

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
Diseño conceptual de una planta de procesamiento de camarón
(*Litopenaeus vannamei*) en Taxisco, Santa Rosa, Guatemala

Estudiante

José Inés Castillo Santos

Asesores

Adela Acosta, D.Sc

Edward Moncada Mtr.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Metodología.....	14
Resultados y Discusión.....	17
Conclusiones	34
Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36
Anexos.....	38

Índice de Cuadros

Cuadro 1	Determinantes de la decisión de localización de planta de proceso. En orden de ranking con base a 40 factores diferentes, simplificado a 20 factores.....	17
Cuadro 2	Evaluación de factores para la toma de decisión de terreno.	20
Cuadro 3	Calculo de producción con sobrevivencia máxima y mínima según datos históricos.	21
Cuadro 4	Necesidad de mercado objetivo en kilogramos (proyectado).....	22
Cuadro 5	Cálculo de necesidad de mano de obra.	26
Cuadro 6	Personal en Administración, Control de Calidad e Inocuidad.....	26
Cuadro 7	Áreas principales de planta de procesamiento de camarón.	27
Cuadro 8	Orden de importancia según relación entre áreas.	29
Cuadro 9	Análisis de distribución de áreas con base en la distancia y el trabajo.	30

Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación de Camaronera Mar Adentro y terreno destinado para la posible construcción de planta de procesamiento de camarón.....	14
Figura 2	Análisis de factor P para la decisión de ponderación.	18
Figura 3	Balance de materia para cuatro productos finales en kilogramos.	23
Figura 4	Flujo de proceso de planta de proceso de camarón.....	25
Figura 5	Triángulo de Muther para planta de procesamiento de camarón.	28
Figura 6	Diagrama de relación de espacio de planta de procesamiento de camarón.....	31
Figura 7	Diseño de plano conceptual de planta de procesamiento de camarón.	33

Índice de Anexos

Anexo A Justificación de evaluación de factores del Cuadro 2.....	38
Anexo B Producción de empresa Mar Adentro	40
Anexo C Mermas y valores.....	41
Anexo D Límites de tipos de cercanía para triángulo de Muther	42
Anexo E Personal y dimensiones por área de proceso	43
Anexo F Equipos en áreas de planta	44
Anexo G Cálculo de tiempo de congelación de bloque de camarón con fórmula PLANK, utilizando el agua de referencia	46
Anexo H Flujos “L” y “S” para la selección de diseño según distancia y trabajo	47
Anexo I Diseño de rampa de camión de distribución	48
Anexo J Flujo de material dentro de la planta	49
Anexo K Flujo de personal dentro de planta	50
Anexo L Flujo de personal y material dentro de la planta	51

Resumen

La industria de camarón en Guatemala está estancada principalmente por una falta de empresas procesadoras; generando una oportunidad a las medianas empresas para implementar la integración vertical hacia el procesamiento. En el presente estudio se diseñó conceptualmente una planta de procesamiento de camarón, con base en la producción de la camaronera Mar Adentro, ubicada en Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Los objetivos del estudio fueron: Determinar el área geográfica para la posible construcción de la planta; calcular las necesidades de producción, equipo y personal de la planta; dimensionar y organizar las áreas de procesamiento, según las leyes vigentes y necesidades de la planta. Para la selección del lugar donde establecer la planta se utilizaron 20 factores y se ponderaron según la importancia. Se estableció la producción diaria de la camaronera con la cual se dimensionó la planta según la necesidad. Para el diseño conceptual se utilizó la metodología de Systematic Layout Planning. Se determinó que el lugar adecuado para el establecimiento de la planta es al lado de la producción camaronera de la empresa. Utilizando la producción de camarón y balance de materia, se determinó la capacidad de planta, 1,800 kg/día operada por 60 empleados. Se dimensionaron las áreas de procesamiento según las necesidades de proceso y se organizaron utilizando el triángulo de Muther y análisis de distribución de áreas con base en la distancia y el trabajo, se determinó que el flujo de la planta sea una "L". Con un área total de construcción de 905.92 m².

Palabras clave: Dimensionamiento, flujo de proceso, producción.

