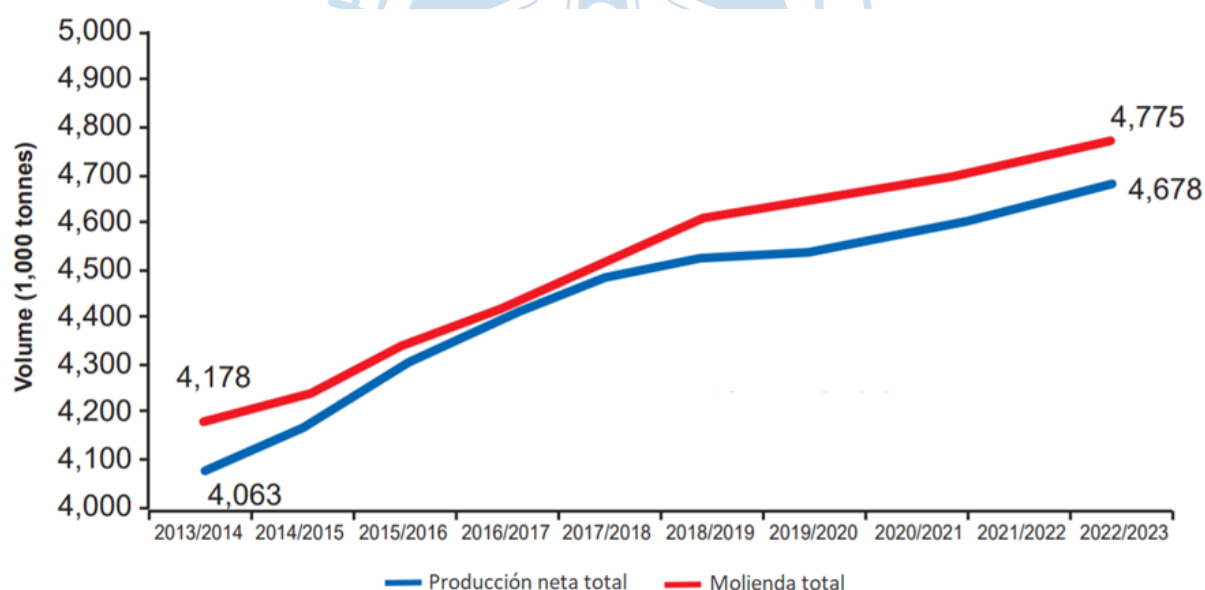


Figura 3. Pronóstico de la oferta y demanda mundial de cacao al 2023

Nota. Adaptado de ICCO, *Econometric model on the world cocoa economy-March 2014*

1.2.6 Mercado nacional

1.2.6.1 Producción nacional. En la Figura 4 se puede apreciar el desarrollo de las áreas cosechadas, así como de la producción de cacao en nuestro país. Desde el año 2000 al 2008 se presenta un periodo de lento incremento de la producción de cacao en el Perú con un 3.43% de crecimiento anual (promedio).

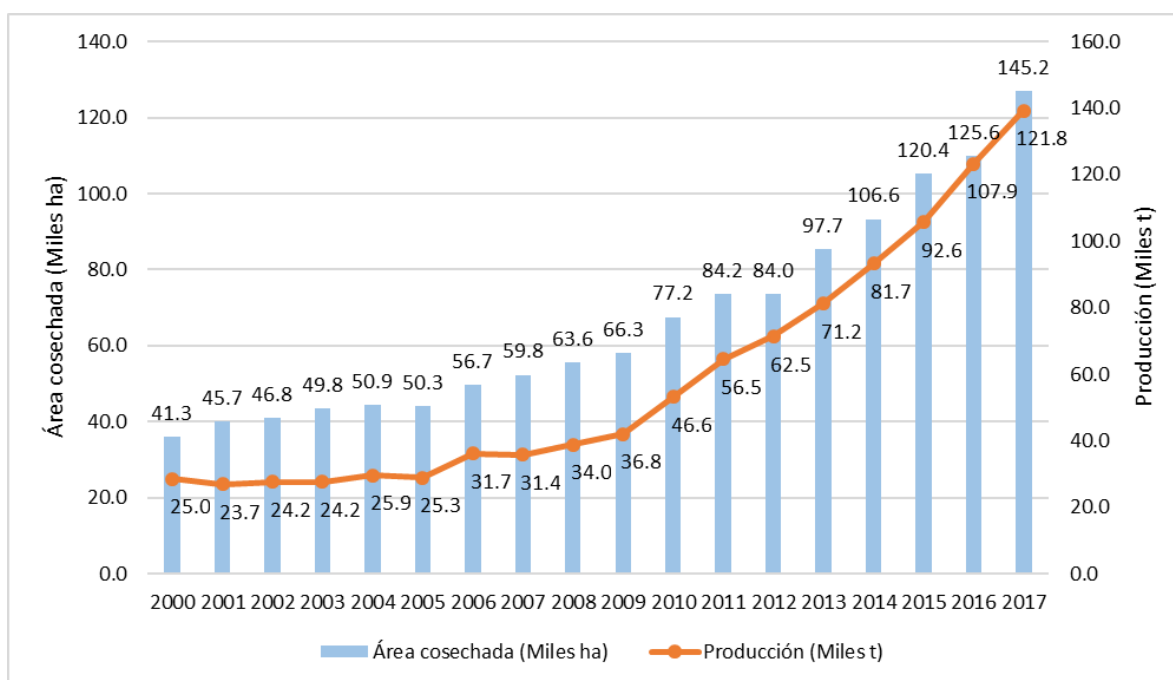


Figura 4. Área cosechada y producción de cacao a nivel nacional

Nota. Adaptado de FAOSTAT (2017)

Es a partir del año 2009 que se presenta un segundo periodo caracterizado por un fuerte aumento de la producción nacional. Entre los años 2009 y 2017 el crecimiento anual (promedio) se eleva a 13.13%, esto debido principalmente a una ampliación del área cosechada (Armando Romero, 2016).

Entre las principales zonas productoras de cacao en el Perú en el año 2017 se encuentran San Martín con un 42.23% de la producción nacional, Junín con un 17.90%, Ucayali con un 10.87%, Huánuco con un 7.32%, Cuzco con un 7.15% y Amazonas 5.21% (ver Figura 5). Es entre estas seis regiones que se agrupa más del 90% de la producción total de cacao en nuestro país. (Ministerio de Agricultura y Riego, s.f.)

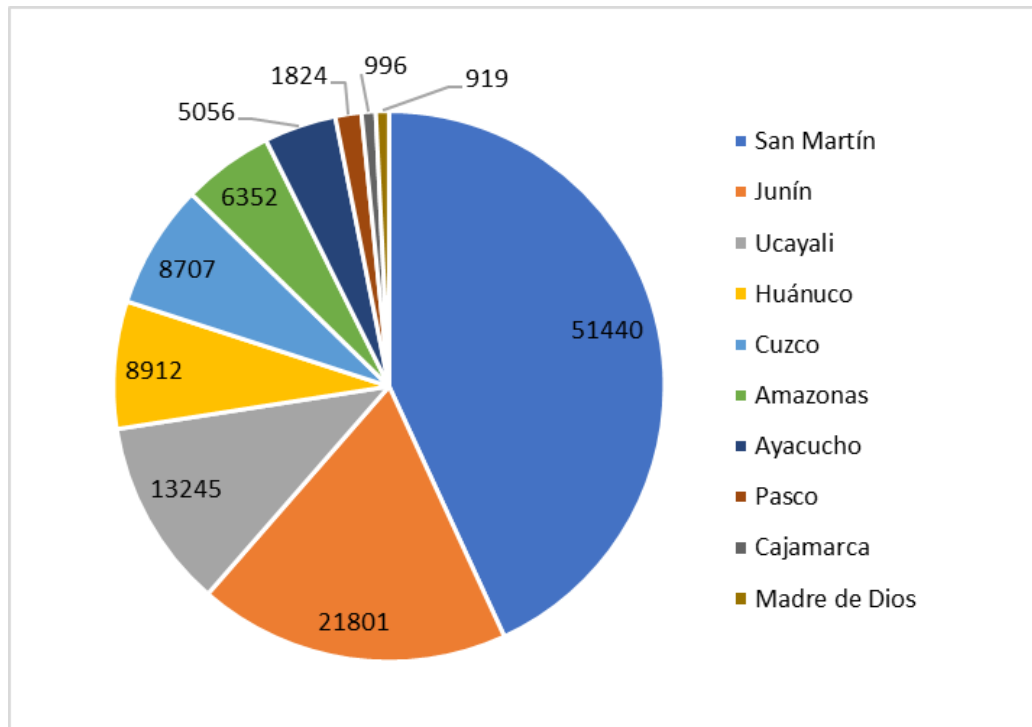


Figura 5. Producción de cacao de las principales regiones en toneladas (2017)

Nota. Adaptado de Ministerio de Agricultura y Riego (s.f.)

1.2.6.2 Oferta y demanda. La oferta de cacao puede obtenerse de la producción nacional, que en el año 2017 alcanzó las 121 813 toneladas, superadas en el 2018 por las 134 676 toneladas producidas. La proyección del MINAGRI es duplicar dicha producción de cacao para el año 2021, por lo que la oferta de esta materia prima continuará en ascenso. Esto permitirá continuar cubriendo la constante demanda de la Unión Europea, Estado Unidos, Canadá, India, entre otros países a los que Perú exporta granos crudos de cacao. Además, se buscará satisfacer al creciente mercado de compradores peruanos que opta por chocolates de mayor porcentaje de cacao (Euromonitor International, 2018).

1.3 Chocolate

El chocolate es un alimento obtenido de la mezcla de azúcar con la torta de cacao y la manteca de cacao (parte sólida y líquida del licor de cacao, respectivamente). A esta combinación básica se le pueden aplicar variaciones en la proporción de los ingredientes, o añadir nuevos (leche, frutos secos, etc.), para obtener diferentes tipos de chocolate.

1.3.1 Requisitos técnicos

Para la comercialización de productos derivados del cacao en el mercado europeo existen ciertos requisitos técnicos que deben ser cumplidos. Siendo que estos presentan uno de los estándares más altos a nivel mundial, serán tomados como referencia para la elaboración de este proyecto. Los requisitos para el chocolate se pueden encontrar en el

informe Estudio del cacao en el Perú y en el mundo (Armando Romero, 2016) y se citan a continuación:

- Se considerará como chocolate aquel producto que se obtenga a partir de cacao y azúcar y que contenga como mínimo un 35% de materia seca total de cacao, del cual debe presentar 18% de manteca de cacao y 14% de torta de cacao como mínimo.
- Pueden ser añadidas otras sustancias comestibles con la condición de que la cantidad de dichos ingredientes no supere el 40% del peso total del producto final. Además, las grasas animales y sus derivados que no procedan de manera exclusiva de la leche se encuentran prohibidas.
- Solo se permitirá el uso de harinas, féculas o almidones cuando se trate de chocolate de taza.
- Se deberán calcular los porcentajes mínimos de licor de cacao, torta de cacao, manteca de cacao luego de haber deducido el peso de los demás ingredientes añadidos.
- Podrán agregarse al chocolate otras grasas vegetales (además de la manteca de cacao), las cuales son: illipe, aceite de palma, sal, shea, kokum y hueso de mango. Sin embargo, no podrá añadirse más del 5% del peso del producto final (una vez deducido el peso de otras materias comestibles). Además, de utilizarse alguna de estas grasas vegetales, deberá figurar una mención visible en el etiquetado del producto que lo especifique e informe al consumidor.

En el apartado 1.3.2. Tipos de chocolate, podrán encontrarse las características técnicas para cada forma de chocolate.

1.3.2 Tipos de chocolate

A partir de la mezcla básica de azúcar y licor de cacao (o manteca de cacao con torta de cacao) pueden generarse cientos de combinaciones que pueden variar en los insumos adicionados y sus cantidades. Esto da lugar a que existan múltiples presentaciones y aplicaciones de chocolate, entre estas podemos encontrar: chocolate en tableta, chocolate para taza, dulces de chocolate, chocolate para cobertura, entre otros. En la “Norma para el chocolate y los productos del chocolate” (CODEX STAN 87:2017) se encuentran especificadas las características que debe tener cada tipo de chocolate, entre los que se encuentran el chocolate con leche, chocolate blanco, chocolate para taza, chocolate de cobertura, entre otros (ver Tabla 7).

Tabla 7. Características según tipo de chocolate

Productos		Componentes					
Tipos de chocolate según su composición	Manteca de cacao	Extracto seco de magro de cacao	Total de extracto seco de cacao	Materia grasa de la leche	Total de extracto o seco magro de la leche	Almidón / Harina	Avellanas
Chocolate	≥18	≥14	≥35	-	-	-	-
Chocolate para taza	≥18	≥14	≥35	-	-	<8	-
Chocolate dulce/familiar	≥18	≥12	≥30	-	-	-	-
Chocolate familiar para taza	≥18	≥12	≥30	-	-	<18	-
Chocolate de cobertura	≥31	≥2.5	≥35	-	-	-	-
Chocolate con leche	-	≥2.5	≥25	2.5-3.5	12 -14	-	-
Chocolate con leche familiar	-	≥2.5	≥20	≥5	≥20	-	-
Chocolate de cobertura con leche	-	≥2.5	≥25	≥3.5	≥14	-	-
Chocolate blanco	≥20	-	-	2.5 - 3.5	≥14	-	-
Chocolate Gianduja	-	≥8	≥32	-	-	-	≥20 ≤40
Chocolate Gianduja con leche	-	≥2.5	≥25	2.5 - 3.5	≥10	-	≥20 ≤40
Chocolate para mesa	≥11	≥9	≥20	-	-	-	-
Chocolate semiamargo para mesa	≥15	≥14	≥30	-	-	-	-
Chocolate amargo para mesa	≥22	≥18	≥40	-	-	-	-

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Calidad (2017)

A lo largo de esta investigación se trabajó con el formato de tableta o barra de chocolate, por lo que a continuación se presentarán algunas recetas que contienen las cantidades de los ingredientes que un chocolate típico debe tener para ser considerado de menor o mayor calidad (ver Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 8. Recetas para tableta de chocolate negro

Ingredientes/Características	Rango para chocolate oscuro (%)	Barra de calidad media típica (%)	Barra de alta calidad típica (%)
Licor de cacao	45 - 80	55	70
Azúcar	20 - 55	44.5	30
Manteca de cacao añadida	0 - 5		
Lecitina	0 - 0.5	0.5	
Saborizante	<0.5		
Contenido de grasa total aproximado		29	38 - 40 según tipo de cacao y su calidad

Nota. Adaptado de Beckett (2011)**Tabla 9. Recetas para tableta de chocolate de leche**

Ingredientes/Características	Rango para barra de chocolate de leche (%)	Barra de calidad media típica (%)	Barra de alta calidad típica (%)
Azúcar	34 - 50	48	42
Sólidos de leche sin grasa	12 - 18		
Leche entera en polvo		24	25
Manteca de cacao		19.5	24.5
Licor de cacao			8
Grasa de la leche	3.5 - 6		
Lecitina	0.3 - 0.5	0.5	0.5
Grasa total aproximada (leche más manteca de cacao)	26 - 38	26.5	35

Nota. Adaptado de Beckett (2011)**Tabla 10. Recetas típicas para barra de chocolate blanco**

Ingredientes/Características	Rango de ingredientes (%)	Barra de calidad media típica (%)	Barra de alta calidad típica (%)
Azúcar	37 - 50	48	37
Sólidos de leche sin grasa	18 - 24	-	-
Grasa de la leche	4 - 7	-	-
Leche entera en polvo	-	29.5	33
Manteca de cacao desodorizada	22 - 35	22	30
Lecitina	0.2 - 0.5	0.5	-
Grasa total aproximada (leche más manteca de cacao)	29 - 40	29.5	37.8

Nota. Adaptado de Beckett (2011)

1.3.3 Proceso de producción

El chocolate posee dos principales características que lo distinguen: su sabor y textura. Es durante su proceso de producción que estas se obtienen, de ahí la importancia de contar con una línea de producción que se centre en resaltar sus propiedades.

Aunque existen múltiples métodos para la producción de chocolate, los más tradicionales pueden visualizarse en la Figura 6, los cuales serán explicados brevemente a continuación:

- **Fermentación del cacao:** la mazorca de cacao es retirada de los cacaoteros y su pulpa es separada de la parte externa del fruto. La pulpa, que contiene los granos de cacao, es colocada en cajas de fermentación, en las cuales pasará los siguientes seis días aproximadamente (esto dependerá del tipo de cacao y experiencia de los productores) hasta que el embrión de la semilla haya desaparecido. Es importante mantener en observación la temperatura a lo largo del proceso para controlar lo que ocurre en la masa del cacao. Las temperaturas referenciales utilizadas son: mayores a los 30 °C durante las primeras 24 horas, 45 °C a las 48 horas y hasta 50 °C una vez pasadas las 72 horas de iniciado el proceso.
- **Secado del cacao:** terminado el proceso de fermentación los granos poseen un contenido de humedad que varía entre el 40% a 50%. Durante el secado se buscará disminuir dichos valores al 6% o 7%, esto con el propósito de que el producto pueda ser almacenado reduciendo el crecimiento de moho. El método más utilizado es el secado al sol, en el cual los granos se colocan en superficies de madera y son movidos constantemente para evitar que se peguen entre sí y alcanzar un resultado uniforme. Los tiempos varían según las condiciones climáticas de la zona, pero suele durar un aproximado de cuatro días. En regiones donde las precipitaciones son constantes se podrán utilizar hornos para disminuir la humedad de los granos.
- **Limpieza de los granos:** a la llegada de los granos a la fábrica de chocolate, será necesario limpiarlos para remover cualquier impureza o material extraño que pueda contaminar el producto.
- **Tostado de los granos:** este proceso es uno de los más importantes debido a que el sabor característico del chocolate, así como su aroma y color, se desarrolla principalmente durante el tostado del cacao. Estos resultados variarán dependiendo del tiempo y temperatura a los que se sometan los granos. Se pueden diferenciar dos tipos de tostados uno que se realiza de manera completa (método convencional) y otro parcial (pre-tostado). En el tostado convencional los granos de cacao se tuestan a altas temperaturas que alcanzan hasta los 150 °C para luego ser descascarillados y posteriormente molidos hasta obtener licor de cacao. En el caso del pre-tostado, este se realiza a temperaturas que no superan los 100 °C con la única finalidad de desprender la cáscara del nib. Posteriormente, durante el proceso de molienda

generalmente, se le volverá a aplicar calor para completar el tostado. (Ramli, Hassan, Said, Samsudin, & Idris, 2006)

- **Agrietamiento de los granos y descascarillado:** los granos son expuestos a un premolido que quiebra la cáscara que los cubre. Esta, al ser más volátil que los nibs, será separada en una descascarilladora por acción del aire. Se debe retirar la mayor cantidad posible de cáscara pues esta afecta de manera negativa al sabor final del chocolate.
- **Molienda:** las partículas de cacao pasan a través de molinos (molinos de martillos, molinos de discos, molinos de bolas, refinadores de tres rodillos o una combinación de los cuatro) para obtener el licor de cacao. El calor generado en el proceso es suficiente para alcanzar los 35 °C del punto de fusión y lograr derretir los granos de cacao.
- **Prensado:** este procedimiento es realizado para obtener manteca de cacao que puede ser utilizada más adelante en la producción de chocolate si la receta seleccionada así lo indica. El licor de cacao es colocado en una prensadora en la cual, por acción de la presión ejercida, se separa una parte sólida (que posteriormente se convertirá en cacao en polvo) y una parte líquida (manteca de cacao).
- **Mezclado:** se realiza la mezcla de ingredientes, los cuales incluyen el licor de cacao, el azúcar (que se puede encontrar en polvo o granulada) y la manteca de cacao. Las cantidades dependerán de la receta seleccionada.
- **Refinado:** el objetivo del refinado es que los elementos físicos de la mezcla sean lo suficientemente pequeños para no ser detectados por la lengua humana. El tamaño que se busca obtener como resultado dependerá del tipo de chocolate, aunque generalmente deberán ser menores a 40 μm (Beckett, 2011). Esta etapa puede ser incluida durante el mezclado (dependerá de la maquinaria disponible y del orden de procesos seleccionado), aunque los requerimientos modernos de mejora del rendimiento han llevado a que se realicen por separado. Otro de los métodos más utilizados es moler los ingredientes sólidos (azúcar, leche en polvo) por separado y luego mezclarlos con los componentes líquidos (licor de cacao, manteca de cacao, lecitina, etc.).
- **Conchado:** tiene como objetivo eliminar sabores ácidos y astringentes que son indeseados y que se encuentran aún presentes en el cacao, realzando aquellos agradables. Además, permite que las grasas cubran las nuevas partículas (sobre todo las de azúcar) lo que mejora las propiedades de flujo del producto final. El proceso se lleva a cabo en una conchadora la cual agita el chocolate durante un periodo de tiempo prolongado exponiéndolo a calor, lo que permite que los componentes volátiles escapen. Se recomienda no trabajar a temperaturas que sobrepasen los 50 °C, aunque esto dependerá de los ingredientes de la mezcla. Otros parámetros como tiempo y cantidad a conchar deberán ser determinados por el productor para obtener los resultados deseados.

- **Templado:** este proceso asegura que la manteca de cacao se cristalice de forma estable, lo que se traduce en un chocolate de acabado brillante y crujiente. Los métodos más comúnmente utilizados incluyen cuatro fases: fusión completa, enfriamiento hasta el punto de cristalización, cristalización y fundición de los cristales inestables.

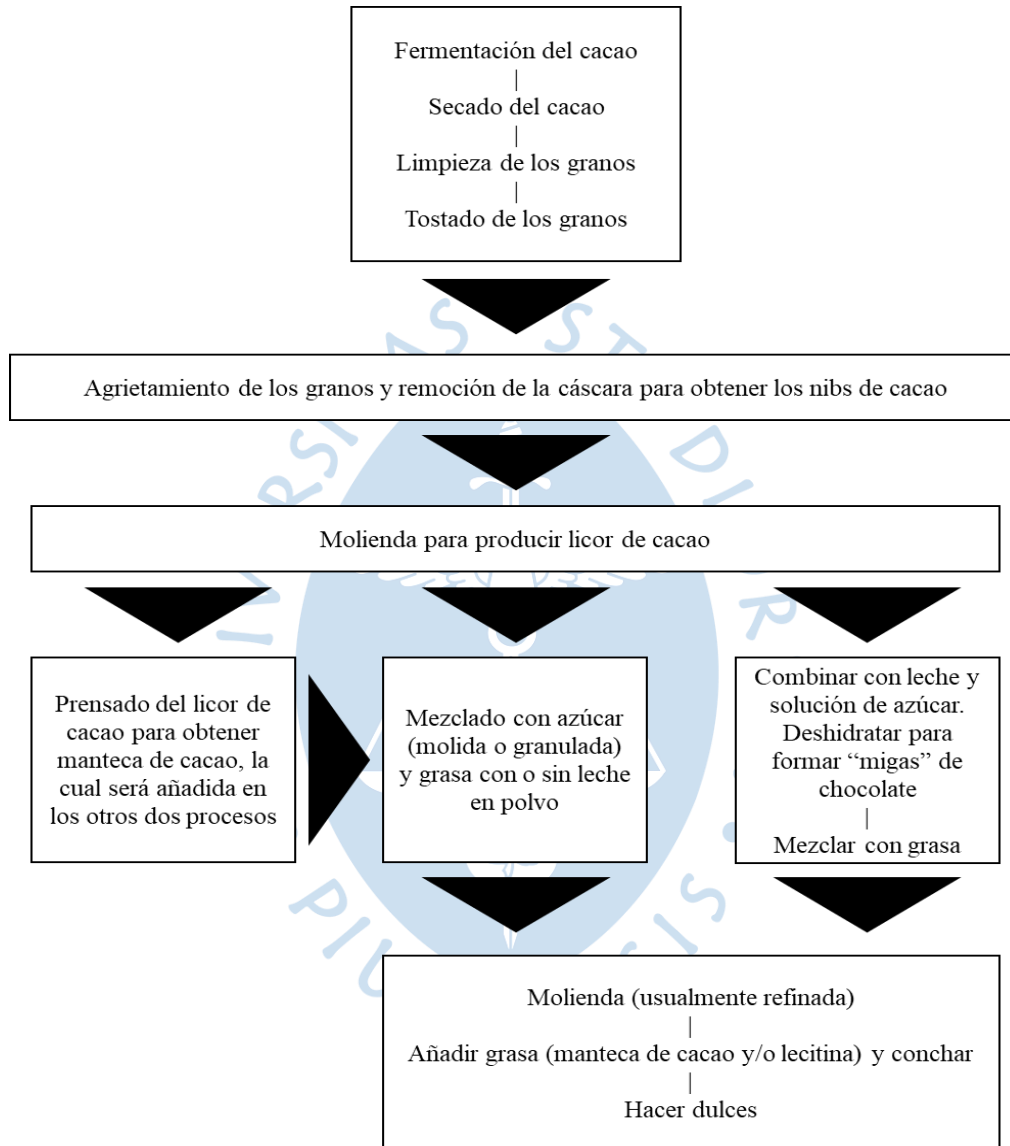


Figura 6. Diagrama esquemático del proceso tradicional de elaboración del chocolate

Nota. Adaptado de Beckett (2011)

1.3.4 Normativa

A continuación (ver Tabla 11), se presentan las normas técnicas peruanas sobre chocolate aprobadas y publicadas por la Dirección de Normalización del Instituto Nacional de Calidad (INACAL):

Tabla 11. Catálogo de Normas Técnicas peruanas sobre chocolate

Código	Título
NTP CODEX STAN 87:2017	CHOCOLATE Y PRODUCTOS DEL CHOCOLATE. Requisitos
NTP 208.039:2015	CACAO Y CHOCOLATE. Grano entero de cacao, productos de chocolate y chocolate en polvo. Determinación de aflatoxinas (método por HPLC)
NTP 208.034:2016	CACAO Y CHOCOLATE. Parámetros reológicos del chocolate. Determinación del valor mínimo y la viscosidad plástica de Casson
NTP 208.015: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de cenizas totales. 3ª Edición
NTP 208.016:2015	CACAO Y CHOCOLATE. Grasa en productos del cacao. Método de extracción por Soxhlet
NTP 208.017: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de humedad. Método gravimétrico. 3ª Edición
NTP 208.017:2015/COR 1:2016	CORRIGENDA 1. CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de humedad. Método gravimétrico
NTP 208.027: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de cenizas solubles e insolubles. 3ª Edición
NTP 208.019:2015	CACAO Y CHOCOLATE. Fructosa, glucosa, lactosa, maltosa y sucrosa en chocolate con leche. Método por cromatografía líquida
NTP 208.030: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de plomo, cadmio, cobre, hierro y cinc. 3ª Edición
NTP 107.301:2016	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de fibra dietaria total
NTP 208.007 2007	CACAO Y CHOCOLATE. Cacao en polvo (Cocoa) y mezclas secas de cacao y azúcar. Requisitos. 3a. ed.
NTP CODEX STAN 86:2013	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao
NTP 208.024: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao. Preparación de la muestra a ensayar. 3ª Edición
NTP 208.023:2015	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao. Determinación de humedad y materia volátil
NTP 208.025:2015	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao. Determinación del índice de refracción
NTP 208.026: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao. Determinación del punto de fusión en tubos capilares abiertos (punto de ablandamiento). 3ª Edición
NTP 208.033: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Manteca de cacao. Determinación de la composición de ácidos grasos por cromatografía de gases. 2ª Edición
NTP 208.020: 2015	CACAO Y CHOCOLATE. Dulce de manteca de cacao. Determinación de humedad. Método Karl Fischer
NTP 208.021.2015	CACAO Y CHOCOLATE. Determinación de acidez en manteca de cacao. Método por titulación
NTP CODEX STAN 141:2014	CACAO Y CHOCOLATE. Cacao en pasta (Licor de cacao/chocolate) y torta de cacao
NTP 208.028:2010	PRODUCTOS DE CACAO. Pasta o licor de cacao y chocolates. Determinación de sólidos no grasos. 2a Edición.

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Calidad (s.f.)

1.4 Distribución en planta

Distribución en planta por definición es el ordenamiento físico de los elementos de una instalación. La ubicación de los departamentos, máquinas, herramientas e instrumentos, así como de las entradas y salidas de materiales y productos, será de vital importancia para la optimización de recorridos y la disminución de gastos.

1.4.1 Tipos de distribución en planta

Los tipos de distribución surgen al tener en cuenta que en una fábrica puede existir movimiento de los materiales, hombres o maquinarias, o una combinación de dos de estos o de los tres. Los tipos de clásicos de distribución son tres:

- **Distribución por posición fija.** En este caso el material se mantiene en una misma posición, mientras que el movimiento lo tendrán los hombres y la maquinaria quienes deberán acercarse al componente para trabajarlo.
- **Distribución por proceso o distribución por función.** En este caso los materiales se encuentran en movimiento, transitando entre áreas en donde los procesos y maquinaria se encuentran agrupados (ej. área de soldaduras).
- **Producción en cadena, en línea o por producto.** En este caso un producto se realiza en un área mientras el material se encuentra en movimiento a lo largo de esta (lo que lo diferencia de la distribución fija).

En la realidad no suelen encontrarse distribuciones en su forma pura debido a que usualmente se encuentran combinadas o modificadas para aprovechar así las ventajas de cada tipo de distribución. Sin embargo, la producción en cadena siempre será la meta siempre que resulte práctica.

La elección del tipo de distribución dependerá de las variedades de productos existentes, las cantidades a producir, el grado de especialización del trabajo requerido, así como de las máquinas y herramientas, el costo de movimiento de la pieza y el costo de movimiento de los materiales.

1.4.2 Principios básicos de la distribución de planta

Muther expuso en su obra “Distribución de planta” (1970) los objetivos básicos de la distribución de planta los cuales pueden expresarse en forma de seis principios, los cuales se citan a continuación:

- **Principio de la integración de conjunto:** “La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.”
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** “A igualdad de condiciones, es siempre mejor la Distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.”

- **Principio de la circulación o flujo de materiales:** “En igualdad de condiciones, es mejor aquella Distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.”
- **Principio del espacio cúbico:** “La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.”
- **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** “A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la Distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.”
- **Principio de la flexibilidad:** “A igualdad de condiciones siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.”

Al momento de diseñar o seleccionar una alternativa de distribución en planta será necesario tener en cuenta estos seis principios que permitirán obtener mayores ventajas que se traducen en la reducción del costo de fabricación.

1.4.3 Factores que afectan la distribución de planta

Existen ocho factores que tienen influencia sobre la distribución en planta y estos deberán ser tomados en cuenta de manera que se integren todos y cada uno de ellos en el diseño de las instalaciones. A continuación, se enumeran y explica brevemente cada uno de los factores mencionados por Muther (1970) en su libro:

- **Factor material:** incluye el diseño del producto, variedad y cantidad de materiales necesarios para su elaboración, así como las operaciones y su secuencia para la producción.
- **Factor maquinaria:** incluye equipo de producción, herramientas y utilización.
- **Factor hombre:** incluye mano de obra, supervisión y servicios auxiliares.
- **Factor movimiento:** incluye el transporte entre departamentos, así como dentro de un mismo departamento, manejo en las operaciones, inspecciones y almacenamientos.
- **Factor espera:** incluye almacenamientos temporales, almacenamientos permanentes y esperas.
- **Factor servicio:** incluye inspecciones, mantenimiento, control de desperdicios, lanzamiento y programación.
- **Factor edificio:** incluye elementos externos e internos, distribución y equipos, así como particularidades del terreno.
- **Factor cambio:** posibilidad de que se deban ajustar, modificar e incluso ampliar las instalaciones.

1.5 Metodologías heurísticas para distribución de planta

George Pólya, matemático nacido en Hungría, introduce el concepto de heurística en su obra titulada *"How to solve it"* (1965) para referirse al arte de resolver problemas. La heurística es un procedimiento práctico y con tendencia a la generalidad para solucionar problemas.

En ingeniería, un método heurístico (parte práctica de la heurística) puede ser aplicado para resolver problemas de diseño pues, aunque no garantiza obtener un resultado óptimo, permite generar alternativas de solución de manera rápida, las cuales podrán ser luego analizadas por expertos para generar un diseño final.





Capítulo 2

Situación actual y caso de aplicación

En este segundo capítulo tiene como objetivo brindar un panorama del contexto que engloba a esta investigación además de establecer el caso de aplicación: la Cooperativa Agraria Norandino Ltda. Se profundiza en la historia de la empresa, la organización de sus áreas, los productos que actualmente comercializa, así como los servicios que brinda.

2.1 Situación actual

Para el primer semestre del 2018 se reportaba un crecimiento del mercado de chocolate en Perú entre 10% y 11%, mientras que en los últimos cuatro años se ha presentado un aumento del 4.5%, retrasado ligeramente por la aparición del Fenómeno del Niño, aunque siempre con un pronóstico positivo. Tal como se mencionaba anteriormente en los apartados sobre el mercado del cacao, la demanda de chocolates con mayor porcentaje de cacao se ha visto en aumento, dejando de lado los dulces con sabor a chocolate (es decir, que poseen menos del 35% de cacao). Esto debido a que el público se encuentra en búsqueda de productos de mejor calidad y sabor, aceptando el pago de precios mayores para obtenerlos. A pesar de que Perú presenta uno de los consumos de chocolate más bajos en América Latina con un consumo per cápita de 500 gramos al año, la Asociación Peruana de Productores de Cacao (Appcacao) proyecta que estas cifras se duplicarán debido al aumento de emprendimientos que trabajan con el cacao peruano -en la actualidad existen más de 150 marcas de chocolates en el mercado peruano. (Redacción Gestión, 2018)

El nuevo estilo de vida de los consumidores no solo los lleva a optar por chocolates de mayor calidad sino a buscar que los beneficios de sus compras se repartan de forma justa entre todos los agentes involucrados en la producción de dicho producto. Esto beneficiará de gran manera a los pequeños agricultores y productores de cacao, los cuales verán aumentados sus ingresos, lo que permitirá la inversión en capacitaciones, equipos, instrumentos, etc., que beneficiará su imagen frente a los compradores de esta materia prima. Sin embargo, el escenario actual no es del todo positivo para este sector, pues las restricciones y variaciones en las regulaciones, así como problemas de deforestación y emisión de carbono, condicionan los precios y las ventas de cacao. Uno de los casos más recientes es la restricción de los niveles de cadmio impuesta por la Unión Europea, la cual obliga a todos los involucrados en la venta de cacao a buscar alternativas de solución para este problema.

Velarde Oliart (2018) menciona en uno de sus artículos que, en cuanto a la industrialización en el Perú y aunque la revolución industrial se inicia a finales del siglo XVIII en Europa, esta no llegó a Perú hasta la década de 1980. Las características que permitieron identificar esta etapa en nuestro país fueron mencionadas su investigación y se citan a continuación: “la migración de campesinos a las ciudades, sobre todo de sierra a costa, la invasión de tierras y el proceso de reconocimiento legal, la instalación de fábricas y de negocios al margen de la ley, la conversión de lo extralegal en legal, entre otras características”.

Existen tres puntos propuestos por Martínez (2018) como explicación al desarrollo industrial de Perú durante los años comprendidos entre 1999 y 2018, los cuales se enumeran a continuación:

- La alta libertad económica del país, es decir el grado bajo de intervención del Estado en la economía.
- El positivo clima entre partidos políticos, los cuales luchan por el poder participando en elecciones libres y respetando las instituciones democráticas.
- La relación armoniosa entre Estado y empresarios, esto puede visualizarse en el apoyo que ha recibido el sector privado del gobierno para impulsar el desarrollo económico nacional.

Sin embargo, variables como la corrupción afectan negativamente al crecimiento del país y por ende a las inversiones que se podrían realizar a las industrias, esto debido a que se incrementan los costos de transacción lo que conlleva a la realización de inversiones ineficientes y al mal uso de factores productivos.

2.2 Cooperativa Norandino

Esta empresa trabaja en el rubro de Sindicatos, Federaciones y Asociaciones diversas bajo la razón social “Cooperativa Agraria Norandino Ltda. – Coop. Norandino”. Su principal función es acortar la cadena comercial entre pequeños agricultores e importadores pues reduciéndola permite a los consumidores obtener los productos al menor precio posible, permitiendo la mejora de las condiciones de vida de los productores. (Reyes Córdova, 2015). El gerente comercial, Santiago Paz López, menciona que parte de la responsabilidad social que impulsa Norandino es mejorar los pagos a los agricultores, lo cual se puede lograr ofreciendo los productos a compradores que valoran el origen y su elaboración (Editor FPP, 2018), así como la capacitación de los productores, además de la construcción de infraestructura adecuada para el procesamiento de productos que cumplan con los estándares de calidad internacional.

2.2.1 Historia

La historia de la Cooperativa Norandino inicia en 1990 con la producción de café, diversificándose en 2003 con la panela y a partir del 2006 con el cacao. En mayo del presente año inauguraron una nueva planta de procesamiento de licor de cacao y se encuentran trabajando en la instalación de una fábrica de chocolate en Holanda (Flores Córdova, 2019). Fue fundada en la ciudad de Lamas, San Martín, el 26 de noviembre del 2005.

Actualmente la Cooperativa Norandino trabaja con más de 7000 productores ubicados en los departamentos de Piura, Tumbes, Amazonas, Cajamarca y San Martín. Cuenta con una planta de procesamiento de café y licor de cacao, así como con un centro de acopio de café, cacao y panela ubicados ambos en la Zona Industrial de la ciudad de Piura.

2.2.2 Organización

La Cooperativa Norandino se encuentra constituida por cinco niveles: nivel de dirección, nivel ejecutivo, nivel operativo, órganos de apoyo, comités especializados, órganos de coordinación. En la Figura 7 pueden visualizarse los organismos que constituyen cada uno de los niveles antes mencionados.

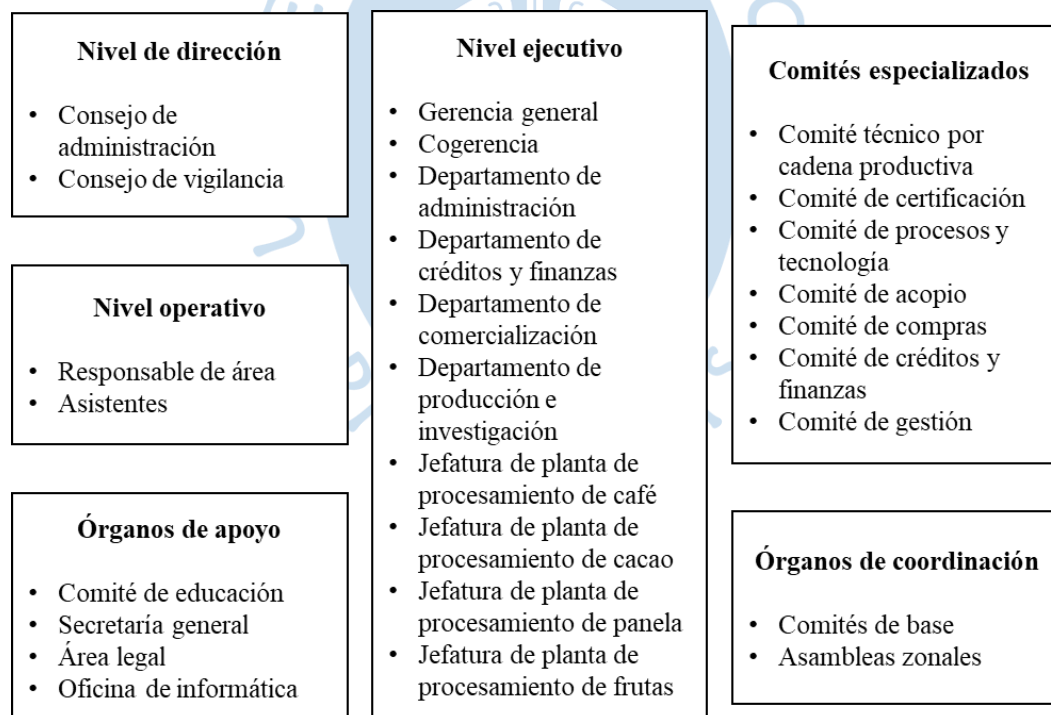


Figura 7. Niveles organizacionales de la Coop. Norandino

Nota. Adaptado de Córdova Valle (2019)

Se incluye, además, un organigrama (ver Figura 8) propuesto por Córdova Valle en la investigación “Los mecanismos de control interno administrativo en las cooperativas del sector agrario en el Perú. Caso: Cooperativa Agraria Norandino Ltda.”. En dicha figura se

representa una propuesta de la estructura de la empresa basándose en las actividades reales que se ejecutan en las diferentes áreas de Norandino.