Abstract

The shrimp industry in Guatemala is stagnant, mainly due to a lack of processing companies. This creates an opportunity for medium-sized companies to implement vertical integration into processing. This study conceptually designs a shrimp processing plant based on the production of "Mar Adentro" shrimp farm, located in Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. The objectives of the study were: Determine the geographic area for the possible construction of the plant. Calculate the plant's production, equipment and personnel needs. To size and organize the processing areas, according to the laws in force and the needs of the plant. 20 factors were used to select the site for the plant and weighted according to importance. The daily production of the shrimp farm was established and the plant was sized according to need. The Systematic Layout Planning methodology was used for the conceptual design. It was determined that the appropriate place for the establishment of the plant is next to the company's shrimp production. Using the shrimp production and material balance, the plant capacity was determined to be 1,800 kg/day operated by 60 employees. The processing areas were sized according to process needs and organized using Muther's triangle and area distribution analysis based on distance and labor, determining the plant flow as an "L". With a total construction area of 905.92 m².

Keywords: Dimensioning, process flow, production.

Introducción

La industria productora de camarón en Guatemala tuvo una disminución de producción desde el 2008 hasta el 2011. Luego tuvo un crecimiento que llevó a recuperar la producción en 2016 con 10,049 Toneladas métricas (TM) (FAO 2018). Por otro lado, no existen datos actualizados sobre la producción de camarón nacional. Las exportaciones de camarón representaron 71.2 millones de dólares en 2020, esto fue menor que los años anteriores ya que disminuyó la exportación de 10,790 TM en 2017 a 10,179 TM en 2020 (AGEXPORT 2020). El problema de la exportación de camarón en Guatemala, es que se ha mantenido sin crecimiento durante mucho tiempo. Esto, debido a la falta de empresas de procesamiento a nivel nacional. Actualmente existen solo cuatro empresas de proceso de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) de cultivo en Guatemala, las cuales son; NOVAGUATEMALA, ACUAMAYA, PESCA y GAMBORE (Simposio de Acuicultura Guatemala 2017). Estas empresas tienen mercados distintos, como Estados Unidos, Europa, Asia y mercado nacional. Cabe recalcar que la mayoría de la exportación de camarón guatemalteco está dirigido al mercado mexicano y este es transportado a granel (AGEXPORT 2020). Por lo que, existe la oportunidad de darle valor agregado.

Los bajos precios y la estable exportación afectan principalmente al productor de camarón. Esta deficiencia en el mercado incita a las pequeñas y medianas empresas, a pensar en nuevas estrategias para capturar mayor valor y mantenerse en la industria camaronera. Una estrategia viable es la integración vertical, desde la producción hasta el consumidor final, buscando dar valor agregado al producto y una mejor diferenciación. La integración vertical, desde la perspectiva de la producción primaria de camarón, puede extenderse hacia la producción de concentrado, la producción de post larvas de camarón o hacia el proceso del camarón. El principal beneficio de la integración vertical es el aprovechamiento máximo en la cadena de valor. Permitiendo al empresario agrario, posicionarse en mercados internacionales, mejorando la gestión de riesgo en la producción y así obtener una mejor rentabilidad (Victoria 2011).

La integración vertical consiste en agregar eslabones a la cadena de valor, con tal de llegar más cerca del consumidor final. Las empresas exitosas de producción de camarón en Guatemala siguen esta estrategia de crecimiento. Por ejemplo, ACUAMAYA tiene producción de camarón, procesamiento y es dueña del único laboratorio, a la fecha, de producción de post larvas en el país. Esto hace a la empresa más estable ante las fluctuaciones de mercado, gracias a la amplia captura de valor a lo largo de la cadena productiva. Aunque la integración vertical ha demostrado ser una buena solución para el incremento de rentabilidad, solo las grandes empresas lo realizan. Por otra parte, no hay estudios publicados que muestren el procesamiento de camarón en medianas empresas y en la práctica es muy poco común que se realice. La falta de implementación de plantas de procesamiento para los medianos productores tiene distintas razones según el contexto individual de cada uno, las cuales pueden ser acceso a mercados, conocimientos técnicos o limitaciones económicas.