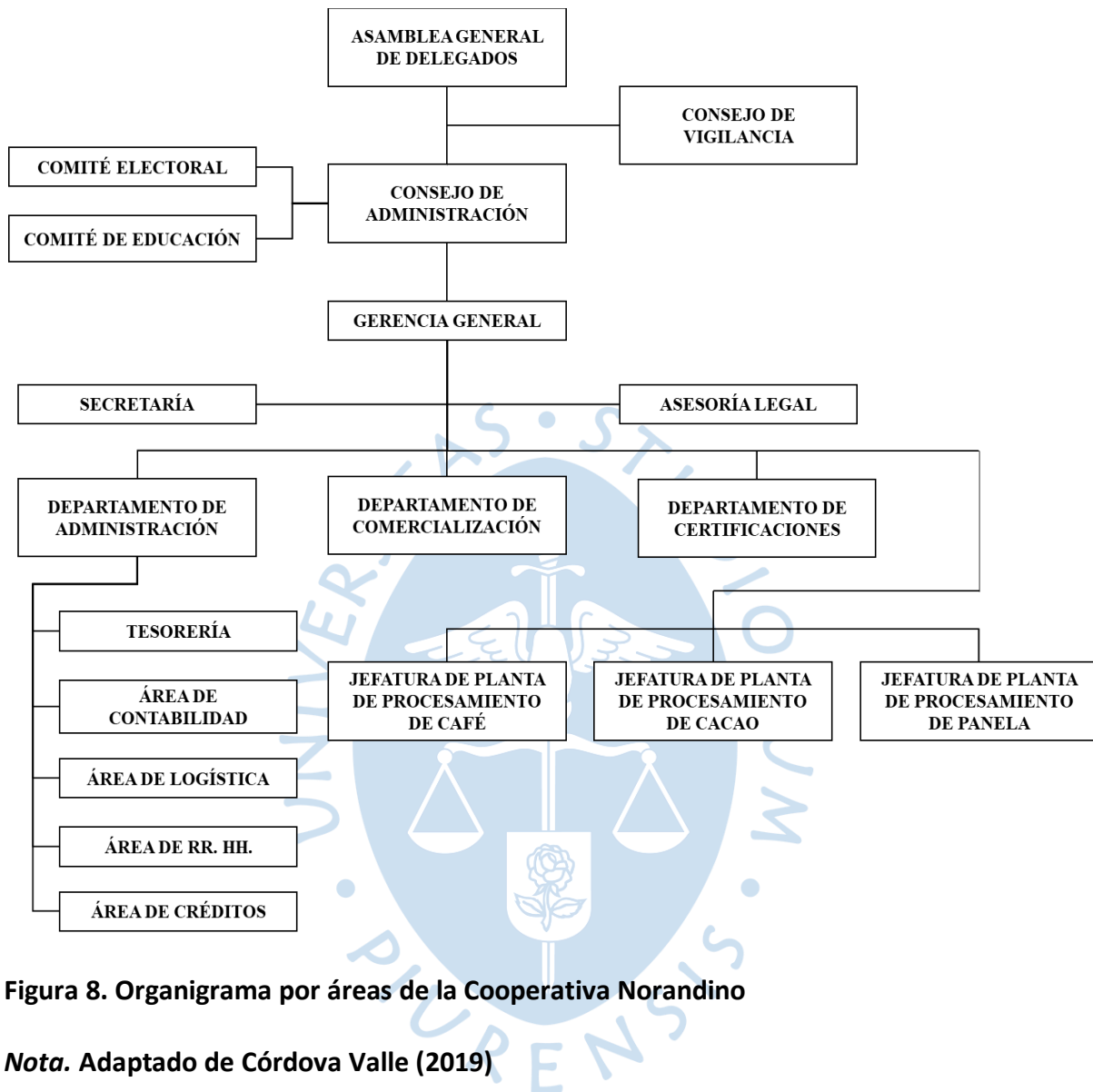


Figura 8. Organigrama por áreas de la Cooperativa Norandino

Nota. Adaptado de Córdova Valle (2019)

En cuanto a sus valores organizacionales estos fueron definidos teniendo en cuenta las metas organizacionales de la empresa, principalmente la de brindar servicios de calidad a sus asociados (Coop. Norandino, s.f.). Los valores definidos fueron:

- **Responsabilidad:** a través del compromiso y de la comunicación entre socios, trabajadores y directivos se debe buscar siempre asegurar una imagen positiva de la organización.
- **Transparencia:** se debe asegurar la transparencia en los actos y en la información brindada a los socios, proveedores y clientes.
- **Equidad:** no se harán diferenciaciones debido a la condición social, género, credo, edad, entre otros; de los socios, trabajadores y dirigentes.

- **Democracia:** este valor deberá ser aplicado al momento de la toma de decisiones, así como para respetar las opiniones de las minorías.
- **Calidad de servicio:** los socios son considerados la razón de ser de la cooperativa por lo que los servicios brindados deberán cumplir siempre con sus requerimientos.
- **Respeto:** además de mantener el respeto por los acuerdos a los que la empresa se haya comprometido, se deberá aplicar en las relaciones entre socios, dirigentes y trabajadores.

2.2.3 Servicios

La Cooperativa Agraria Norandino brinda múltiples servicios entre los que se destacan la comercialización de productos al mercado nacional e internacional, el financiamiento de pequeños productores a través de microcréditos, la capacitación de sus socios, la certificación de los productos, entre otros. A continuación, se explicarán más a detalle algunos servicios ofrecidos.

2.2.3.1 Asistencia técnica. La empresa Norandino cuenta con un departamento de producción e investigación, el cual se encuentra conformado por tres áreas: área técnica, área de certificaciones y área de proyectos. Todas ellas tienen como objetivo afianzar en materia de organización, producción y en temas comerciales; a la organización y a los asociados a esta.

El área técnica brinda a los productores socios de Norandino asesoramiento especializado que busca aumentar la calidad de la producción a través de distintos programas que abarcan temas de “fertilización, control de enfermedades, renovación y rehabilitación de los cultivos” (Coop. Norandino, s.f.).

En cuanto al área de certificaciones, esta se encuentra en el proceso de implementar en las cadenas de producción del café panela y cacao, la Certificación Orgánica, Comercio Justo, HACCP, SPP, Mano a Mano y Kosher.

Finalmente, el área de proyectos se financia a través de la cooperación internacional y programas nacionales, y tiene como objetivo mejorar la infraestructura involucrada en la producción, así como el equipamiento de plantas y múltiples módulos de procesamiento de café, cacao y panela.

2.2.3.2 Complejo agroindustrial. La Cooperativa Norandino cuenta con tres plantas de procesamiento de productos. La planta de procesamiento de cafés especiales cuenta con un aproximado de 10 mil metros cuadrados ubicados en la Zona Industrial de Piura. En sus instalaciones se brinda el servicio de procesamiento de café verde destinado a la importación, así como café tostado, y este servicio se brinda tanto a los asociados de la empresa como a otras organizaciones que buscan obtener productos de calidad. La capacidad de procesamiento es de 5 toneladas por hora, la cual puede ser ampliada a 8 toneladas. El almacenamiento de materia prima y de productos terminados se lleva a cabo en modernos

almacenes que garantizan la seguridad y conservación de la calidad de los elementos. Estos cuentan con una capacidad de 100 mil quintales de café.

En cuanto a la planta de procesamiento de panela, este proyecto que fue inaugurado en el año 2015 y cuya inversión superó los 2 millones de dólares, es la primera planta a nivel nacional disponible para pequeños productores asociados (Coop. Norandino, s.f.). Cuenta con una capacidad para procesar y envasar hasta 3 mil toneladas de panela al año.

La tercera planta es la planta de procesamiento de cacao, inaugurada el 31 de mayo del 2019, cuenta con tecnología de punta (la maquinaria de la empresa Duyvis Wiener fue exportada desde Holanda) y pudo ser realizada gracias a una inversión de 7 millones de dólares. Ubicada en la Zona Industrial de Piura, esta planta tiene una capacidad de procesamiento de 500 kilogramos por hora y de hasta 4000 toneladas de producto terminado (licor de cacao) por año.

2.2.4 Productos

La Cooperativa Norandino se caracteriza por la comercialización de tres productos: café, panela y cacao. En los siguientes apartados se darán más detalles de cada uno de ellos.

2.2.4.1 Café. El café producido por Norandino es de una variedad llamada “Typica”, caracterizados por ser sembrado por pequeñas familias de productores junto a cultivos de sombra y especies frutales. Otras distinciones de este tipo de café es su gran calidad y aporte al medio ambiente.

El proceso de acopio y comercialización del café inicia con la recolección de la materia prima por parte de los pequeños agricultores. El café obtenido es acopiado en la organización de base, la cual se encarga de almacenar los productos de todos los socios para que luego sean trasladados a la planta de procesamiento. En ella el café es almacenado y exportado a los compradores finales. El proceso a mayor detalle puede ser observado en la Figura 9.

Otro tipo de café comercializado por la empresa es el café tostado, el cual se caracteriza por su elegante sabor con una fina acidez y el aroma desarrollado durante el tostado tradicional de largo tiempo. Ambos productos son exportados a países como Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, Italia, Holanda, Inglaterra, Nueva Zelanda, Suiza, entre otros. Cabe mencionar que el café producido por Norandino cuenta con las certificaciones de Producto Orgánico y Comercio Justo (Fairtrade Labelling Organizations International - FLO).

La producción peruana de café en 1992 era de 1 millón de quintales, mientras que en 2017 esta creció hasta 5 millones de quintales. El aporte de Norandino a sus socios productores fue brindarles las capacitaciones e infraestructura necesaria para permitir el ingreso de sus productos a mercados internacionales.

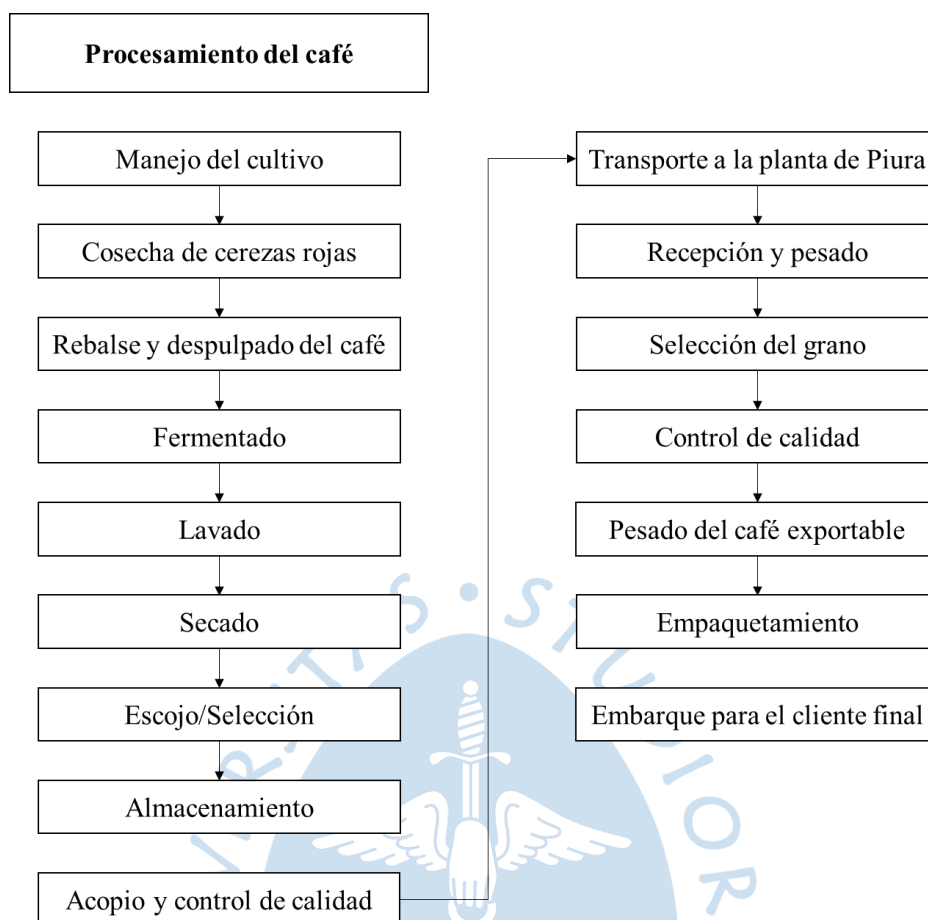


Figura 9. Procesamiento del café

Nota. Adaptado de Coop. Norandino (s.f.)

2.2.4.2 Panela. La panela granulada es un producto natural, no refinado e inocuo que reemplaza el azúcar, el cual es “obtenido de la evaporación, concentración y cristalización del jugo de la caña de azúcar” (Coop. Norandino, s.f.). La cooperativa comercializa dos presentaciones de panela: a granel en envases de 25 kg y 50 kg; y envasada en polipropileno biorientado (BOPP) de 500 g y 1000 g.

El proceso para la obtención de panela puede dividirse en dos fases: la primera se lleva a cabo en los módulos de procesamiento ubicados en la sierra de Piura (específicamente, de las provincias de Ayabaca, Morropón y Huancabamba), mientras que la segunda se realiza en la planta central de envasado en la ciudad de Piura. En la Figura 10 puede visualizarse el orden de las actividades a realizar según cada fase antes mencionada.

La Cooperativa Norandino comenzó a trabajar con la panela en el año 2000 y en la actualidad cuenta con las certificaciones de Comercio Justo —el precio por tonelada de materia prima es de 300 dólares de lo cual los agricultores promedios reciben tan solo 25 soles, mientras que a los productores socios de Norandino se les paga 155 soles—, Kosher, Producto Orgánico y HACCP. Debido a la gran calidad del producto, este es exportado a

empresas tales como Alcenero (Italia), Ethiquable (Francia) y La Siembra (Canadá) y comercializado en el mercado local en las ciudades de Piura y Lima.

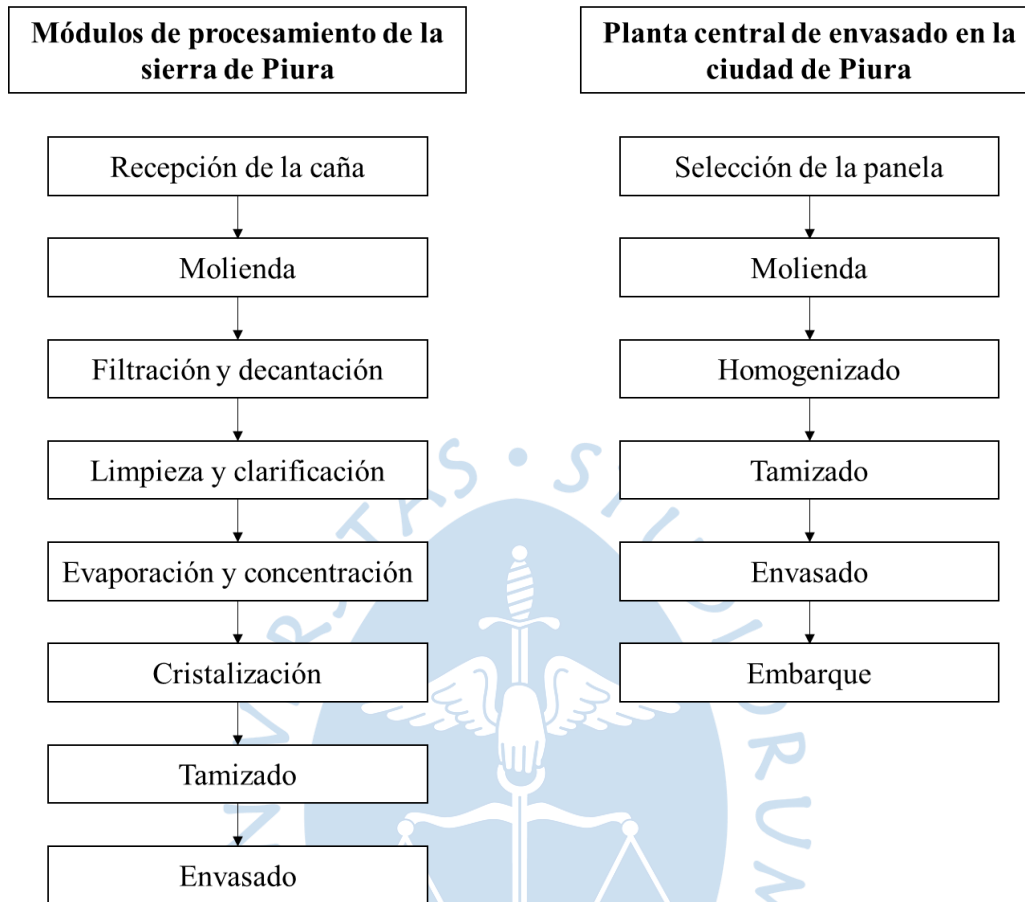


Figura 10. Proceso de elaboración de la panela

Nota. Adaptado de Reyes Córdova (2015)

2.2.4.3 Cacao. Los tipos de cacao que la Cooperativa Norandino comercializa son cacao criollo y criollo porcelana los cuales provienen de plantaciones del norte del país ubicadas en las regiones de Piura, Tumbes, Amazonas y San Martín. Esta variedad de orígenes permite a la empresa ofrecer distintos tipos de cacao de la mejor calidad, la cual se confirma con los múltiples premios ganados por Norandino en concursos nacionales y competencias internacionales.

El proceso de acopio por el que pasan los granos es similar al de la panela: se inicia con la cosecha selectiva por parte de los agricultores quienes se encargan de entregar los granos sin impurezas a los centros de acopio en donde se llevan a cabo los procesos de fermentación, secado y selección. Posteriormente la materia prima se almacena en la organización de base para luego ser trasladada a la planta de beneficio en la que es tratada y empaquetada para finalmente ser exportada al consumidor final (ver Figura 11).

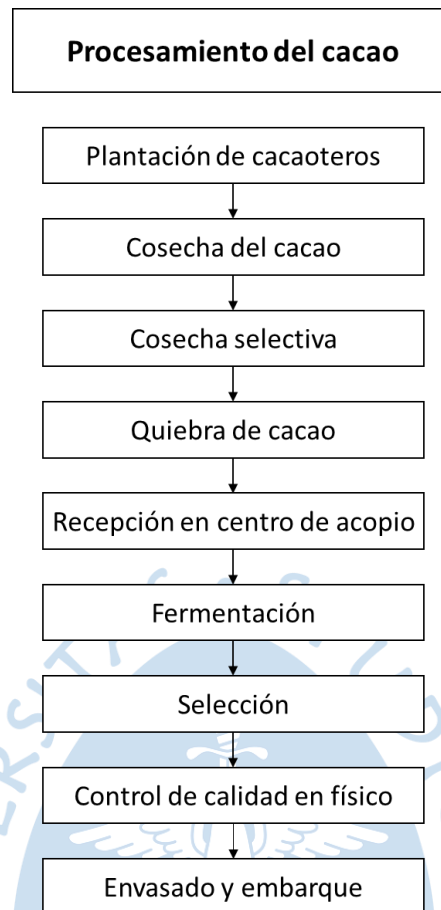


Figura 11. Procesamiento del cacao

Nota. Adaptado de Coop. Norandino (s.f)



Capítulo 3

Metodología de la investigación

En este capítulo se detallan dos apartados para el desarrollo de la tesis realizada bajo la modalidad de artículo científico: objetivo de la investigación y descripción de la metodología utilizada.

3.1 Objetivo de la investigación

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de una planta para la producción de chocolate para la Cooperativa Norandino, ubicada en la ciudad de Piura, utilizando tres métodos heurísticos que permitirán generar un mayor abanico de alternativas de solución del *layout*. Los métodos seleccionados son: Systematic Layout Planning (SLP), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT). Esta investigación se restringe a determinar la distribución de las áreas de trabajo que se incluirán en la fábrica de chocolate, excluyendo así el diseño interno de las zonas de trabajo, almacenes, zonas de descarga, entre otros; es decir, se trabajará con una distribución en bloques. Sin embargo, se tomarán como referencia los principales elementos que cada departamento debe tener para llevar a cabo los procesos de producción del chocolate. Estos podrán ser encontrados en el capítulo 5. Ampliación de resultados, así como los resultados finales de esta investigación.

Adicional a ello se presenta la comparación de los tres métodos heurísticos utilizados de distribución en planta cuantificada a través de una escala de Likert para determinar la valoración del autor según diferentes criterios que las metodologías presentan al ser aplicadas en la solución de un caso específico como lo es la elaboración de la distribución de una fábrica de chocolate para la Cooperativa Norandino.