El primer paso para el establecimiento de una planta procesadora de alimentos es el diseño conceptual. Este da los parámetros técnicos y dimensionamiento necesario para la elaboración de la planta de proceso. Este procedimiento es una parte crucial del éxito de la construcción y operación final, ya que considera aspectos como la capacidad de procesamiento, congruencia de sus áreas y equipos. El diseño conceptual no presenta detalles sobre estructura y construcción de la planta, ya que esto le compete a ingenieros civiles y arquitectos. Este diseño debe ser claro en dimensiones y necesidades de la planta. Para la puesta en acción de la planta el arquitecto debe acompañar el diseño con las necesidades de pisos, paredes, iluminación, puertas, ventanas, pendientes, drenajes, entre otros. Estos deben ser acorde a lo establecido por los reglamentos y leyes previamente establecidos. Para el caso de Guatemala, se utiliza el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 (RTCA 2006), Principios Generales de Higiene de los Alimentos CAC/RCP 1-1969 (FAO et al. 2003) y el Acuerdo Gubernativo No. 343-2005 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (Congreso De La República De Guatemala 2005).

Una planta de procesamiento mediana o pequeña lleva los mismos estándares y planificación que una de escala mayor. Aunque las normativas no son igual de estrictas para el mercado guatemalteco, se debe planificar la planta con los estándares internacionales para tener un mejor control de inocuidad y tener la posibilidad de expansión a mercados más exigentes a futuro. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), las plantas de proceso de camarón se colocan en los mismos estándares de “proceso de productos hidrobiológicos”. Por lo que, se debe seguir el Acuerdo Gubernativo No. 343- 2005. “Establece los objetivos higiénico-sanitarios necesarios para el funcionamiento de los establecimientos de transformación de productos hidrobiológicos” (Congreso De La República De Guatemala 2005). En este reglamento se indican todas las consideraciones que se deben tomar en cuenta para el diseño de una planta de proceso de camarón en Guatemala. Cabe recalcar que, se deben seguir las recomendaciones del reglamento más estricto. Por otro lado, los registros obligatorios son las buenas prácticas de manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).

Los camarones son un producto con altas exigencias de inocuidad, ya que puede considerarse un producto listo para consumir sin ninguna cocción. Los criterios microbiológicos para el camarón se encuentran en el RTCA 67.04.50:08, los cuales indican que para un plan de muestreo de clase 2, n=5 debe ser ausente de: *Salmonella ssp*/25g, *Listeria monocytogenes*/25g, *Vibrio cholerae* O1. Un plan de muestreo clase 3, n=5, un máximo de 3 (c) muestras pueden tener más 10 UFC/g (m) y ninguna puede superar los 10² UFC/g (M) (RTCA 2009).

La normativa de calidad es regulada por el Codex Alimentarius en el CODEX STAN 92-1981 Rev. 1-1995, en la cual se describen las características de calidad mínimas que debe cumplir para que el camarón sea aceptado. El camarón debe ser congelado rápidamente a temperaturas de -18 °C, para que mantenga las características sensoriales y que no arriesgue su vida de anaquel o inocuidad (FAO et al. 2017). Según la norma, los camarones congelados rápidamente, deben contar con un etiquetado

que tenga lo establecido en el CODEX STAN 1- 1985. Se debe considerar el peso neto del camarón sin el glaseado, el cual se genera voluntariamente durante la congelación rápida. Para este procedimiento, se hacen análisis estadísticos que validen que el glaseado no supera los límites establecidos. Esto se logra a través de un control de calidad continuo, con el que se drenan las muestras después de pasar por el túnel de congelamiento individual rápido (IQF, por sus siglas en inglés) o por el congelamiento de bloques en el congelador rápido.