3.2 Metodología

Esta investigación de tipo exploratoria secuencial consta de dos etapas: la primera etapa cualitativa consiste en la aplicación de tres métodos heurísticos para el desarrollo de alternativas de solución del caso de la Cooperativa Norandino. Adicional a ello, durante esta fase el investigador llevará un registro escrito (anotaciones) sobre su percepción del proceso de aplicación. Una segunda etapa cuantitativa permitirá generar una lista de indicadores que a través de una escala Likert permitirá codificar los datos cualitativos y realizar una

comparación entre los métodos heurísticos seleccionados. En la Figura 12 puede visualizarse lo detallado anteriormente.

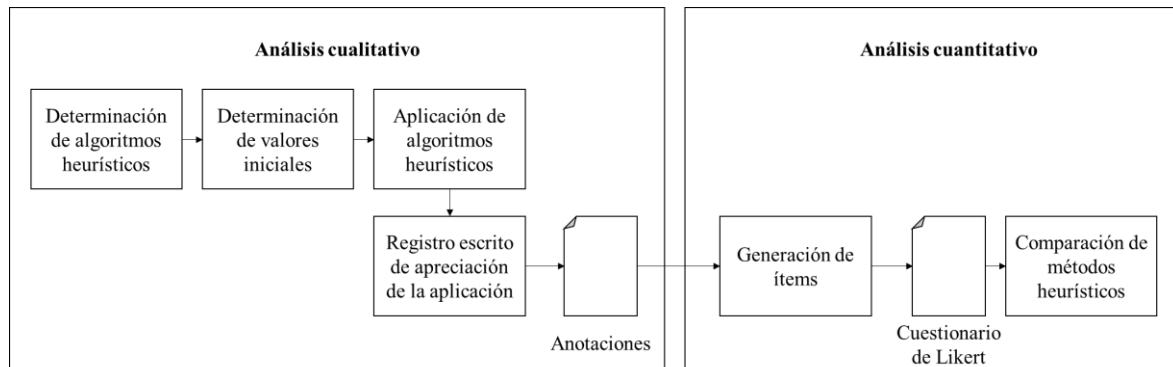


Figura 12. Gráfico informativo de metodología utilizada

El proceso efectuado durante la etapa cualitativa puede visualizarse en los apartados 3.2.1., 3.2.2. y 3.2.3.; mientras que, en el caso de la etapa cuantitativa, el proceso se describe en el apartado 3.2.4.

3.2.1 Determinación de los algoritmos heurísticos

Se llevó a cabo una investigación exhaustiva para obtener una lista preliminar de algoritmos heurísticos, mediante la revisión de artículos, tesis de licenciatura y tesis doctorales de distintas fuentes de información tales como SCOPUS, ScienceDirect, TESEO, Open Access Theses and Dissertations (OATD) y EBSCOhost. Posteriormente se evaluaron cada uno de los métodos para seleccionar aquellos que cumplieran con los siguientes requisitos:

- **Información disponible:** se tomó en cuenta el acceso a la fuente original de publicación del método y número de investigaciones disponibles, así como la calidad de su contenido
- **Capacidad de aplicación:** este punto hace referencia a la disponibilidad de softwares requeridos para la aplicación de determinado algoritmo.
- **Disponibilidad de expertos:** durante la evaluación se les otorgó un mayor puntaje a aquellos métodos que hubiesen sido aplicados previamente por expertos disponibles para consultas.

Estos ítems fueron seleccionados de manera cualitativa una vez finalizada la investigación de los métodos heurísticos disponibles. Los resultados de la evaluación de requisitos pueden visualizarse en la Tabla 12 en la cual, a través de una escala tipo Likert, se le asignó un valor a cada factor según el método heurístico correspondiente siendo el puntaje final la sumatoria de los pesos dado a cada factor de evaluación.

A la pregunta “¿el método heurístico cumple con el factor de evaluación?”, se le designó cinco posibles respuestas, las cuales poseen un puntaje del 1 al 5 tal como se puede visualizar en la Tabla 12.

El resultado de esta etapa fue la selección de tres algoritmos heurísticos: CRAFT, CORELAP y SLP, los cuales serán explicados en a mayor detalle en el apartado 3.2.3. Aplicación de algoritmos heurísticos.

Tabla 12. Evaluación de métodos heurísticos

Método heurístico	Factor de evaluación			Puntaje total
	Información disponible	Capacidad de aplicación	Disponibilidad de expertos	
SLP: Systematic Layout Planning	5	5	5	15
CORELAP: Computerized Relationship Layout Planning	5	5	4	14
CRAFT: Computerized Relative Allocation of Facilities Technique	5	5	4	13
Procedimiento de Distribución de Planta de Apple	4	5	1	10
Procedimiento de Distribución de Plantas de Reed	4	5	1	10
LOGIC: Layout Optimization with Guillotine Induced Cuts	4	5	1	10
MULTIPLE	4	5	1	10
MIP: Mixed Integer Programming	4	4	1	9
ALDEP: Automated Layout Design Program	4	1	2	7
BLOCPAN	3	2	1	6



Figura 13. Valores para selección de métodos heurísticos (escala de Likert)

3.2.2 Determinación de valores iniciales

En esta etapa se determinaron aquellos valores necesarios para la aplicación de los algoritmos heurísticos, los cuales se explican con mayor detalle a continuación.

3.2.2.1 Procesos para la elaboración de chocolate. Para la determinación de los procesos para la elaboración del chocolate se realizaron visitas al laboratorio de análisis de cacao de la Cooperativa Norandino con la finalidad realizar los cálculos posteriores en los procesos que ellos utilizan. Los procesos que se llevaron a cabo experimentalmente fueron los de tostado, enfriado, descascarillado y molienda de los granos de cacao, así como el de conchado para obtener licor de cacao. Estos procesos se complementaron con información obtenida de la obra “Industrial chocolate manufacture and use” (Beckett, 2011). Como resultado se obtuvo el orden de procesos para la elaboración de chocolates, el cual se puede observar en el diagrama de flujo (Buffa, 1964) de la Figura 14.

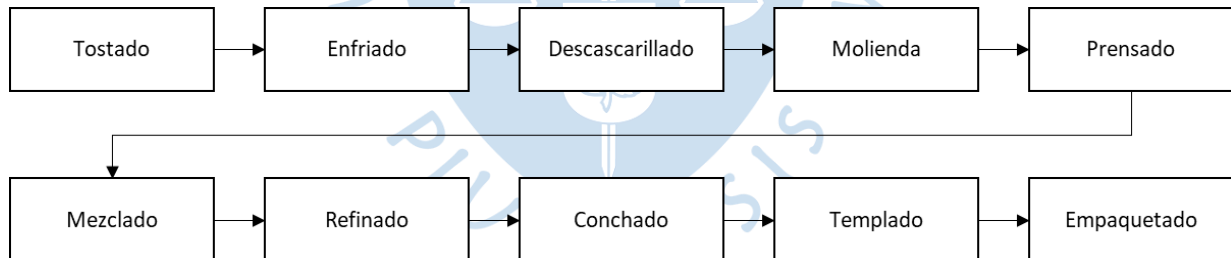


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate

3.2.2.2 Matriz de interrelaciones de actividades. Se aplicó la teoría propuesta por Muther (1970) para determinar la importancia de la relación entre dos áreas o departamentos, traducida en la cercanía que debe existir entre ellas (ver Figura 15) y clasificada según los códigos de la Tabla 13.

Cabe mencionar que en algunos de los métodos heurísticos propuestos para esta investigación el código XX no es considerado pues las relaciones van desde la A hasta la X. En dichos casos, las relaciones calificadas con XX fueron cambiadas a X.

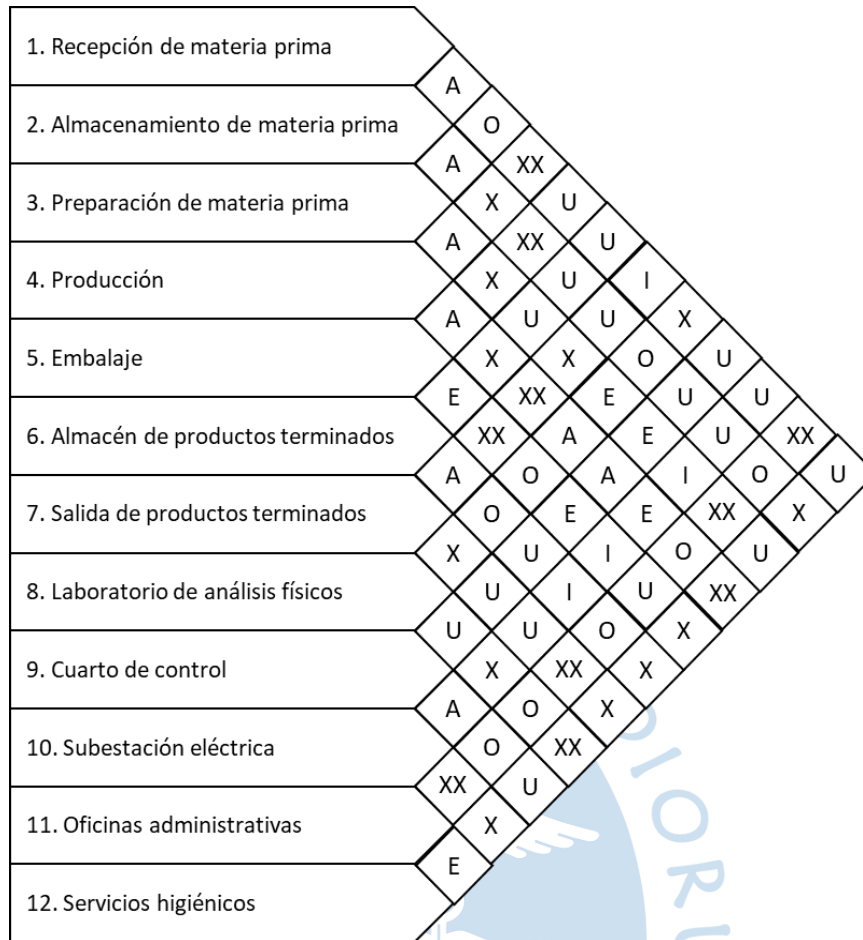


Figura 15. Diagrama de relación de actividades

Tabla 13. Leyenda para matriz de interrelaciones

Código	Relación
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ocasional
U	Sin importancia
X	No deseable
XX	Altamente no deseable

3.2.2.3 Cálculo de área por departamento. Para la determinación de las áreas de cada departamento se aplicó el método de Guerchet (ver Tabla 14), que consiste en calcular la superficie total (ST) necesaria para cada elemento en la distribución como la suma de la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución. Para calcular el tamaño del área de dicho departamento deberán sumarse todas las ST de los elementos que se encontrarán en él.

Tabla 14. Leyenda para matriz de interrelaciones

Superficies	Abreviación	Descripción	Fórmula
Superficie estática	SS	Corresponde a la superficie del mobiliario, máquinas e instalaciones de un puesto de trabajo.	$SS = l * a$
Superficie de gravitación	SG	Superficie que es utilizada por el obrero alrededor del puesto de trabajo para llevar a cabo los procesos o acopiar materiales.	$SG = SS * N$
Superficie de evolución	SE	Superficie en la que existe movimiento de personal y de materiales.	$SE = k * (SS + SG)$
Superficie total	ST	Superficie total que ocupa un elemento dentro de un departamento.	$ST = n * (SS + SG + SE)$

Nota. *l*: largo del elemento; *a*: ancho del elemento; *N*: número de lados del elemento utilizados durante las operaciones; *k*: coeficiente resultante de la división entre las alturas de los equipos móviles (H_m) y equipos fijos (H_f).

En la Tabla 15 se muestra el resumen de las áreas a considerar por departamento. La data utilizada para su cálculo, es decir los elementos destinados a cada uno de los departamentos a considerar, puede ser visualizada en el Anexo 1.

Tabla 15. Leyenda para matriz de interrelaciones

Área	Dimensión (m^2)
1. A: Recepción de materia prima	63.1
2. B: Almacenamiento de materia prima	25.4
3. C: Preparación de materia prima	13.6
4. D: Producción	115.0
5. E: Embalaje	22.5
6. F: Almacén de productos terminados	94.3
7. G: Salida de productos terminados	63.1
8. H: Laboratorio de análisis físicos	90.5
9. I: Cuarto de control	16.0
10. J: Subestación eléctrica	57.3
11. K: Oficinas administrativas	146.5
12. L: Servicios higiénicos	63.7
Área total	771.0

3.2.3 Aplicación de algoritmos heurísticos

3.2.3.1 SLP. Richard Muther (1970) introdujo un método denominado Planificación sistemática de la distribución o SLP (Systematic Layout Planning) por sus siglas en inglés. SLP se puede aplicar a una gran variedad de problemas de distribución en planta que involucran producción, transporte de materiales, servicios de soporte, almacenamiento y labores de oficina. A continuación, se explica el método que consta de 10 pasos extraídos de la obra de Tompkins et al. (2011):

- **Flujo de materiales:** para la determinación del flujo de materiales es necesario elaborar la secuencia de operaciones que se llevarán a cabo en las instalaciones. En la Figura 16 se presenta un ejemplo de diagrama de flujo para el procesamiento de café en la Cooperativa Norandino. Se debe tener en cuenta que la producción en cadena proporciona el óptimo flujo de trabajo por lo que siempre se debe buscar aproximarse a ella. En el caso de contar con múltiples productos a elaborar se podrá optar por otro tipo de representaciones tales como la tabla desde-hacia (ver apartado 3.2.3.3. CRAFT) que permita generar un patrón de flujo.

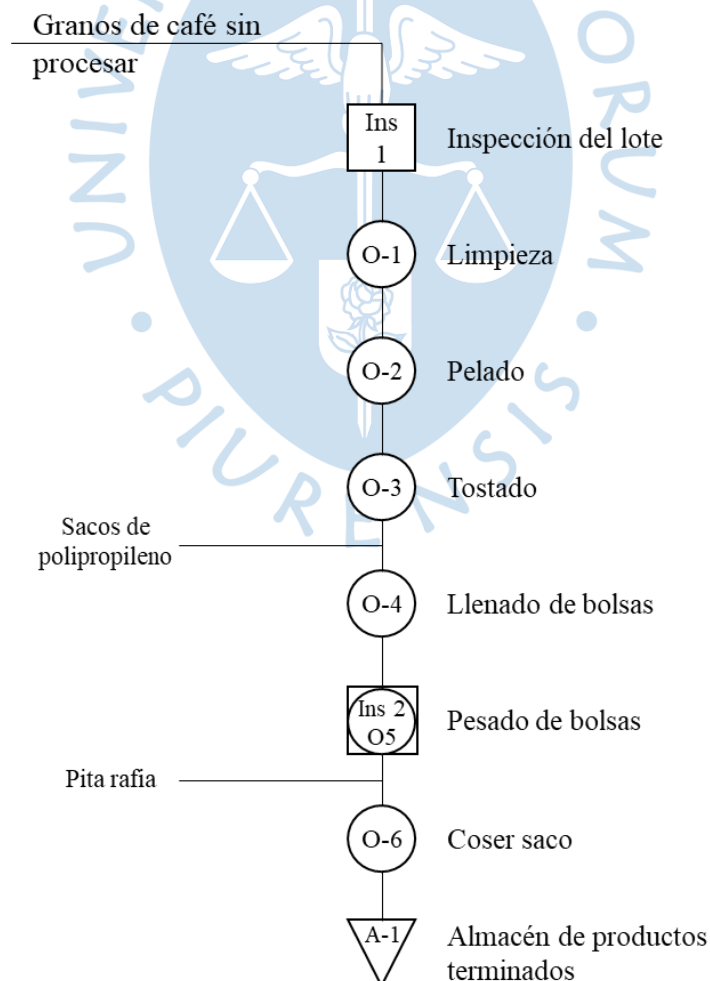


Figura 16. Ejemplo diagrama de flujo

- **Relaciones de actividades:** en el apartado 3.2.2.2 puede visualizarse un ejemplo de matriz de interrelaciones de actividades en la que se cada letra en cada espacio representa la relación de cercanía entre dos procesos que se interceptan en un rombo.
- **Diagrama de relaciones:** este proceso se lleva a cabo con la información obtenida en los dos pasos anteriores pues una vez determinada la secuencia de operaciones y la importancia de la cercanía entre las áreas en las que se desarrollan podrán ubicarse las actividades en el espacio. En la Figura 17 puede visualizarse un ejemplo de diagrama de relaciones.

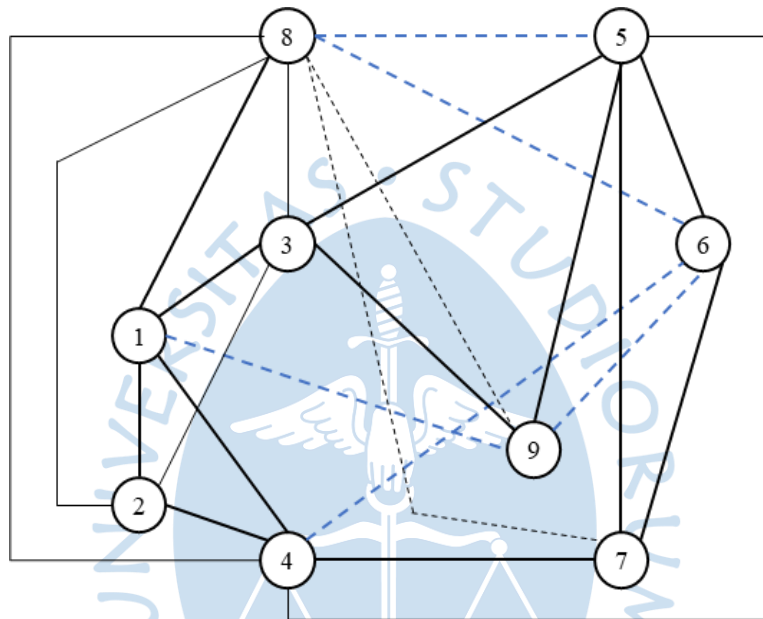


Figura 17. Ejemplo diagrama de relaciones

Nota. Adaptado de Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco (2011)

- **Requerimientos de espacio:** la determinación del espacio requerido por cada área puede visualizarse en el apartado 3.2.2.3.
- **Espacio disponible:** este paso se deberá tener en cuenta cuando se trabaja con edificios existentes y cuyas instalaciones restringen la ubicación de las áreas de trabajo. En el caso de esta investigación, al no existir un edificio construido, se calculó el perímetro con el que se podía trabajar a través de Google Earth, una herramienta online que permitió medir el área en donde se instalaría una planta de producción de cacao en las instalaciones de la Cooperativa Norandino ubicada en la Zona Industrial de la ciudad de Piura.
- **Diagrama de relaciones de espacio:** para el diseño del diagrama de relaciones de espacio es necesario tener en cuenta toda la información reunida en los pasos previos, sobre todo el diagrama de relaciones y los requerimientos de espacio por proceso. Para su elaboración se deberán sobreponer al diagrama de relaciones cuadrados o

rectángulos que representen a escala las dimensiones de cada departamento considerado en él. En la Figura 18 puede visualizarse cómo evolucionaría el ejemplo de la Figura 17.

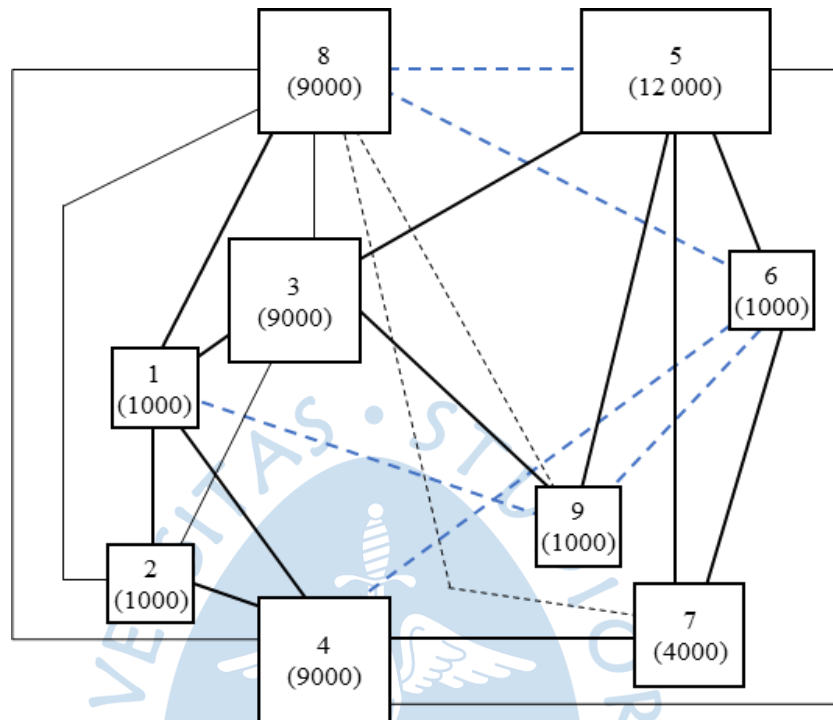


Figura 18. Ejemplo diagrama de relaciones de espacio

Nota. Adaptado de Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco (2011)

- **Consideraciones de modificación:** se deberá tener en cuenta posibles cambios en los productos, materiales, demanda, procesos y métodos; así como modificaciones que se puedan realizar en el personal, actividades auxiliares o incluso cambios externos a la planta que puedan afectarla. Se deberá planear la distribución con suficiente flexibilidad para que pueda seguir operando a pesar de ajustes futuros.
- **Limitaciones prácticas:** en el caso de que el problema de distribución involucre un edificio preexistente en el cual se debe trabajar se deberá tener en cuenta almacenes, sistemas de mantenimiento, pasillos y escaleras, puertas, ventanas, zonas de ventilación, entre otros elementos fijos que presenten una restricción para la ubicación de elementos del nuevo diseño. En el caso no se cuente con una instalación se deberá verificar el estado del terreno, curvas de nivel, edificios circundantes, carreteras, etc.
- **Desarrollo de alternativas de distribución:** basándose en las consideraciones modificatorias y las limitaciones prácticas se generan distintas alternativas de solución. Estas propuestas se trabajan con diagramas de bloques (ver Figura 19) pues los detalles se realizarán sobre la solución final.

- **Evaluación:** durante la evaluación de las alternativas de distribución se identifica y se recomienda la solución óptima para el problema de diseño. Los criterios para la valoración de las alternativas son variables dependiendo del enfoque que se desee dar a la solución. Algunos ejemplos de criterios son seguridad y limpieza, efectividad de movimientos, satisfacción del empleado, mantenimiento, entre otros.

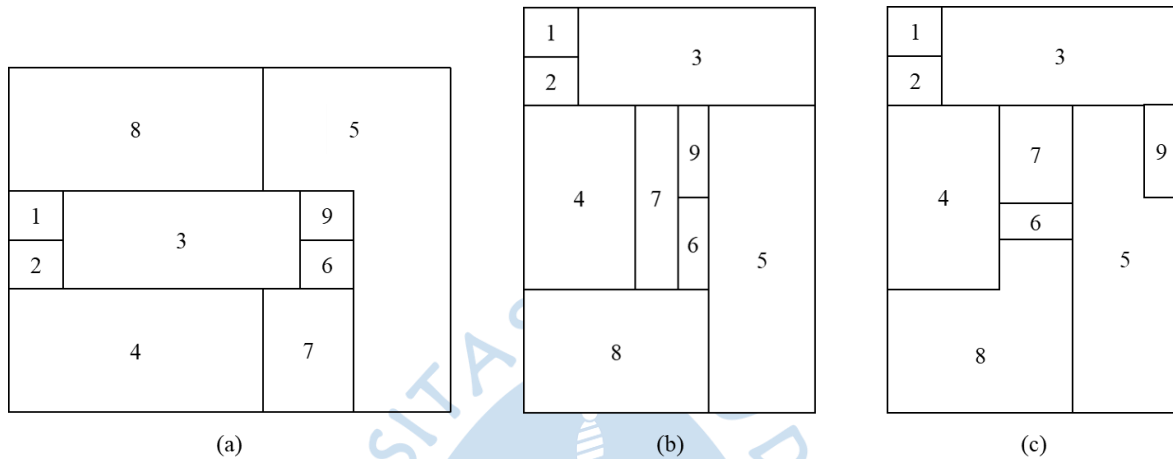


Figura 19. Ejemplos de alternativas de distribución

Nota. Adaptado de Tompkins et al. (2011)

En la Figura 20 puede visualizarse una gráfica que resume el procedimiento de planificación sistemática de la distribución (SLP). Cabe resaltar que existe una etapa previa a los diez pasos antes mencionados que consiste en la recolección de toda información disponible acerca de producto, procesos y planificación.

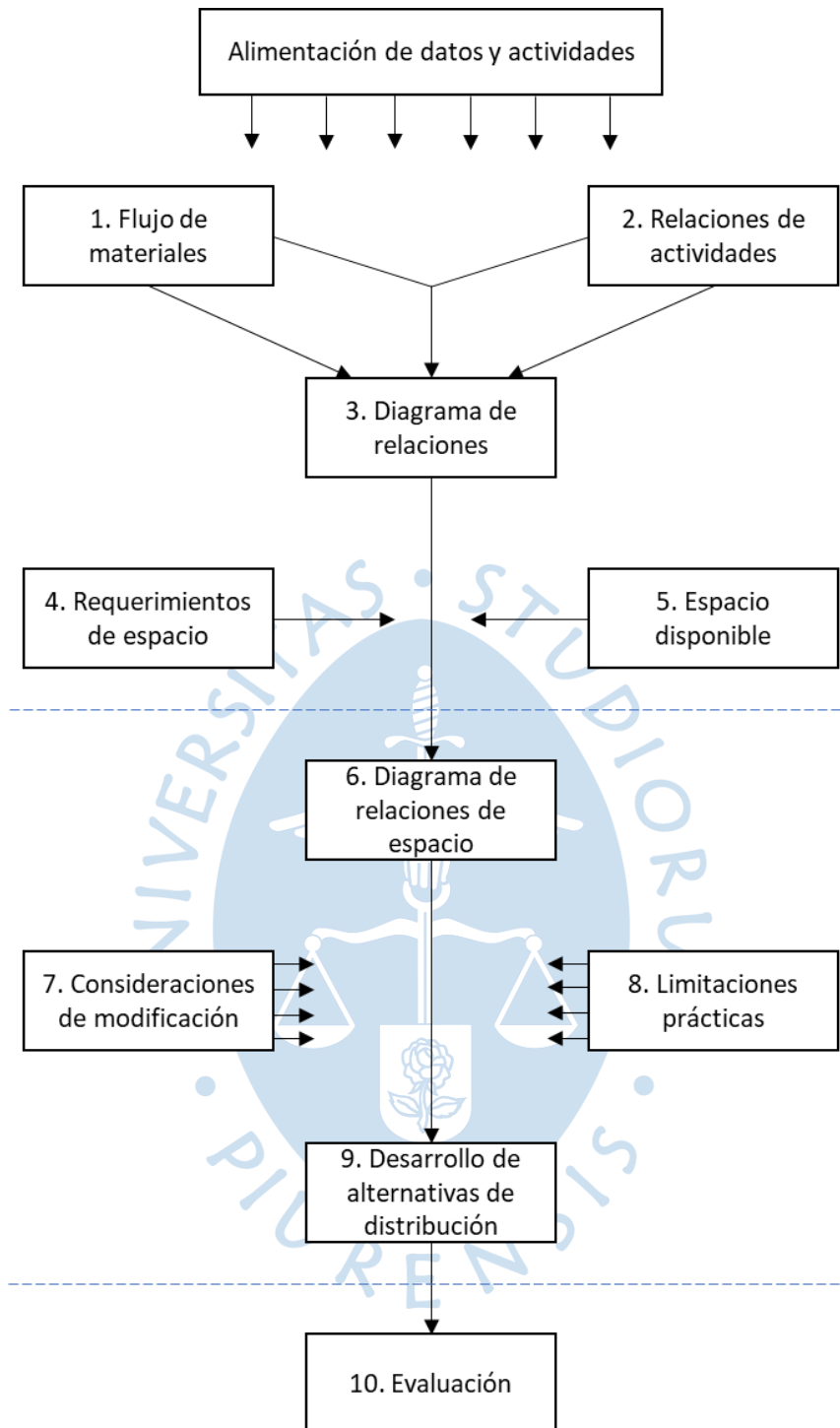


Figura 20. Procedimiento de planificación sistemática de la distribución (SLP)

Nota. Adaptado de Tompkins et al. (2011)

3.2.3.2 CORELAP. Desarrollado por Lee & Moore (1967), este algoritmo utiliza cuatro inputs como base para la elaboración de la distribución de planta: diagrama de relaciones, número de departamentos, área requerida por cada departamento (en m^2) y los valores asignados a los códigos del diagrama de relación de actividades. Situacionalmente se pueden añadir otros datos de entrada tales como la escala con la que se desea trabajar las distancias

o los departamentos asignados previamente a una ubicación específica (útil también para determinar la posición de columnas, tuberías, paredes, entre otros).

El diagrama de relaciones es utilizado como base para asignar el orden en el que cada departamento ingresará a la distribución mientras que su ubicación se realizará teniendo en cuenta nuevamente el diagrama de relaciones y adicionalmente el valor numérico que se le asigne a cada código cercanía en el diagrama de relaciones. Los valores preasignados son los siguientes:

$$A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1$$

Dichos valores se utilizarán con el fin de hallar una calificación de cercanía total (CCT) para cada departamento que se puede expresar para el caso del departamento i como:

$$CCT = \sum_{i=0}^n V(r_{ij}) \quad (1)$$

$V(r_{ij})$ es el valor numérico asignado a la clasificación de proximidad para los departamentos i y j , siendo n el número total de departamentos y el valor de $V(r_{ij})$ igual a cero. Asumiendo que no exista ningún departamento con una ubicación preasignada, CORELAP escoge aquel que tenga el mayor valor de CCR como el primer departamento a colocar en la distribución. A continuación, el programa realizará un escaneo al diagrama de relaciones para hallar un departamento que mantenga una relación A con el que ya se encuentra posicionado. Si se encuentra deberá ser posicionado junto al primer departamento. De no existir ninguno con esa clasificación se limitará la búsqueda de alguno con relación tipo E. Si no se encuentra se procederá a la búsqueda de un departamento que mantenga una relación tipo I y luego tipo O. De no encontrarse ninguno, el departamento que tenga el mayor valor de CCR deberá ser colocado en la distribución. En caso de empates se colocará el departamento con mayor CCR. Para la búsqueda del tercer departamento a posicionar se realizarán las mismas operaciones con la única diferencia que deberán considerarse relaciones de tipo A hasta tipo U. El programa finalizará cuando este proceso se haya repetido para todos los departamentos considerados en el problema y estos hayan sido ubicados en su totalidad en la distribución de la planta.

3.2.3.3 CRAFT. Este algoritmo de distribución de planta fue introducido por Buffa el año 1963, siendo uno de los primeros en publicarse. CRAFT es considerado un algoritmo de mejora pues inicia con una distribución ya existente y lo que busca es intercambiar la localización de los departamentos para optimizar el diseño de planta. Se basa en las clasificaciones de proximidad dadas por el diagrama de relación de actividades para minimizar el costo de movimiento expresado como una función lineal de distancia recorrida entre departamentos. El proceso a seguir para la aplicación de este algoritmo fue extraído de la obra de Tompkins et al. (2010):

- Se debe determinar los centroides de los departamentos considerados en la distribución inicial o base.

- Se calcula la distancia rectilínea entre los centroides de dos departamentos y el valor obtenido se añade en una tabla de distancias desde-hacia (ver Tabla 16).

Tabla 16. Tabla desde-hacia

Nombre del departamento	Área (m^2)	Flujo											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1. A: Recepción de materia prima	63.7	-	6	3	1	2	2	4	1	2	2	1	2
2. B: Almacén de materia prima	25.4		-	6	1	1	2	2	3	2	2	3	1
3. C: Preparación de materia prima	13.6			-	6	1	2	1	5		4	1	2
4. D: Producción	115.0				-	6	1	1	6	6	5	3	1
5. E: Embalaje	22.5					-	5	1	3	5	4	2	1
6. F: Almacén de productos terminados	94.3						-	6	3	2	4	3	1
7. G: Salida de productos terminados	63.1							-	1	2	2	1	1
8. H: Laboratorio de análisis físicos	90.5								-	2	1	3	1
9. I: Cuarto de control	16.0									-	6	3	2
10. J: Subestación eléctrica	57.3										-	1	1
11. K: Oficinas administrativas	146.5											-	5
12. L: Servicios higiénicos	63.7												-

Nota. Adaptado de Tompkins et al. (2011)

- Se calcula el costo de la distribución inicial o base multiplicando cada valor en la tabla desde - hacia por los valores correspondientes en la matriz de costos unitarios y la matriz de distancia.
- Se seleccionan dos departamentos adyacentes y se intercambian en la distribución, calculando la reducción o aumento en el costo de la distribución.
- Una vez detectada una mejora, se actualiza la distribución según el mejor intercambio, así como las distancias de los centroides de los departamentos y los nuevos costos de distribución para finalizar la primera iteración.

- La siguiente iteración tendrá lugar cuando se vuelva a identificar el mejor intercambio al considerar todos los intercambios posibles en la distribución actualizada.
- El proceso de iteración finalizará cuando no sea posible reducir los costos de distribución mediante el intercambio de departamentos.

3.2.4 Evaluación multicriterio de resultados

Para un mayor análisis de los resultados obtenidos se utilizará la escala de tipo Likert, una herramienta de medición que permite cuantificar las apreciaciones de un sujeto frente a un variable a través de la asignación de puntajes. En esta investigación se hará uso de dicho instrumento con la finalidad de traducir en ítems el resultado cualitativo obtenido de percepción del investigador al utilizar los métodos heurísticos. Esto permitirá una comparación numérica de los algoritmos de diseño de planta utilizados para el caso Norandino.

El procedimiento para la aplicación de la escala Likert fue extraído de la publicación “A technique for the measurement of attitudes” (Likert, 1932) en donde se inicia determinando los datos que se quieren obtener a través de tres elementos: los objetivos de la investigación, las preguntas que se buscan responder con esta y la justificación de la misma. Una vez se conozca la precisión de la variable a medir se procederá a elaborar los ítems que permitirán cuantificar la variable. Cada ítem es una afirmación que solicita el juicio del sujeto evaluado y lo traduce en un grado de acuerdo o desacuerdo. La escala es generada al determinar un número de grados de acuerdo o desacuerdo (en esta investigación se trabajará con 5 por ser el más recomendado) y se procede a administrar la escala a una muestra de sujetos previamente determinados. El resultado de esta etapa será la sumatoria de puntajes totales por sujeto dependiendo de los pesos que se le asigne a cada ítem y de la respuesta brindada por el individuo. En el procedimiento original se procedería a verificar la validez de la escala mediante la aplicación de pruebas estadísticas, así como la confiabilidad de la misma para finalmente aplicar la escala final a una población objetivo, codificar los resultados e interpretarlos. Sin embargo, en esta tesis se limitará el procedimiento a los pasos 1, 2, 3, 4, 5 y 9 (ver Figura 21) debido a que la escala solo será aplicada a una persona.

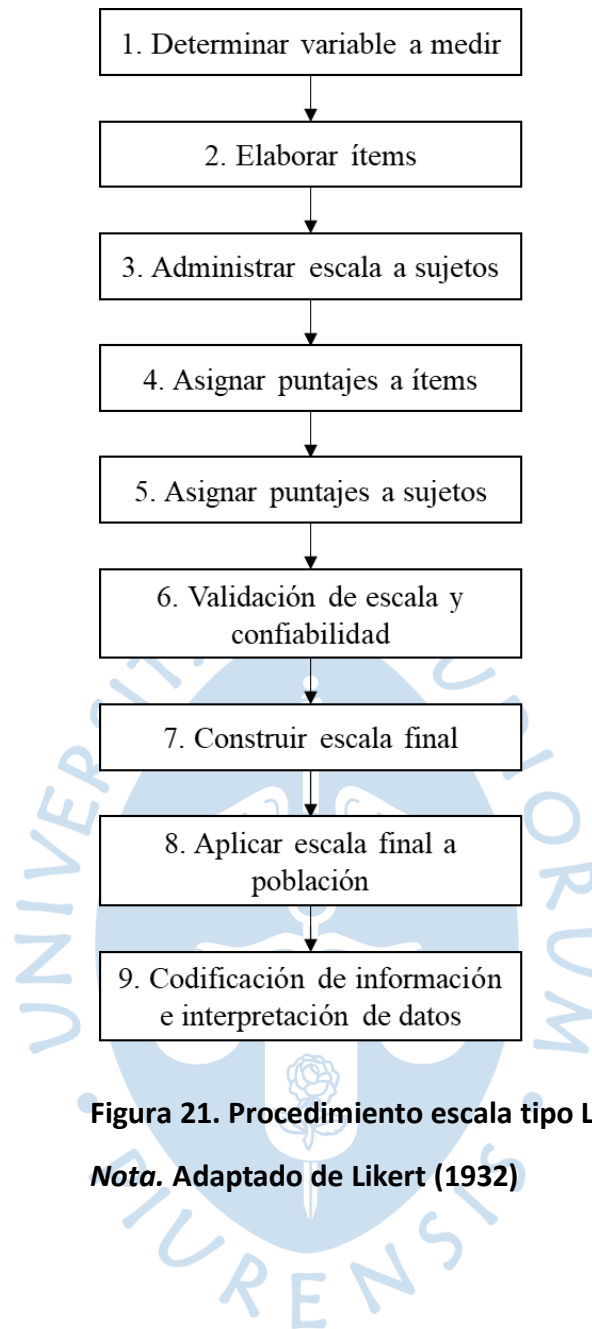


Figura 21. Procedimiento escala tipo Likert

Nota. Adaptado de Likert (1932)



Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se presenta el artículo “Aplicación de métodos heurísticos de distribución en planta para fábrica de procesamiento de chocolate de la Cooperativa Norandino”. Dicho artículo fue aceptado por el comité científico del II Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos (CIPRO 2019) organizado por la Universidad de Piura.

4.1 Artículo científico

A continuación, se presenta el artículo científico en el formato solicitado por el comité científico del congreso.



II CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS

APLICACIÓN DE MÉTODOS HEURÍSTICOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA FÁBRICA DE PROCESAMIENTO DE CHOCOLATE DE LA COOPERATIVA NORANDINO

Daniela Rojas ^{a*}, Dante Guerrero^a

^a Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería

* Autor en correspondencia.

Correo electrónico: daniela.rojasv97@gmail.com

Palabras clave: Distribución en planta, Algoritmos heurísticos, Chocolate, Norandino

RESUMEN

La distribución de una planta es determinante para la eficiencia e incluso supervivencia de una empresa, es por ello que la organización física de los elementos productivos debe garantizar el óptimo desarrollo de las operaciones que en ella se realicen. El presente artículo tiene como objetivo obtener la distribución final de una planta de producción de chocolate para la Cooperativa Norandino -empresa exportadora de cacao ubicada en la ciudad de Piura y poseedora de un producto reconocido a nivel mundial por su calidad en cuanto a aroma y sabor- que permitirá a los cientos de familias de pequeños productores de cacao que la conforman, aumentar el margen de ganancia de su producto generando valor agregado. La metodología utilizada para la realización de esta investigación parte de la definición de los procesos a considerar, los diagramas de relación entre actividades y el área requerida por cada departamento. Haciendo uso de tres algoritmos heurísticos de distribución -CORELAP, CRAFT y SLP se presenta como resultado las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos aplicados a este caso práctico para así determinar qué modelo de solución se ajusta mejor a las características particulares de este proyecto.

Keywords: Facility layout, Heuristics algorithms, Chocolate, Norandino

ABSTRACT

The facility layout is decisive for the efficiency and even the survival of a company, that is why the physical organization of the productive elements must guarantee the optimal development of the operations carried out in it. The objective of this article is to obtain the final distribution of a chocolate production plant for Cooperative Norandino -a cocoa exporting company located in the city of Piura and with a product recognized worldwide for its quality in terms of aroma and flavour that will allow the hundreds of families of small cocoa producers that make it up, to increase the margin of profit of their product generating added value. The methodology used to carry out this research starts from the definition of the processes to be considered, the relationship diagrams between activities and the area required by each department. Making use of three heuristics algorithms of distribution -CORELAP, CRAFT and SLP- we present as a result the advantages and disadvantages of each of the methods applied to this case study so that the solution model fits better with the characteristics of this project.

1. Introducción

El cacao se considera uno de los principales productos agropecuarios de la región de Piura, mostrando un crecimiento del 36,4 por ciento interanual en enero de 2019 (Casaverde Antón, Chávez Bohórquez, Lupú Figallo, & Ortiz Berrú, 2019). Esta actividad primaria ha sido y es fuente de sustento para cientos de familias de pequeños agricultores que buscan una mejora económica a través de la cosecha y cultivo de dicha materia prima.