La calidad del camarón es fundamental para mantener a los clientes fieles con una marca específica. Además, esta disminuye los costos de calidad, los cuales se obtienen por no controlar los parámetros de calidad durante un proceso. Estos costos de calidad tienen un efecto multiplicador si el producto llega al consumidor final, ya que se debe lidiar con demandas o devoluciones de productos. Puesto que la calidad, es uno de los factores de éxito de una empresa (Gillezeau y Romero 2004). La congelación rápida se realiza a través de IQF para camarón pelado y congelador rápido de tandas, para el camarón entero empacado. Estos procedimientos encarecen la transformación del producto, pero logran crear cristales de hielo pequeños en el producto. Los cristales pequeños evitan la pérdida de agua en el proceso y mantienen lo mejor posible las características texturales del camarón. Luego del proceso, es importante mantener la cadena de frío, ya que garantiza la mejor calidad para el cliente. En el camarón, “El aumento en el número de ciclos Congelación–Descongelación agrava la liberación de Polifenol Oxidasa (PPO)” (Lan et al. 2020). La PPO es la principal causa de degradación enzimática en el camarón, lo que se conoce como melanosis, estas son manchas negras en la cabeza y parte del cuerpo del camarón y es la causa mayor de rechazo de camarón en el mercado (Bermúdez y Panta- Vélez 2019). Esta tiene un efecto negativo en la apariencia del camarón, ya que da el aspecto de putrefacción, y no necesariamente es signo de esto. La investigación citada, demostró el alto impacto que tiene la ruptura de la cadena de frío en la incidencia de melanosis en el camarón. Es por ello, que el estudio tuvo como objetivos:

Determinar el área geográfica para la posible construcción de la planta. Calcular las necesidades de producción, equipo y personal de la planta. Dimensionar y organizar las áreas de procesamiento, según las leyes vigentes y necesidades de la planta.

Metodología

El diseño conceptual de la planta de proceso de camarón se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se utilizaron como referencia las condiciones de la empresa camaronera Mar Adentro ubicada en Taxisco, Santa Rosa, Guatemala (Figura 1). La empresa cuenta con un terreno plano con las dimensiones de 21.2 m de Sur a Norte y 65.2 m de Este a Oeste con un área total de 1,382.24 m², el cual dispone para la construcción de la planta. El lugar tiene temperaturas medias entre 27 – 35 °C durante todo el año (MEM 2018). Además de este terreno se consideraron tres parques industriales para la toma de decisión del lugar de establecimiento de la planta.

Figura 1

Ubicación de Camaronera Mar Adentro y terreno destinado para la posible construcción de planta de procesamiento de camarón.



Nota. Terreno destinado para la posible construcción de la planta (rojo), Fase 1,2 y 3 (verde), Fase de crecimiento (amarillo).

La metodología utilizada para el diseño conceptual fue “Systematic Layout Planning”, la cual fue desarrollada por Richard Muther. Esta se basa de manera general en identificar la relación de las áreas de la planta, dimensionar el espacio y por ultimo ajustar estos datos cualitativos y cuantitativos

en un área específica (Muther y Hales 2015). Estos tres objetivos se Lograron a través de una serie de pasos organizados los cuales fueron: Localización, plan de distribución general, plan de distribución detallado e instalación (Fernández 2017). Para fines del proyecto, no se tomó en cuenta la fase IV, ya que la instalación de equipos está fuera del alcance de la investigación.

Para el diseño conceptual, se evaluó cualitativamente el lugar para establecer la planta, los lugares evaluados fueron: Terreno que dispone la empresa, parque industrial 1, parque industrial 2 y parque industrial 3. Se evaluaron 20 cualidades tomadas de la investigación de “Los determinantes de la decisión de localización de plantas procesadoras de alimentos” (López y Henderson 1989). Los investigadores mencionan los factores más importantes según gerentes y tomadores de decisiones de plantas. Posteriormente se ordenó en forma de ranking según las categorías “proceso de mariscos” y “planta mediana”. Seguido de esto se convirtió el ranking a ponderación a través del “Rank Exponent Weight Method” Usando la Ecuación 1 (Roszkowska 2013).