Sin embargo, se sabe que la transformación del cacao en derivados tales como el licor de cacao, la manteca de cacao y el chocolate generan mayores ganancias que la comercialización directa del grano fermentado y seco (Bejarano, 2016), por lo que su transformación de materia prima a producto terminado le daría un valor agregado que beneficiaría de manera directa o indirecta a los productores de tan codiciado bien. Es así que se detecta una oportunidad de negocio para la Cooperativa Agraria Norandino Ltda., fundada el 26 de noviembre del 2005, y que agrupa a más de 7,000 familias de pequeños productores de cacao, café y panela.

Actualmente, una de las líneas de negocio de esta empresa es la exportación de cacao a países como Italia, Alemania, Francia, Holanda, Suiza y Canadá. Según el proceso actual con el que trabajan, los productores realizan una cosecha selectiva y envían el cacao fresco y libre de impurezas al centro de acopio para continuar con las fases de fermentado, secado y selección. Ya en el laboratorio de calidad se realizan análisis físico y organoléptico de los diferentes lotes con los que se trabaja para garantizar la calidad de los productos exportados (Coop. Norandino, s.f.). La presente investigación parte del final de dicho proceso para desarrollar la distribución de planta de una fábrica de chocolate.

El objetivo de este artículo es contrastar las ventajas y desventajas del uso de tres algoritmos heurísticos de distribución en planta para determinar cuál presenta mayores beneficios al aplicarse a este caso práctico particular. Se trabajará con tres métodos:

- CRAFT (Computerized relative allocation of facilities technique, Técnica computarizada de asignación relativa de plantas).
- CORELAP (Computerized relationship layout planning, Planificación de la disposición computarizada).
- SLP (Systematic Layout Planning, Planificación sistemática de la distribución).

Se utilizarán como datos de entrada los procesos que se llevarán a cabo en la planta de producción de chocolate, así como el área requerida por cada departamento, las relaciones de proximidad entre actividades y el flujo de materiales en la fábrica.

2. Justificación

Durante el 2017 Perú se posicionó como el octavo productor mundial de cacao con una cifra de recaudación que ascendió a los 253 millones de dólares, valor que el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) proyecta se duplicará para el año 2021. Durante la Conferencia Políticas Y Programas del Sector Cacaotero Peruano, desarrollada en el marco del IX Salón del Cacao y Chocolate, el Viceministro de Políticas Agrarias de dicho ministerio, William Arteaga, señaló: “Podemos ser más competitivos. La tendencia del crecimiento de la exportación es tangible. El cacao peruano ya está consolidado a nivel internacional, que reconoce su sabor y aromas finos y únicos.” (Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional, 2018). Sin embargo, la capacidad de explotación del cacao se limita a exportaciones por causa de la inexistencia de una planta de procesamiento que permita a las empresas producir

chocolate para comercializar, reduciendo así el margen de ganancia para las familias de pequeños productores.

Por otro lado, un estudio realizado por la empresa Euromonitor International, proveedor independiente y líder mundial de estudios de mercado estratégicos, determinó que las ventas de chocolate Premium están ganando terreno en el mercado peruano (Euromonitor International, 2019). El interés nacional sobre la elaboración de chocolates peruanos con altos porcentajes de cacao ha ido creciendo en los últimos años, debido en gran parte a la calidad del grano de cacao fino de aroma que se puede encontrar en el Perú. Prueba de ello es la apuesta de distintas instituciones nacionales, tales como el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), el Ministerio de la Producción (Produce) y el Ministerio de Agricultura y Riego, a la estandarización de la calidad del cacao y del chocolate mediante reglamentos técnicos para el cumplimiento de estándares internacionales.

Es bajo ante este escenario que se detectó una oportunidad de negocio para la Cooperativa Norandino a través de la elaboración de chocolate a partir del cacao que actualmente exportan, debido a la gran calidad de su producto, reconocido internacionalmente por su delicado sabor y aroma. El grano de cacao blanco es reconocido por la delicadeza de sus sabores y aromas que, junto al selectivo proceso de cosecha y acopio, característico de la Cooperativa Norandino, han permitido que este producto sea reconocido en concursos nacionales de calidad desde el año 2009, así como en competencias internacionales.

Debido al entorno de oportunidades que rodean a la producción de chocolates surge la idea de brindar una base para el diseño de fábricas dedicadas a la elaboración de estos productos. Teniendo en cuenta que parte fundamental de la instalación de una fábrica es la planificación y distribución de la planta, y tal como mencionaba Harold B. Maynard (Muther, 1970), la dirección de las empresas debe asegurar una óptima en planta para garantizar la reducción de costes y la eficiencia de sus procesos. Es por ello que dicho ordenamiento físico de los elementos productivos cobra importancia en esta investigación dándole un enfoque centrado en la disposición en planta.

3. Metodología

Esta investigación tiene como objetivo identificar la alternativa de distribución de planta óptima para una fábrica de chocolate ubicada en la región de Piura, Perú, para la Cooperativa Agraria Norandino Ltda. El proceso efectuado se describe a continuación en tres fases:

3.1. Determinación de los algoritmos heurísticos

Se llevó a cabo una investigación exhaustiva para obtener una lista preliminar de algoritmos heurísticos, mediante la revisión de artículos, tesis de licenciatura y tesis doctorales de distintas fuentes de información tales como SCOPUS, Science Direct, TESEO, Open Access Theses and Dissertations (OATD) y EBSCOhost. Posteriormente se evaluaron cada uno de los métodos para seleccionar aquellos que cumplieran con los siguientes requisitos:

- Información disponible: se tomó en cuenta el acceso a la fuente original de publicación del método y número de investigaciones disponibles, así como la calidad de su contenido
- Capacidad de aplicación: este punto hace referencia a la disponibilidad de softwares requeridos para la aplicación de determinado algoritmo.
- Disponibilidad de expertos: durante la evaluación se les otorgó un mayor puntaje a aquellos métodos que hubiesen sido aplicados previamente por expertos disponibles para consultas.

El resultado de esta etapa fue la selección de tres algoritmos heurísticos: CRAFT, CORELAP Y SLP, los cuales serán explicados en a mayor detalle en el apartado 3.2 Determinación de valores iniciales, sub apartado iv. Aplicación de algoritmos heurísticos.

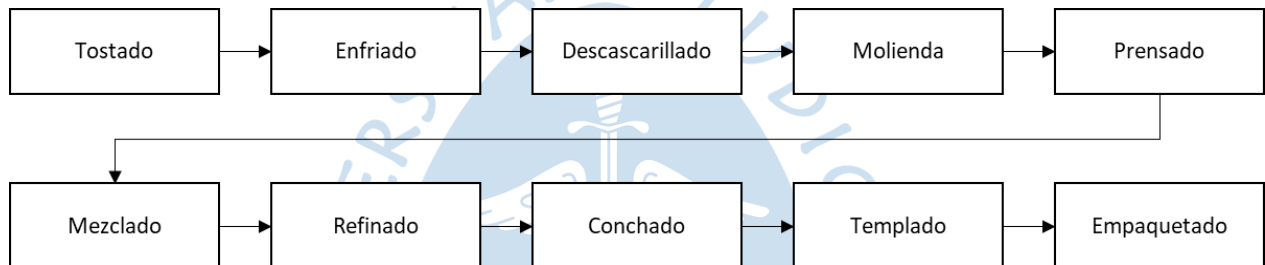
3.2 Determinación de valores iniciales

En esta etapa se determinaron aquellos valores necesarios para la aplicación de los algoritmos heurísticos, los cuales se explican con mayor detalle a continuación:

i. Procesos para la elaboración de chocolate

Para la determinación de los procesos para la elaboración del chocolate se realizaron visitas al laboratorio de análisis de cacao de la Cooperativa Norandino con el fin de basar esta investigación en los procesos que ellos utilizan, los cuales se pueden apreciar en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate



ii. Matriz de interrelaciones de actividades

Se aplicó la teoría propuesta por Muther (1970) para determinar la importancia de la relación entre dos áreas o departamentos, traducida en la cercanía que debe existir entre ellas (ver Figura 2) y clasificada según los códigos de la Tabla 1.

Figura 2: Diagrama de relación de actividades**Tabla 1: Leyenda para matriz de interrelaciones**

Código	Relación
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ocasional
U	Sin importancia
X	No deseable
XX	Altamente no deseable

iii. Cálculo de área por departamento

Para la determinación de las áreas de cada departamento se aplicó el método de Guerchet, que consiste en calcular la superficie total necesaria para cada elemento en la distribución como la suma de: la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución.

En la Tabla 2 se muestra el resumen de las áreas a considerar por departamento.

Tabla 2: Leyenda para matriz de interrelaciones

Área	Dimensión (m^2)
1. A: Recepción de materia prima	63.1
2. B: Almacenamiento de materia prima	25.4
3. C: Preparación de materia prima	13.6
4. D: Producción	115.0
5. E: Embalaje	22.5
6. F: Almacén de productos terminados	94.3
7. G: Salida de productos terminados	63.1
8. H: Laboratorio de análisis físicos	90.5
9. I: Cuarto de control	16.0
10. J: Subestación eléctrica	57.3
11. K: Oficinas administrativas	146.5
12. L: Servicios higiénicos	63.7
Área total	771.0

3.3 Aplicación de algoritmos heurísticos

a) SLP

Muther (1970) introdujo un método denominado Planificación sistemática de la distribución o SLP (Systematic Layout Planning) por sus siglas en inglés. SLP se puede aplicar a una gran variedad de problemas de distribución en planta que involucran producción, transporte de materiales, servicios de soporte, almacenamiento y labores de oficina.

El procedimiento para la aplicación de esta metodología inicia con la recolección de información disponible acerca de producto, procesos y planificación. Se procede a desarrollar el diagrama de relaciones a partir del flujo de variables y las relaciones existentes entre las actividades que se llevarán a cabo en la planta. Teniendo en cuenta los requerimientos de espacio (así como las restricciones existentes) y el área disponible para el montaje de las instalaciones se realizará el diagrama de relaciones espaciales. Basándose en dicho diagrama, en las consideraciones modificatorias y las limitaciones prácticas se deberán desarrollar un número de alternativas de disposición en planta para ser posteriormente evaluadas con el propósito de seleccionar la mejor solución.

b) CORELAP

Desarrollado por Lee & Moore (1967), este algoritmo utiliza cuatro inputs como base para la elaboración de la distribución de planta: diagrama de relaciones, número de departamentos, área requerida por cada departamento (en m^2) y los valores asignados a los códigos del diagrama de relación de actividades. Situacionalmente se pueden añadir otros datos de entrada tales como la escala con la que se desea trabajar las distancias o los departamentos asignados previamente a una ubicación específica (útil también para determinar la posición de columnas, tuberías, paredes, entre otros).

El diagrama de relaciones es utilizado como base para asignar el orden en el que cada departamento ingresará a la distribución mientras que su ubicación se realizará teniendo en cuenta nuevamente el diagrama de relaciones y adicionalmente el valor numérico que se le asigne a cada código cercanía en el diagrama de relaciones. Los valores preasignados son los siguientes:

$$A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1$$

Dichos valores se utilizarán con el fin de hallar una calificación de cercanía total (CCT) para cada departamento que se puede expresar para el caso del departamento i como:

$$CCT = \sum_{i=0}^n V(r_{ij}) \quad (1)$$

donde $V(r_{ij})$ es el valor numérico asignado a la clasificación de proximidad para los departamentos i y j , siendo n el número total de departamentos y el valor de $V(r_{ij})$ igual a cero. Asumiendo que no exista ningún departamento con una ubicación preasignada, CORELAP escoge aquel que tenga el mayor valor de CCR como el primer departamento a colocar en la distribución. A continuación, el programa realizará un escaneo al diagrama de relaciones para hallar un departamento que mantenga una relación A con el que ya se encuentra posicionado. Si se encuentra deberá ser posicionado junto al primer departamento. De no existir ninguno con esa clasificación se limitará la búsqueda de alguno con relación tipo E. Si no se encuentra se procederá a la búsqueda de un departamento que mantenga una relación tipo I y luego tipo O. De no encontrarse ninguno, el departamento que tenga el mayor valor de CCR deberá ser colocado en la distribución. En caso de empates se colocará el departamento con mayor CCR. Para la búsqueda del tercer departamento a posicionar se realizarán las mismas operaciones con la única diferencia que deberán considerarse relaciones de tipo A hasta tipo U. El programa finalizará cuando este proceso se haya repetido para todos los departamentos considerados en el problema y estos hayan sido ubicados en su totalidad en la distribución de la planta.

c) CRAFT

Este algoritmo de distribución de planta fue introducido por Armour, Buffa y Vollman el año 1963, siendo uno de los primeros en publicarse. CRAFT es considerado un algoritmo de mejora pues inicia con una distribución ya existente y lo que busca es intercambiar la localización de los departamentos para optimizar el diseño de planta. Se basa en las clasificaciones de proximidad dadas por el diagrama de relación de actividades para minimizar el costo de movimiento expresado como una función lineal de distancia recorrida entre departamentos. El proceso a seguir para la aplicación de este algoritmo fue extraído de la obra de Tompkins et al. (2010):

- I. Se debe determinar los centroides de los departamentos considerados en la distribución inicial o base.
- II. Se calcula la distancia rectilínea entre los centroides de dos departamentos y el valor obtenido se añade en una matriz de distancias desde-hacia (ver Tabla 2).

Tabla 3: Tabla desde - hacia

Nombre del departamento	Área (m^2)	Flujo											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1. A: Recepción de materia prima	63.7	-	6	3	1	2	2	4	1	2	2	1	2
2. B: Almacén de materia prima	25.4		-	6	1	1	2	2	3	2	2	3	1
3. C: Preparación de materia prima	13.6			-	6	1	2	1	5		4	1	2
4. D: Producción	115.0				-	6	1	1	6	6	5	3	1
5. E: Embalaje	22.5					-	5	1	3	5	4	2	1
6. F: Almacén de productos terminados	94.3						-	6	3	2	4	3	1
7. G: Salida de productos terminados	63.1							-	1	2	2	1	1
8. H: Laboratorio de análisis físicos	90.5								-	2	1	3	1
9. I: Cuarto de control	16.0									-	6	3	2
10. J: Subestación eléctrica	57.3										-	1	1
11. K: Oficinas administrativas	146.5											-	5
12. L: Servicios higiénicos	63.7												-

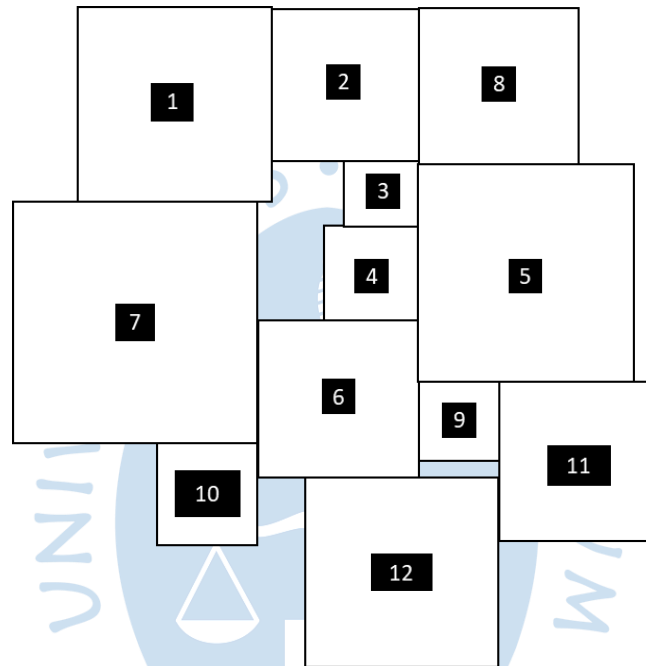
- III. Se calcula el costo de la distribución inicial o base multiplicando cada valor en la tabla desde - hacia por los valores correspondientes en la matriz de costos unitarios y la matriz de distancia.
- IV. Se seleccionan dos departamentos adyacentes y se intercambian en la distribución, calculando la reducción o aumento en el costo de la distribución.
- V. Una vez detectada una mejora, se actualiza la distribución según el mejor intercambio, así como las distancias de los centroides de los departamentos y los nuevos costos de distribución para finalizar la primera iteración.
- VI. La siguiente iteración tendrá lugar cuando se vuelva a identificar el mejor intercambio al considerar todos los intercambios posibles en la distribución actualizada.
- VII. El proceso de iteración finalizará cuando no sea posible reducir los costos de distribución mediante el intercambio de departamentos.

4. Resultados

4.1 SLP

SLP a diferencia de otros procesos inicia antes de la formulación del problema, con una fase de recopilación de información que presiona al investigador a adentrarse en el análisis del trasfondo de la problemática, lo que le da capacidad de posteriormente tomar decisiones más acertadas y cercanas a la realidad. En la Figura 3 puede visualizarse el resultado de la aplicación de esta metodología.

Figura 3: Distribución de planta generada a través de SLP



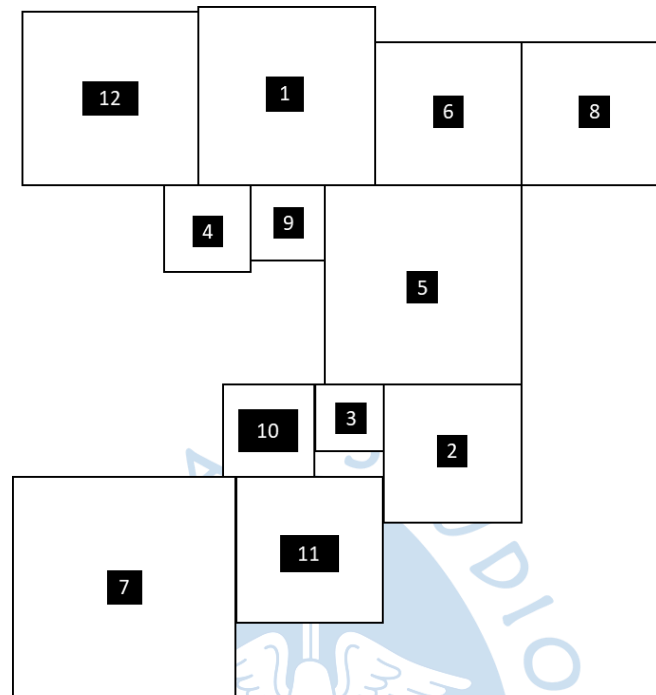
4.2 CORELAP

CORELAP consiste en la sucesiva selección y ubicación de departamentos hasta conseguir el diseño final de la planta. El software inicia solicitando el número de departamentos con los que se trabajará, para luego solicitar el área en metros cuadrados de cada uno de ellos y finalmente las relaciones existentes entre actividades. La sencilla forma de ingreso de datos y la rapidez con la que el resultado es obtenido, convierte a CORELAP en una herramienta potente, pero de fácil uso.

Cabe resaltar que el software utilizado trabaja con áreas cuadradas, por lo que cualquier variación en la forma de los departamentos deberá realizarse una vez finalizadas las iteraciones.

Finalmente, CORELAP producirá un único resultado para un problema de distribución en específico. Si se busca obtener un número mayor de opciones de distribución será necesario variar los datos de entrada.

Figura 4: Distribución de planta generada a través de CORELAP



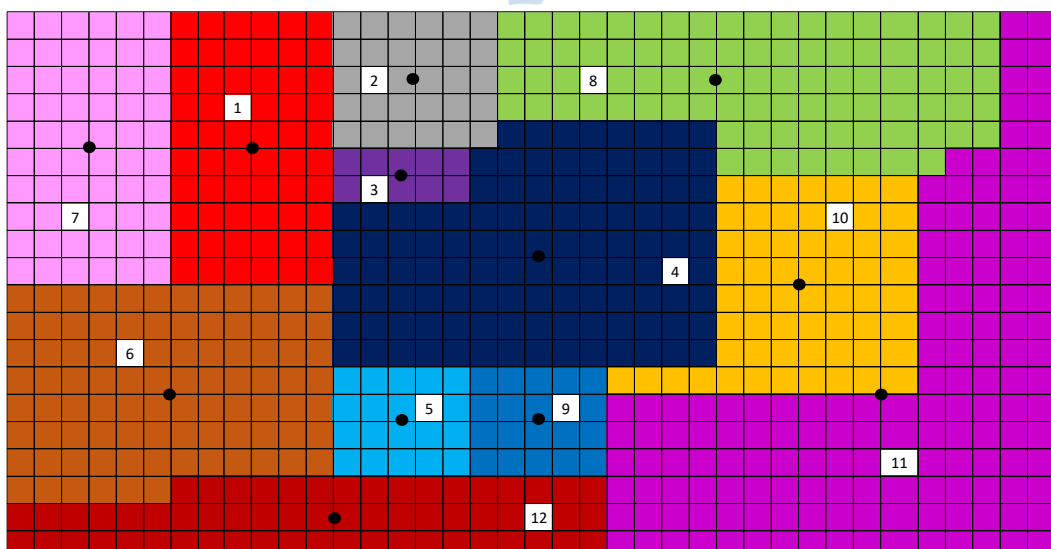
4.3 CRAFT

CRAFT debe ser utilizado cuando el flujo de materiales es dominante. En este caso práctico específico se sustituyó el costo de movimiento de materiales por la cantidad de toneladas que circulan entre un departamento y otro.