$$W_j(RE) = \frac{(n-r_j+1)^p}{\sum_{k=1}^n (n-r_k+1)^p} \quad [1]$$

Donde:

n: Número de rangos

r_j: Rango

W_j: Ponderación que recibe un rango individual

RE: Rank Exponent Weight Method

k: Todos los rangos

Luego, se calificó cada factor por terreno y se sumaron los valores ponderados con lo que se estableció la mejor alternativa de localización. El siguiente paso del diseño, fue el cálculo de necesidad de producción de planta. Se estimó la producción máxima de la camaronera a través de cálculos de densidad de siembra por los mt² de espejo de agua al momento del estudio, sumado a la expansión esperada por la empresa. Este dato se utilizó para el cálculo de producción de la planta. Se asumieron

ocho horas de trabajo diario, seis días de trabajo a la semana y cuatro semanas al mes. Para facilitar los cálculos y dar una holgura, se aproximó la producción a las centenas más cercanas hacia arriba. Luego del cálculo de producción de la camaronera se hizo un estimado de la necesidad de mercado. Esto para establecer qué tipos de productos y en qué proporción se necesitan utilizar en los tres mercados objetivos de la empresa, los cuales son Camarón Express, PROMAR y Exportación. Se estableció el flujo de proceso según las necesidades de productos, además de un balance de materia e identificación de entradas y salidas del flujo de proceso.

Para el dimensionamiento de áreas de los espacios requeridos por la planta, se tomaron en cuenta las limitaciones físicas del equipo y el espacio de uso. Además, de las normas nacionales e internacionales, sobre los espacios reglamentarios. Continuando con esto, se organizaron las áreas según el triángulo de relación de Muther (Muther y Hales 2015). Se graficó el diagrama de resultados según el triángulo y se analizaron las cuatro posibles configuraciones de flujo de la planta "LUIS". Se determinó que las únicas dos configuraciones posibles por la limitante del terreno seleccionado fueron la configuración "L" y "S". Para tomar una decisión entre las dos, se midió la distancia entre la recepción y las dos principales líneas de proceso. Esta distancia se convirtió en Trabajo considerando la masa que se mueve en cada línea con la Ecuación 2:

$$W = (m * g) * d \quad [2]$$

Luego, se eligió la configuración con menor valor y, por último, se realizó el diseño de la planta considerando todos los pasos anteriores y limitándose a las características del terreno seleccionado.

Se utilizaron diversos materiales digitales para el diseño y dimensionamiento de la planta. Para el diseño, se utilizó SketchUp, LayOut para elaborar los planos, para el desarrollo de flujo de proceso se utilizó LucidChart y para la ubicación de vías de acceso, se utilizó Google Earth.

Resultados y Discusión

La decisión del lugar a elegir se tomó con base en los factores del estudio de López y Henderson (1989). Para el presente, se utilizaron los rankings de los rubros de mariscos y tamaño de planta mediana (20 a 99 operarios). Se determinó el orden de ranking según el promedio de ambos rubros (Cuadro 1). Los factores más importantes fueron la disponibilidad de materia prima principal en este caso Camarón, disponibilidad de mano de obra y que la ubicación sea cercana a donde se reside o hacen negocios actualmente. Los menos importantes fueron los impuestos de la localidad y los incentivos de desarrollo. Con base en estos datos, se obtuvieron los factores en orden de importancia.

Cuadro 1

Determinantes de la decisión de localización de planta de proceso. En orden de ranking con base a 40 factores diferentes, simplificado a 20 factores.

Factor	Mariscos	Planta Mediana	Ranking promedio
Disponibilidad de materia prima principal (mariscos)	2	2	2
Disponibilidad de mano de obra.	3	3	3
Ubicación es cercana a lugares donde se reside o se hacen negocios actualmente.	4	7	5.5
Disponibilidad de instalaciones de tratamiento / eliminación de residuos orgánicos	6.5	5	5.75
Proximidad al mercado	5	9	7
Disponibilidad y calidad de Agua	11	6	8.5
Costo del terreno	10	10	10
Proximidad a los Puertos	9	16	12.5
Regulación por disposición de residuos sólidos	12.5	12.5	12.5
Proximidad a centros de distribución	14.5	15	14.75
Capacidad de la mano de obra disponible	12.5	19	15.75
Costo de desecho de agua	21	11	16
Proximidad a industrias conectadas	17	22.5	19.75
Estado de las Carreteras y costo de transporte	22	18	20
Existencia de instalación municipal para manejo de residuos sólidos	19.5	22.5	21
Costo de utilidad	32	12.5	22.25
Costo de construcción	23	25.5	24.25
Proximidad a otras plantas de procesamiento	28.5	25.5	27
Impuestos de la localidad	34.5	22.5	28.5
Incentivos de desarrollo locales	34.5	27	30.75

La ponderación de cada factor se determinó con el método de “Rank Exponent Weight Method”. Con esto se determinó la ponderación que tendrá cada factor según el grado de sensibilidad y peso comparativo (P) entre el ranking 1 y n. Como lo menciona Roszkowska (2013), el factor P debe ser seleccionado por el tomador de decisiones. Para esta decisión se consideró apropiado que la ponderación de los primeros 10 factores fuera alrededor de un 60% y la de los últimos 10 factores una del 40%. Por lo que para esta situación se seleccionó un P de 0.5, este tiene una suma de ponderación del factor 1-10 de 63.56% y del 11-20 del 36.44% (Figura 2).

Figura 2

Análisis de factor P para la decisión de ponderación.

Ranking	0.2	0.5	0.7	1	1.5	2	3
1	5.89%	7.25%	8.16%	9.52%	11.76%	13.94%	18.14%
2	5.83%	7.07%	7.88%	9.05%	10.89%	12.58%	15.55%
3	5.77%	6.88%	7.58%	8.57%	10.04%	11.29%	13.22%
4	5.70%	6.69%	7.29%	8.10%	9.21%	10.07%	11.14%
5	5.63%	6.49%	6.98%	7.62%	8.41%	8.92%	9.29%
6	5.56%	6.28%	6.67%	7.14%	7.64%	7.84%	7.65%
7	5.49%	6.07%	6.36%	6.67%	6.89%	6.83%	6.22%
8	5.40%	5.85%	6.04%	6.19%	6.16%	5.89%	4.98%
9	5.32%	5.62%	5.71%	5.71%	5.46%	5.02%	3.92%
10	5.23%	5.38%	5.37%	5.24%	4.80%	4.22%	3.02%
11	5.13%	5.13%	5.03%	4.76%	4.16%	3.48%	2.27%
12	5.02%	4.86%	4.67%	4.29%	3.55%	2.82%	1.65%
13	4.90%	4.59%	4.30%	3.81%	2.97%	2.23%	1.16%
14	4.78%	4.29%	3.91%	3.33%	2.43%	1.71%	0.78%
15	4.63%	3.97%	3.51%	2.86%	1.93%	1.25%	0.49%
16	4.46%	3.63%	3.09%	2.38%	1.47%	0.87%	0.28%
17	4.27%	3.24%	2.65%	1.90%	1.05%	0.56%	0.15%
18	4.03%	2.81%	2.16%	1.43%	0.68%	0.31%	0.06%
19	3.72%	2.29%	1.63%	0.95%	0.37%	0.14%	0.02%
20	3.24%	1.62%	1.00%	0.48%	0.13%	0.03%	0.00%
Suma	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Suma (1-10)	55.82%	63.56%	68.04%	73.81%	81.25%	86.59%	93.14%
Suma (11-20)	44.18%	36.44%	31.96%	26.19%	18.75%	13.41%	6.86%

La evaluación final con base en los valores ponderados (Cuadro 2), se hizo con valores del 1 al 10 y cada factor fue evaluado de manera distinta con su respectiva justificación (Anexo A). La

disponibilidad de materia prima fue evaluada según la distancia que tiene cada lugar hasta la camaronera Mar Adentro. La disponibilidad de mano de obra, se evaluó con base en la distancia del poblado más cercano y la proyección poblacional de cada municipio, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INE 2015) para el 2021. También se utilizaron las edades de adultos entre 20 y 39 años. Para la evaluación de proximidad al mercado se evaluó 0 km siendo una calificación de 10 y 300 km una evaluación de 1, utilizando de referencia el mercado como la Ciudad de Guatemala. En la disponibilidad y calidad de agua, se colocó una puntuación neutral de 5 ya que en todos los lugares se tiene agua de pozo, y no se sabe la calidad de esta.