La dificultad de aplicación de esta metodología radica en la cantidad de departamentos, lo que se traduce en el gran número de posibles combinaciones entre estos. El proceso se realizó en hojas de cálculo de Excel, por lo que todos los intercambios, cálculos de centroides y distancias se realizaron de forma manual.

La distribución obtenida puede visualizarse en la Figura 5.

Figura 5: Distribución de planta generada a través de CRAFT



5. Conclusiones

Esta investigación muestra como resultado las variaciones que se presentan entre tres disposiciones de planta al aplicar tres metodologías heurísticas a un problema de diseño para una fábrica de chocolate.

La aplicación de SLP incluye un acercamiento inicial al trasfondo del problema, debido a su primera fase de aplicación: la recopilación de información. Permite que el investigador determine los procesos que se llevarán a cabo en la planta, las áreas de los departamentos y la importancia de sus relaciones. Además, otorga al diseñador la libertad de elaborar y modificar la disposición de elementos según su criterio (siempre teniendo como base las restricciones de los elementos).

En el caso de CORELAP y CRAFT la resolución del problema de diseño se ve restringida por la metodología que define las secuencias de procesos para la obtención de una distribución de planta. Sin embargo, ambos algoritmos otorgan una nueva perspectiva al investigador, un punto de vista que podría no haber sido considerado. La heurística de CORELAP permite obtener una distribución de áreas optimizando las relaciones entre departamentos, por lo que se recomienda utilizarla como complemento cuantitativo al planteamiento cualitativo que propone SLP. En el caso de CRAFT, su búsqueda de la optimización de costos de movimiento lo convierte en complemento al prototipo de diseño final.

Se concluye que el uso de múltiples metodologías y softwares de disposición de planta permiten al investigador llevar a cabo un proceso más robusto de diseño, analizando los datos del problema desde múltiples escenarios teniendo control de las variables, lo que le permite aumentar la confiabilidad al momento de la toma de decisiones y las probabilidades de éxito de la fábrica a diseñar.

Referencias Bibliográficas

- Armour, G. C., & Buffa, E. S. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities. *Management Science*, 9, 294-309.
- Bejarano, M. (2 de Marzo de 2016). Chocolate genera más ingresos. *El Nuevo Diario*. Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni>
- Buffa, E. S., Armour, G. C., & Vollman, T. E. (1964). Allocating facilities with CRAFT. *Harvard Business Review*, 42, 136-159.
- Casaverde Antón, L., Chávez Bohórquez, V., Lupú Figallo, J., & Ortiz Berrú, J. (2019). *PIURA: Síntesis de Actividad Económica Enero 2019*. Banco Central de Reserva del Perú. Recuperado el 5 de Mayo de 2019, de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/2019/sintesis-piura-01-2019.pdf>
- Coop. Norandino. (s.f.). *Nosotros: Historia*. Recuperado el 2019 de Mayo de 2, de <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/nosotros/historia>
- Euromonitor International. (Julio de 2019). *Chocolate Confectionery in Peru*. Obtenido de Euromonitor International Limited: <https://www.euromonitor.com/chocolate-confectionery-in-peru/report>
- Lee, R. C., & Moore, J. M. (1967). CORELAP - Computerized Relationship Layout Planning. *Journal of Industrial Engineering*, 18, 194-200.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta (2ª ed.)*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.
- Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional. (20 de Julio de 2018). *Producción de cacao se duplicará al 2021*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego:

<http://www.minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y-prensa/noticias-2018/21840-producci%C3%B3n-de-cacao-se-duplicara-al-2021>

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2010). Planeación de instalaciones (4° ed). México DF: Cengage Learning.





Capítulo 5

Ampliación y discusión de resultados

En este quinto capítulo se presentan y discuten los resultados adicionales obtenidos en las tres fases (ver apartado 3.2 *Metodología*) del proceso de elaboración del artículo “Aplicación de métodos heurísticos de distribución en planta para fábrica de procesamiento de chocolate de la Cooperativa Norandino” además de una evaluación de los resultados obtenidos cuantificados para su comparación.

5.1 Evaluación multicriterio de resultados

Según lo descrito en el apartado 3.2.4 Evaluación multicriterio de resultados, la herramienta de Likert permitirá cuantificar la valoración del investigador respecto a las metodologías heurísticas utilizadas para la distribución de la planta de chocolate con el fin de realizar una comparación numérica entre las bondades y desventajas de cada una de ellas. Este apartado se divide en 5 subapartados en los que se analiza paso por paso el proceso para la elaboración de la escala tipo Likert que permitirá mostrar en el quinto subapartado

5.1.1 Determinación de variables

Una primera etapa para la aplicación de la escala tipo Likert será determinar los datos que se buscan recabar a través de las variables a medir. En el caso particular de este estudio se proponen 5 variables que permitirán la comparación entre las metodologías utilizadas:

- **Datos iniciales requeridos:** será necesario evaluar la cantidad de datos iniciales solicitados por cada metodología para la aplicación de determinado método heurístico, así como el nivel de complejidad para obtener dichos datos.
- **Método para la introducción de datos iniciales:** una vez obtenida la información base para aplicar alguna metodología para el diseño de la planta de chocolate se deberá introducir dicha data para iniciar con el proceso de diseño. En algunos casos el método de ingreso de datos será más sencillo o automático que en otros por lo que se medirá esta variable.
- **Rapidez para la obtención de resultados:** mientras que algunas metodologías permiten la obtención de resultados de manera instantánea, otras requerirán de más esfuerzo por parte del investigador para lograr el resultado final.

- **Nivel de aceptación a las variaciones:** esta variable permitirá medir qué tan amigable es cierta metodología con la introducción de cambios, ya sea en los datos iniciales del problema o incluso en el diseño obtenido.
- **Variedad de resultados obtenidos:** para la comparación entre metodologías será importante comparar el número de diseños finales que se pueden obtener de cada una de ellas.

5.1.2 Elaboración de ítems

Teniendo en cuenta que un ítem es una sentencia a la cual cada evaluador deberá responder de forma de acuerdo o desacuerdo según su apreciación personal, será necesario transformar las variables mencionadas en el apartado anterior en oraciones que permitan emitir un juicio.

- Los datos iniciales solicitados por la metodología utilizada fueron fáciles de conseguir.
- La cantidad de datos iniciales solicitados fueron pocos.
- La introducción de los datos iniciales se pudo realizar de manera automática.
- El número de iteraciones requeridas para la obtención del diseño final fueron muchas.
- La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en los datos iniciales de manera sencilla, sin necesidad de generar reprocesos.
- La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en el diseño final.
- El número de diseños finales que se podría obtener con la metodología aplicada es suficiente para el propósito de la investigación.

5.1.3 Administrar escala a sujetos

Para la aplicación de la escala diseñada en este apartado se utilizaron valores de respuesta del 1 al 5 (ver Figura 13) al ser esta cantidad de respuestas la más utilizada debido a su efectividad para medir el juicio personal del sujeto entrevistado (Bisquerra & Pérez-Escoda, 2015).

En la Figura 22 puede visualizarse el diseño final de la evaluación tipo Likert que se aplicará tres veces al sujeto evaluado para conocer su percepción de cada una de las metodologías utilizadas en el diseño de la planta de producción de chocolate.

EVALUACION DE METODOLOGÍAS HEURÍSTICAS PARA DISEÑO DE PLANTA DE CHOCOLATE. CASO COOPERATIVA NORANDINO

Datos:

Nombres: _____ **Metodología utilizada:** _____

A continuación se presentan siete enunciados con afirmaciones referentes a las metodologías aplicadas en la investigación realizada. Se pide al investigador dar su apreciación a cada enunciado marcando su nivel de acuerdo o desacuerdo.

Los datos iniciales solicitados por la metodología utilizada fueron fáciles de conseguir.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

Los datos iniciales solicitados permitían una buena visualización y entendimiento de las condiciones iniciales de problema

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

La cantidad de datos iniciales solicitados fueron pocos.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

La introducción de los datos iniciales se pudo realizar de manera automática.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

El número de iteraciones requeridas para la obtención del diseño final fueron muchas.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en los datos iniciales de manera sencilla, sin necesidad de generar reprocesos.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en el diseño final sin modificar los datos iniciales.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

El número de diseños finales que se podría obtener con la metodología aplicada es suficiente para el propósito de la investigación.

☐ Totalmente en desacuerdo ☐ En desacuerdo ☐ Ni en acuerdo ni en desacuerdo ☐ De acuerdo ☐ Totalmente de acuerdo

Figura 22. Diseño final evaluación tipo Likert

Una vez el investigador completó el formato de evaluación se obtuvieron los resultados plasmados en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados percepción de metodologías utilizadas

Ítems	SLP	CORELAP	CRAFT
1. Los datos iniciales solicitados por la metodología utilizada fueron fáciles de conseguir.	2	4	3
2. Los datos iniciales solicitados permitían una buena visualización y entendimiento de las condiciones iniciales de problema	5	3	2
3. La cantidad de datos iniciales solicitados fueron pocos.	1	4	3
4. La introducción de los datos iniciales se pudo realizar de manera automática.	1	5	2
5. El número de iteraciones requeridas para la obtención del diseño final fueron pocas.	4	5	1
6. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en los datos iniciales de manera sencilla, sin necesidad de generar reprocesos.	3	5	1
7. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en el diseño final sin modificar los datos iniciales.	5	1	1
8. El número de diseños finales que se podría obtener con la metodología aplicada no depende de la modificación de datos iniciales.	5	1	2

Nota. SLP: Systematic Layout Problem; CORELAP: Computerized Relationship Layout Planning; CRAFT: Computerized Relative Allocation of Facilities Technique

5.1.4 Asignación de puntaje a ítems

Luego de haber aplicado el formato de evaluación en el investigador se deberá determinar el peso de cada uno de los ítems, además de un valor positivo o negativo según corresponda. Teniendo en cuenta los siete ítems mencionados en el apartado anterior se les otorgó la valoración y puntaje observable en la Tabla 18.

Tabla 18. Asignación de valores y puntajes a los ítems

Ítems	Valor	Puntaje
1. Los datos iniciales solicitados por la metodología utilizada fueron fáciles de conseguir.	Positivo	3
2. La cantidad de datos iniciales solicitados fueron pocos.	Positivo	1
3. La introducción de los datos iniciales se pudo realizar de manera automática.	Positivo	2
4. El número de iteraciones requeridas para la obtención del diseño final fueron pocas.	Positivo	3
5. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en los datos iniciales de manera sencilla, sin necesidad de generar reprocesos.	Positivo	2
6. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en el diseño final sin modificar los datos iniciales.	Positivo	2
7. El número de diseños finales que se podría obtener con la metodología aplicada no depende de la modificación de datos iniciales.	Positivo	3

Se optó por asignar un puntaje del 1 al 3 (donde 1 es Poca importancia y 3 es Mucha importancia) según la influencia de la variable a medir en la aplicación de cierta metodología heurística para la distribución en planta.

5.1.5 Asignación de puntaje a sujetos

Esta quinta etapa del proceso de elaboración de una herramienta de evaluación tipo Likert permite posteriormente determinar la validez de la escala final comparando los puntajes de los jueces evaluados. En el presente estudio, la investigadora fue el único sujeto al que se le aplicó la evaluación por lo que el resultado obtenido tendrá como finalidad únicamente el codificar la información obtenida para su posterior interpretación.

En la Tabla 19 pueden visualizarse los resultados finales de la aplicación de una herramienta tipo Likert para la cuantificación de los beneficios y desventajas de cada una de las tres metodologías utilizadas en esta investigación. Estos valores se obtuvieron de la multiplicación de los puntajes con las apreciaciones cuantificadas del entrevistado. Los resultantes se sumarán o restarán entre sí dependiendo de si su valor es positivo (suma) o negativo (resta). En este caso particular todos los ítems son positivos por lo que el puntaje total asignado al sujeto (investigadora) resultará de la suma de todos los valores finales.

Tabla 19. Resultados de cuantificación de metodologías utilizadas

Ítems	Valor	Puntaje	SLP	CORELAP	CRAFT
1. Los datos iniciales solicitados por la metodología utilizada fueron fáciles de conseguir.	Positivo	3	6	12	9
2. Los datos iniciales solicitados permitían una buena visualización y entendimiento de las condiciones iniciales de problema	Positivo	3	15	9	6
3. La cantidad de datos iniciales solicitados fueron pocos.	Positivo	1	1	4	3
4. La introducción de los datos iniciales se pudo realizar de manera automática.	Positivo	2	2	10	4
5. El número de iteraciones requeridas para la obtención del diseño final fueron pocas.	Positivo	3	12	15	3
6. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en los datos iniciales de manera sencilla, sin necesidad de generar reprocesos.	Positivo	2	6	10	2
7. La metodología utilizada permitía introducir modificaciones en el diseño final sin modificar los datos iniciales.	Positivo	2	10	2	2
8. El número de diseños finales que se podría obtener con la metodología aplicada no depende de la modificación de datos iniciales.	Positivo	3	15	3	6
TOTAL			67	65	35

5.1.6 Codificación de información e interpretación de resultados

En esta última etapa se explica el significado de los resultados obtenido por la aplicación de la escala Likert para evaluar el juicio del investigador respecto a las ventajas y desventajas de utilizar las tres metodologías heurísticas para diseño de planta mencionadas a lo largo del presente estudio: SLP, CORELAP y CRAFT. Los resultados pueden visualizarse en el Capítulo 6: Discusión de Resultados.

5.2 Diseño de planta

A lo largo de la presente investigación fue necesario determinar las condiciones iniciales que servirían para la aplicación de las metodologías heurísticas. En este subapartado se presentarán los resultados obtenidos.

5.2.1 Cálculo de la demanda

La determinación de áreas se inició con el cálculo de la demanda de las barras de chocolate, para esto se tuvo en cuenta factores que permitieron filtrar el público al cual estaría dirigido el producto. Una primera separación se dio al considerar como mercado objetivo únicamente a personas residentes de zonas urbanas del Perú, de nivel socioeconómico A, B y C. Los demás criterios utilizados fueron extraídos del trabajo de investigación “Diseño de una línea de producción de chocolate para la empresa Norandino” (De la Cruz Flores, Gutiérrez Guzmán, Hidalgo Talledo, Ortiz Gauthier, & Rojas Valverde, 2018), en el cual se muestran los resultados de una encuesta aplicada a 385 personas con la finalidad de determinar la aceptación de tabletas de chocolate de leche de 32 g con un porcentaje de 49% de cacao. Se concluye que el perfil del cliente dispuesto a comprar dicho producto debe considerar las siguientes condiciones: personas de entre 17 a 60 años, que hayan consumido chocolate en el pasado, que prefiera chocolate de leche y en barra frente a otras presentaciones. Los resultados del cálculo del tamaño de mercado objetivo pueden visualizarse en la Tabla 20.

Se calculó la proyección de la demanda del producto (barras de chocolate con leche de 32 g) con una base de 13 657 personas y un incremento del 55% en el primer año, del 2% en el segundo, del 11% en el tercer año de producción para mantener un aumento de demanda del 10% hasta el décimo año de producción (ver Tabla 21).

El resultado final fue un total de 42 458 personas como compradores de un promedio de 21 229 kilos de chocolate (Andina, 2018) para el año 2030. Este último valor nos permitirá conocer la capacidad que deberá tener la fábrica de chocolate.

Tabla 20. Cálculo del mercado objetivo

Criterios	Referencia	Porcentaje (%)	Número de personas
Población urbana del Perú	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2018	79.3%	23 311 893
Personas de 17 a 60 años	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2018	-	14 205 061
Nivel socioeconómico A, B y C	Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (APEIM), 2018	15.7%	2 230 195
Ha consumido chocolate	De la Cruz Flores, Gutiérrez Guzmán, Hidalgo Talledo, Ortiz Gauthier, & Rojas Valverde, 2018	99.5%	2 219 044
Prefiere chocolate de leche	De la Cruz Flores, Gutiérrez Guzmán, Hidalgo Talledo, Ortiz Gauthier, & Rojas Valverde, 2018	46.1%	1 022 979
Prefiere chocolate en barra	De la Cruz Flores, Gutiérrez Guzmán, Hidalgo Talledo, Ortiz Gauthier, & Rojas Valverde, 2018	66.75%	682 839
Porcentaje de mercado	De la Cruz Flores, Gutiérrez Guzmán, Hidalgo Talledo, Ortiz Gauthier, & Rojas Valverde, 2018	2%	13 657

Tabla 21. Proyección de demanda

Año	Porcentaje mercado	Tamaño de mercado (N° personas)	Demanda chocolate (kg)
1 2021	-	13 657	6 829
2 2022	55%	21 168	10 584
3 2023	2%	21 591	10 796
4 2024	11%	23 966	11 984
5 2025	10%	26 363	13 182
6 2026	10%	28 999	14 500
7 2027	10%	31 899	15 950
8 2028	10%	35 089	17 545
9 2029	10%	38 598	19 300
10 2030	10%	42 458	21 229

5.2.2 Capacidad de producción

Una siguiente fase del proceso tomó lugar en el Laboratorio de Análisis de Cacao de la Cooperativa Agraria Norandino, así como en el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura, en donde se llevaron a cabo los procesos que permitieron elaborar el diagrama de flujo del proceso de elaboración del chocolate (ver Figura 14). Otro objetivo de la experimentación llevada a cabo fue obtener las masas de entrada y salida de cada proceso, las cuales permitirían conocer la cantidad de materiales con los cuales se debería trabajar para cubrir la demanda de los productos (ver Tabla 22).

Tabla 22. Balance de masa según los procesos de producción

Lugar de prueba	Proceso evaluado	% Relativo	% Absoluto	Masa Inicial (kg)	Masa Final (kg)
Laboratorio de Análisis de Cacao - Coop. Norandino	Recepción y pesado	100.00%	100.00%	55 247.3	55 247.3
	Tostado	97.76%	97.76%	55 247.3	54 008.1
	Trituración	94.78%	92.66%	54 008.1	51 191.4
	Descascarillado	77.62%	71.92%	51 191.4	39 735.2
	Conchado	76.39%	54.94%	39 735.2	30 353.0
Laboratorio de Química - Universidad de Piura	Mezcla	98.64%	98.64%	22 938.3	22 626.7
	Moldeado	99.39%	98.04%	22 626.7	22 489.4
	Enfriado	94.40%	92.55%	22 489.4	21 230.4
	Desmoldado	99.994%	92.55%	21 230.4	21 229.0

5.2.3 Dimensionamiento de áreas

Para el cálculo de las dimensiones que debería tener el almacén se tomó en cuenta la cantidad de insumos que se acopiarían allí. Para esto se inició con la determinación de ingredientes que se requieren para elaborar la demanda proyectada de chocolate. Las cifras obtenidas se dividieron entre 6 para obtener como resultado la cantidad de kilogramos de materiales necesarios para un bimestre de producción (ver Tabla 23).