El costo del terreno se obtuvo evaluando el costo de oportunidad del terreno que ya posee la empresa Mar Adentro y las cotizaciones de los tres parques industriales. Los parques industriales 1 y 2, tienen disponibilidad de terrenos muy grandes, por lo que su precio era incomparable al de los terrenos de la empresa y del parque industrial 3. Como solución se utilizó el precio de las naves industriales disponibles en los parques 1 y 2, y para que esta comparación fuera justa se utilizó un costo aproximado de construir una nave con las mismas características en el terreno de la empresa y parque industrial 3. Usando un presupuesto base de \$400,000 siendo una puntuación de 10 y por cada \$100,000 más se le disminuye la calificación en una unidad. El costo de utilidad se fundamentó en la cercanía a la Ciudad de Guatemala, bajo la lógica que mientras más cercano a la Ciudad menores los costos de utilidad. Los costos de construcción se evaluaron según la distancia a municipios donde se encuentran ferreterías grandes que puedan suplir los materiales necesarios.

Los factores con menor ponderación fueron los impuestos de la localidad y los incentivos de desarrollo. En cuanto a los impuestos de la localidad se utilizó el impuesto único sobre inmuebles (IUSI) el cual es 9 por millar (Congreso De La República De Guatemala 1998). Para el factor de incentivos de desarrollo únicamente el parque industrial 1 tuvo una calificación positiva ya que se encuentra en una zona franca. Los incentivos de desarrollo se dejaron en la calificación más baja ya que como empresa mediana no se aprovecharían al máximo los beneficios de colocarse en una zona franca. La decisión tomada por valores ponderados fue el terreno que dispone la empresa

camaronera, ya que fue el terreno con mayor puntaje como segunda opción se haría en el terreno del parque 3.

Cuadro 2

Evaluación de factores para la toma de decisión de terreno.

Factor evaluado	Lugares Evaluados (Puntuaciones de 1 a 10)				
	Ponderación	Empresa Camaronera	Parque 1	Parque 2	Parque 3
Disponibilidad de materia prima Principal (Camarón)	7.25%	10	5	2	4
Disponibilidad de mano de obra	7.07%	4	10	5	10
Ubicación es cercana a lugares donde se reside o se hacen negocios actualmente	6.88%	10	5	2	4
Disponibilidad de instalaciones de tratamiento / eliminación de residuos Orgánicos (Incineración Controlada o Con calicatas y Cal)	6.69%	5	2	3	5
Proximidad al mercado	6.49%	6	8	9	8
Disponibilidad y calidad de agua	6.28%	5	5	5	5
Costo del terreno	6.07%	10	2	8	10
Proximidad a los puertos (Puerto Quetzal)	5.85%	7	6	3	5
Regulación por disposición de residuos sólidos (regulaciones internas)	5.62%	8	10	6	10
Proximidad a centros de distribución (CENMA, Central de Mayoreo)	5.38%	5	7	9	7
Capacidad de la mano de obra disponible	5.13%	7	6	5	5
Costo de desecho de agua	4.86%	4	1	1	1
Proximidad a industrias conectadas (Camaronera)	4.59%	10	5	2	4
Estado de las carreteras y costo de transporte	4.29%	4	4	6	3
Existencia de Instalación Municipal para Manejo de Residuos Sólidos	3.97%	1	1	3	1
Costo de Utilidad	3.63%	4	7	10	7
Costo de Construcción	3.24%	6	9	10	9
Proximidad a otras plantas de procesamiento	2.81%	8	7	7	6
Impuestos de la localidad	2.29%	4	4	4	4
Incentivos de desarrollo	1.62%	1	10	1	1
Total	100.00%	6.36	5.58	4.98	5.76

Para el dimensionamiento de la planta, un factor importante es la capacidad que tendrá, por lo que la capacidad de planta fue con base en la producción actual y esperada (Anexo B). La empresa

realiza tres ciclos de producción (Cuadro 3) los cuales si tuvieran una sobrevivencia del 100% tendrían un promedio de 1774.97 kg al día, y para fines del diseño se aproximó a una capacidad de planta de 1800 kg/día. Cabe recalcar que una producción con el 100% de sobrevivencia es muy difícil de lograr, por lo que se compara con una producción normal del 70% de sobrevivencia. Se tomó la decisión de utilizar la máxima posible, ya que la planta debe considerar subidas de producción por aumento de eficiencias o incluso un aumento de densidades por esto es mejor sobredimensionar que subdimensionar.