Tabla 23. Cantidad de materiales requeridos para producción

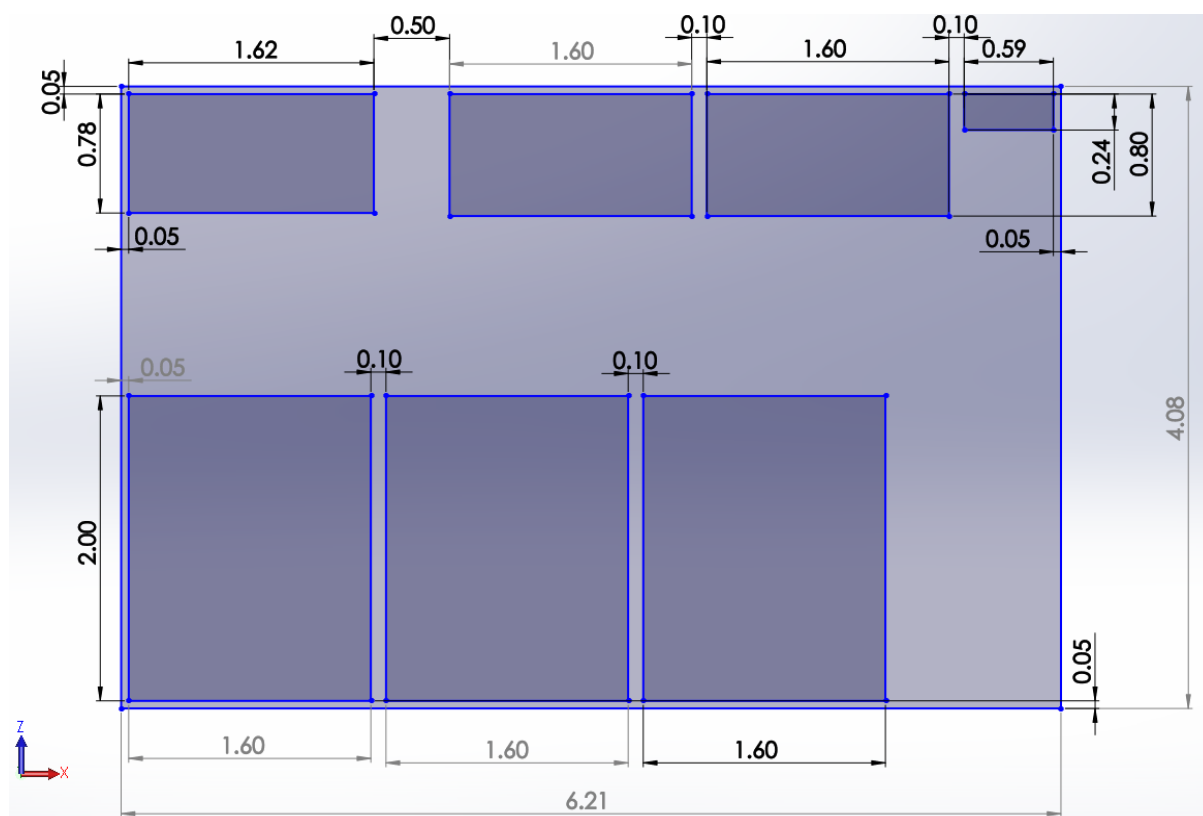
Ingredientes	Porcentajes	Cantidad (kg)	Cantidad Bimestral (kg)
Azúcar	24%	5 506	918
Leche en polvo	26%	5 964	994
Manteca de cacao	34%	7 800	1300
Licor de cacao	15%	3 441	574
Lecitina	1%	230	39

Con dichas cantidades se calculó el número de unidades de almacenamiento (cajas, sacos, bidones) que serán necesarios almacenar para la producción de dos meses, así como la cantidad de bloques formados por las pilas de las unidades. Los resultados pueden visualizarse en la Tabla 24.

En la Figura 23 puede visualizarse la disposición final de los bloques de materiales que junto con los espacios requeridos para el tránsito del personal y para la maquinaria para ingreso y salida de insumos resultó en un área de 25.4 m².

Tabla 24. Unidades de almacenamiento de materia prima

Materia Prima	Kg requeridos	Kg por Unidad	N° Unidades	Unidades por Bloque	N° Bloques Promedio
Cacao	9208	60	153	60	3
Azúcar	918	50	18	24	1
Leche en polvo	994	25	40	24	2
Lecitina	39	0	86	90	1


Figura 23. Distribución del almacén de materia prima

En cuanto a las demás áreas estas fueron calculadas utilizando el método de Guerchet detallado en el subapartado 3.2.2.3 **Cálculo** de área por departamento. Los resultados pueden encontrarse a continuación:

- Zona: Producción (ver Tabla 26)

Tabla 26. Cálculo de área (zona: Producción)

Elementos	Alto	Largo	Ancho	n	N	SS	SG	SE	ST
Tostadora	1.46	1.35	0.81	1	2	1.09	2.19	3.37	6.65
Enfriadora	1.07	1.05	0.97	1	1	1.02	1.02	2.09	4.13
Descascarilladora	1.47	1.80	1.00	1	3	1.80	5.40	7.39	14.59
Moledora de cacao	0.62	0.72	0.39	1	3	0.28	0.84	1.15	2.28
Prensadora	1.35	0.87	0.78	1	2	0.68	1.36	2.09	4.13
Mezcladora	1.20	1.75	0.90	1	3	1.58	4.73	6.47	12.77
Refinadora	2.25	1.10	1.15	1	1	1.27	1.27	2.60	5.13
Conchadora	1.25	2.00	1.86	1	1	3.72	3.72	7.64	15.08
Templadora	1.50	0.40	0.75	1	1	0.30	0.30	0.62	1.22
Tanque térmico	1.25	0.70	0.70	1	1	0.49	0.49	1.01	1.99
Dosificadora	1.50	4.00	0.52	1	3	2.08	6.24	8.54	16.86
Empaquetadora	1.45	3.77	0.67	1	3	2.53	7.58	10.37	20.47
Varios	1.00	1.00	0.60	4	1	0.60	0.60	1.23	9.73
TOTAL								114.99	

- Zona: Almacén de Productos Terminados (ver Tabla 28)

Tabla 28. Cálculo de área (zona: Almacén de Productos Terminados)

Elementos	Alto	Largo	Ancho	n	N	SS	SG	SE	ST
Parihuelas	1.80	0.75	0.55	6	1	0.41	0.41	0.77	9.58
Montacargas	2.52	5.23	2.04	1	3	10.66	31.99	39.89	82.54
Carretilla	0.73	0.81	0.47	1	2	0.38	0.76	1.07	2.21
								TOTAL	94.33

- Tabla 29. Cálculo de área (zona: Salida de Productos Terminados)**

- Zona: Laboratorio de Análisis Físicos (ver Tabla 30)

Elementos	Alto	Largo	Ancho	n	N	SS	SG	SE	ST
Mesa de trabajo	1.10	2.50	2.00	2	4	5.00	20.00	15.25	80.50
Escritorio	0.85	1.20	0.70	1	2	0.84	1.68	1.54	4.06
Anaqueles	2.00	1.50	0.92	1	1	1.38	1.38	1.68	4.44
Máquina de control	1.95	0.90	0.50	1	1	0.45	0.45	0.55	1.45
								TOTAL	90.45

- Zona: Subestación Eléctrica (ver Tabla 32)

Tabla 32. Cálculo de área (zona: Subestación Eléctrica)

Elementos	Alto	Largo	Ancho	n	N	SS	SG	SE	ST
Transformador	2.50	4.50	1.85	1	3	8.33	24.98	23.98	57.28
								TOTAL	57.28

- Tabla 33. Cálculo de área (zona: Oficinas Administrativas)**

- Zona: Servicios Higiénicos (ver Tabla 34)

Elementos	Alto	Largo	Ancho	n	N	SS	SG	SE	ST
Inodoro	1.95	0.80	1.00	7	1	0.80	0.80	1.80	23.80
Basurero individual	0.65	0.20	0.20	7	1	0.04	0.04	0.09	1.19
Lavatorio	1.20	0.50	0.50	4	1	0.25	0.25	0.56	4.25
Ducha	2.10	1.50	1.00	5	1	1.50	1.50	3.38	31.88
Casilleros	2.10	1.00	0.30	2	1	0.30	0.30	0.68	2.55
TOTAL									63.67

En la Tabla 35 se resumieron las áreas calculadas según las actividades para las cuales están destinadas.

Tabla 35. Dimensiones calculadas por área

Áreas consideradas	Dimensión Área (m^2)	Dimensión Lado (m)
1. A: Recepción de materia prima	63.1	7.9
2. B: Almacenamiento de materia prima	25.4	5.0
3. C: Preparación de materia prima	13.6	3.7
4. D: Producción	115.0	10.7
5. E: Embalaje	22.5	4.7
6. F: Almacén de productos terminados	94.3	9.7
7. G: Salida de productos terminados	63.1	8.0
8. H: Laboratorio de análisis físicos	90.5	9.5
9. I: Cuarto de control	16.0	4.0
10. J: Subestación eléctrica	57.3	7.6
11. K: Oficinas administrativas	146.5	12.1
12. L: Servicios higiénicos	63.7	8.0
TOTAL	771.0	90.9

5.3 Discusión de resultados

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar el diseño de una planta de chocolate para la Cooperativa Norandino aplicando tres métodos heurísticos para el diseño del *layout*. Se seleccionaron tres heurísticas utilizadas como base para el desarrollo del estudio: Systematic Layout Planning (SLP), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT).

Asimismo, se realizó una comparativa entre las distintas metodologías aplicadas, las cuales fueron evaluadas mediante el uso de una herramienta tipo Likert teniendo en cuenta tres ítems: información disponible, capacidad de aplicación y disponibilidad de expertos.

Cabe resaltar que en cuanto a los diseños de planta obtenidos como resultado de la aplicación de las metodologías seleccionadas, se puede observar una mayor similitud entre la disposición de áreas que se producen a través del método SLP y CRAFT, mientras que la generada por CORELAP se diferencia de las otras dos por las posiciones que propone para los departamentos considerados.

Otra semejanza que se puede encontrar es en la facilidad de transformar los diseños obtenidos en Layouts finales puesto que para aquellos elaborados a través de SLP y CRAFT ya se tenía en consideración la forma del área en donde se ubicaría la planta de chocolate y los factores que restringieran la libre ubicación de áreas (edificaciones preexistentes, sistemas de

desagüe, etc.), lo que no se pudo hacer al utilizar el software de CORELAP, pues en su caso el proceso de modificaciones para considerar los factores restrictivos se debe realizar una vez obtenido el diseño a través de la metodología.

Finalmente con respecto a los diseños obtenidos, el originado mediante CRAFT presenta una mayor facilidad para pasar a un diseño final ya que no trabaja con cuadriláteros como en el caso de SLP o CORELAP, sino que tiene un nivel de detalle mayor debido a que se rige por centroides lo que permite obtener distintas formas.

Al aplicar las tres metodologías mencionadas al caso de estudio se determinó de manera cualitativa que el SLP presentó las mayores ventajas en comparación a los otros dos métodos puesto que parte de una investigación profunda de la situación actual del caso para determinar desde cero los procesos y áreas a considerar, las relaciones entre estas, las distancias a considerar, restricciones, factores modificatorios, entre otros. Una de las bondades más significativas de la metodología diseñada por Richard Muther fue el nivel de detalle utilizado en la explicación del procedimiento que se debe llevar a cabo lo que facilita al investigador el tener un primer acercamiento con el diseño de una planta. En contraste a las ventajas del SLP, las heurísticas CORELAP y CRAFT brindaron resultados basados en evaluaciones cuantitativas de las relaciones entre áreas y el costo de movimiento de materiales respectivamente.

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación guardan relación con lo que sostienen Mejía et al. en su investigación "Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución", quienes señalan que la metodología SLP presenta las mayores ventajas en el diseño de planta, complementando los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología CORELAP y finalmente la heurística CRAFT para una optimización del diseño de distribución obtenido. Todo ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Sin embargo estos resultados son únicamente cualitativos y surgen del punto de vista particular del investigador. Es por ello que como complemento, dentro del apartado 5.1 Evaluación multicriterio de resultados, pudo ahondarse con un acercamiento cuantitativo a las bondades y desventajas haciendo uso de la evaluación tipo Likert como herramienta. El resultado de obtenido fue que en comparación a las otras dos metodologías el Systematic Layout Planning (SLP) fue aquel con mayores beneficios, sin embargo, esto se concluye tomando en cuenta los puntajes finales, es decir el resultado de la valoración individual multiplicado por el peso de dicho ítem. Sin tener en cuenta el peso de cada enunciado la metodología CORELAP sería la que presenta mayores ventajas, destacando en la cantidad de datos iniciales solicitados, el ingreso automatizado de estos al modelo, el número de iteraciones necesarias para obtener un diseño final y la facilidad que ofrece el software utilizado para cambiar los datos iniciales sin necesidad de demasiados reprocesos. A pesar de ello la metodología SLP continúa destacando como la mejor debido a la mayor importancia

que tienen ciertos ítems, necesarios para un mejor entendimiento del problema inicial y para el posterior análisis de los diseños de planta que resulten de la aplicación de los métodos heurísticos. En el caso de CRAFT, uno de los aspectos que redujo su puntaje sustancialmente fue la gran cantidad de iteraciones requeridas para poder llegar a un diseño final.





Conclusiones

La presente tesis fue realizada bajo la modalidad de artículo científico teniendo este por nombre “Aplicación de métodos heurísticos de distribución en planta para fábrica de procesamiento de chocolate de la Cooperativa Norandino” y presentada en el II Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos. Adicional a las conclusiones señaladas en el artículo científico se puede mencionar que en esta investigación se llevó a cabo una valoración cuantitativa de las metodologías mencionadas a través de una encuesta tipo Likert.

A lo largo de esta tesis se evaluaron tres métodos heurísticos de distribución en planta: Systematic Layout Planning (SLP), Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP) y Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT). En el estudio se compararon de manera cualitativa las tres metodologías mencionadas concluyendo que el método SLP fue fundamental para un primer acercamiento con el caso planteado para la Cooperativa Norandino pues su aplicación inicia con la determinación de flujo de materiales o las relaciones entre áreas, datos que en CORELAP y CRAFT el investigador ya debe poseer para poder utilizar dichas heurísticas.

Con la herramienta de evaluación tipo Likert se compararon numéricamente los métodos heurísticos seleccionados para la investigación y se determinaron las ventajas y desventajas de los mismos concluyendo en la superioridad del SLP, seguido de cerca por CORELAP y su facilidad de uso y finalmente, con una valoración menor, CRAFT debido a la gran cantidad de iteraciones requeridas para llegar a una solución final.

El SLP a su vez considera elementos delimitantes y modificatorios que permitieron obtener un diseño de planta con detalles mucho más reales del proyecto. En cuanto a CORELAP y CRAFT, se concluye que ambos métodos permiten ampliar el catálogo de opciones de distribución optimizando factores como las relaciones entre áreas y los costos de movimiento de materiales respectivamente.

Referencias bibliográficas

- Mejia A., H., Wilches A., M., Galofre V., M., & Montenegro, Y. (2011, Diciembre). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*(No 49), 63-68.
- Agencia Bloomberg. (2018, 10 22). *Mercados: Gestión*. From Diario Gestión: <https://gestion.pe/economia/mercados/consumo-mundial-chocolate-motiva-aumento-demanda-cocoa-247771>
- Andina. (2018, Abril 8). *Perú tiene el mejor chocolate del mundo pero el menor consumo por persona*. From Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-tiene-mejor-chocolate-del-mundo-pero-menor-consumo-persona-704878.aspx>
- Armando Romero, C. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el mundo*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Beckett, S. T. (2011). *Industrial chocolate manufacture and use*. John Wiley & Sons.
- Bisquerra, R., & Pérez-Escoda, N. (2015). ¿Pueden las escalas Likert aumentar en sensibilidad? . *REIRE: Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 129-147.
- Buffa, E. S. (1964). Allocating facilities with CRAFT. *Harvard business review*, 136-159.
- Cargill Cocoa Information. (2007). *Cargill BV*. The Netherlands: Cargill Cocoa.
- Coop. Norandino. (n.d.). *Actualidad: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/noticias-actualidad/35-norandino-inaugurara-moderna-planta-de-envasado-de-panela>
- Coop. Norandino. (n.d.). *Asistencia Técnica: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/servicios/asistencia-tecnica>
- Coop. Norandino. (n.d.). *Cacao: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/images/documentos/cacao_tecnico.pdf
- Coop. Norandino. (n.d.). *Café: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/productos/cafe>
- Coop. Norandino. (n.d.). *Misión y Visión: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/nosotros/mision-y-vision>

- Coop. Norandino. (n.d.). *Panela: Coop. Norandino*. From Coop. Norandino: <https://www.coopnorandino.com.pe/spanish/index.php/productos/panela>
- Córdova Valle, B. (2019). *Los mecanismos de control interno administrativo en las cooperativas del sector agrario en el Perú. Caso: Cooperativa Agraria Norandino Ltda. - Piura, 2017*. Tesis de grado, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, Piura.
- De la Cruz Flores, A., Gutiérrez Guzmán, F. J., Hidalgo Talledo, G. J., Ortiz Gauthier, R., & Rojas Valverde, D. F. (2018, Noviembre 17). *Diseño de una línea de producción industrial de chocolate para la Cooperativa Norandino*. From Repositorio Pirhua: <https://hdl.handle.net/11042/3828>
- De La Fuente García, D., & Fernández Quesada, I. (2005). *Distribución en planta*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Editor FPP. (2018, Febrero 9). *Regionales: Federación de Periodistas del Perú*. From Federación de Periodistas del Perú: <https://fpp.org.pe/cooperativa-agraria-norandino-empieza-lograr-exito-nivel-internacional/>
- Euromonitor International. (2018, Julio). *Chocolate Confectionery in Peru*. From Euromonitor International: <https://www.euromonitor.com/chocolate-confectionery-in-peru/report>
- FAOSTAT. (2017). *Datos: FAOSTAT*. From FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Flores Córdova, C. (2019, Agosto 30). *Sectores: infoMercado*. From infoMercado: <https://infomercado.pe/norandino-inaugurara-una-fabrica-de-chocolate-en-holanda/>
- Francis, R. L., & White, J. A. (1974). *Facility layout and location: an analytical approach*. New Jersey: Prentice-Hal, Inc.
- González-Longoria, H. M. (2016). La heurística LDMTP: Una metodología híbrida basada en el problema de transporte para el diseño óptimo de la distribución de planta. *Ingeniería Investigación y Tecnología, Vol. XVII*(No. 4), 463-478.
- INFOREGION. (2018, Agosto 16). *Medio Ambiente: Info región - Agencia de Prensa Ambiental*. From Info región: <http://www.inforegion.pe/253139/san-martin-promoveran-reduccion-del-cadmio-en-cultivo-de-cacao/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2017, Septiembre 20). *Tienda virtual: INACAL*. From Instituto Nacional de Calidad: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=5978
- Instituto Nacional de Calidad. (n.d.). *Normas Técnicas Peruanas*. Retrieved Julio 11, 2019 from Instituto Nacional de Calidad: https://servicios.inacal.gob.pe/datos_abiertos/NormaTecnica

- International Cocoa Organization. (2010). *Statistics: ICCO*. From ICCO:
https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/31-world-cocoa-market.html
- Lee, R. C. (1967). CORELAP-Computerized relationship layout planning. *J. Ind. Eng.*, 195-200.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22, 5-55.
- Martínez, A. (2018). Intervencionismo estatal en América Latina: los casos de Colombia, Perú y Venezuela. *Rev. Est. de Políticas Públicas*, 145-155.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (n.d.). *Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA)*. Retrieved 07 10, 2019 from Ministerio de Agricultura y Riego:
http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- Muralidhar, P. (2018). Analysis on improving operational efficiency of construction project site. *Independent Journal of Management & Production*, Vol. 9(No. 3), 827-839.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta (2ª ed)*. Barcelona: Hispano Europea.
- Ojaghi, Y., Khademi, A., Mohd Yusof, N., Ghorbani Renani, N., & Ahmad Helmi, S. (2015). Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry. *12th Global Conference on Sustainable Manufacturing* (pp. 247-251). Malaysia: Elsevier.
- Poyla, G. (1965). *How to solve it*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Prasad, H., Rajyalakshmi, G., & Reddy, S. (2014). A Typical Manufacturing Plant Layout Design Using CRAFT Algorithm. *12th GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT, GCMM 2014* (pp. 1808-1814). Vellore: Elsevier.
- Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W., & Idris, N. A. (2006). Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. *Diario de procesamiento y conservación de alimentos*, vol. 30, pp. 280-298.
- Redacción Gestión. (2018, 07 16). *Peruanos duplicarán consumo de chocolate con más de 35% de cacao*. From Gestión: <https://gestion.pe/economia/peruanos-duplicaran-consumo-chocolate-35-cacao-238600>
- Redagráfica Perú. (2017, Abril). *Marketing: Redagráfica*. From Redagráfica:
<http://www.redagricola.com/pe/cacao-la-demanda-crece-la-oferta-deficit-los-precios-al-alza/>
- Reyes Córdova, J. F. (2015, Enero). *Galería Multimedia. La Libertad, Portal Agrario Regional*. From La Libertad, Portal Agrario Regional:
http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/01-fernando-reyes_EXPERIENCIA%20DE%20CEPICAFAE-COOP%20NORANDINO.pdf
- Shahin, A., & Poormostafa, M. (2011). Facility Layout Simulation and Optimization: an Integration of Advanced Quality and Decision Making Tools and Techniques. *Modern Applied Science*, Vol. 5(No. 4), 95-111.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2011). *Planeación de instalaciones (4 Ed)*. México D.F.: Cengage Learning.

Velarde Oliart, M. E. (2018). Importancia de la actividad textil en el proceso de industrialización: industria textil cusqueña: entre la memoria y el olvido (carta al editor 9. *Rev Yachay*, 490-496.