Cuadro 3

Calculo de producción con sobrevivencia máxima y mínima según datos históricos.

Mes	Ciclo 1 (Kg)	Ciclo 2 (Kg)	Ciclo 3 (Kg)	Kg/mes (100% sobrevivencia)	kg/día (24 días laborales)	Kg/mes (70% sobrevivencia)	kg/día (24 días laborales)
Enero			39150	39150	1631.25	27405	1141.88
Febrero			42187.5	42187.5	1757.81	29531.25	1230.47
Marzo			43733.25	43733.25	1822.22	30613.28	1275.55
Abril			45326.25	45326.25	1888.59	31728.38	1322.02
Mayo	39150			39150	1631.25	27405.00	1141.88
Junio	42187.5			42187.5	1757.81	29531.25	1230.47
Julio	43733.25			43733.25	1822.22	30613.28	1275.55
Agosto	45326.25			45326.25	1888.59	31728.38	1322.02
Septiembre		39150		39150	1631.25	27405	1141.88
Octubre		42187.5		42187.5	1757.81	29531.25	1230.47
Noviembre		43733.25		43733.25	1822.22	30613.28	1275.55
Diciembre		45326.25		45326.25	1888.59	31728.38	1322.02
Promedio					1774.97		1242.48

Para tener una mejor estimación de las necesidades de la planta se deben establecer los productos terminados y las cantidades en las que se dividirán. Para esto se utilizaron los mercados proyectados (Cuadro 4) los cuales son Camarón Express que es un restaurante especializado en camarón, PROMAR siendo una distribuidora de mariscos minorista para mercado nacional y para mercado internacional sería la exportación de un contenedor de 20,000 kg al mes. Cabe recalcar que estos datos son proyecciones, por lo que pueden cambiar las cantidades en un estudio de mercado real. Para el diseño de la planta se utilizaron las proporciones de cada producto las cuales fueron; camarón entero (44%), camarón pelado (23%), descabezado (20%) y empanado (13%).

Cuadro 4

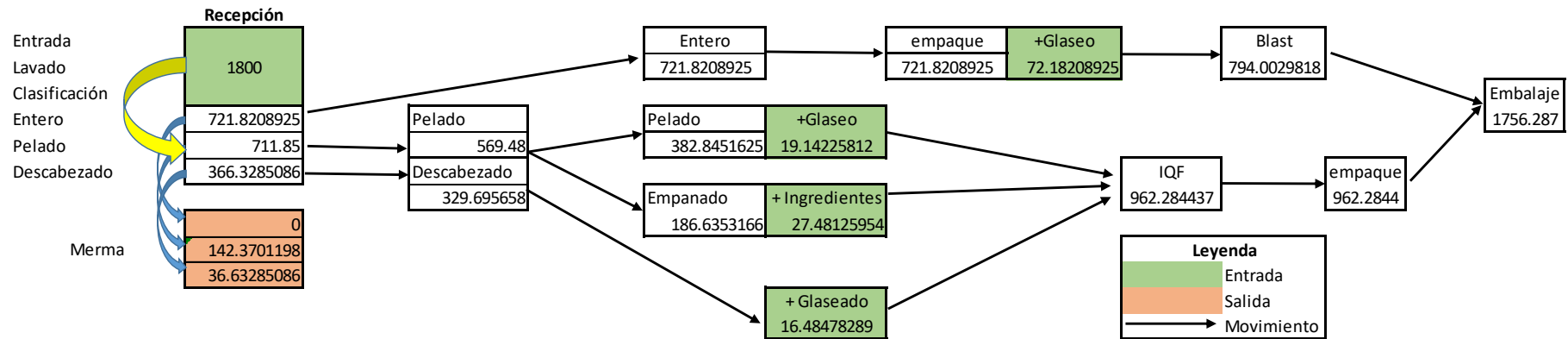
Necesidad de mercado objetivo en kilogramos (proyectado).

Mercado	Puntos de Venta	Kg/ mes	Total mes	Entero	Pelado	Descabezado	Empanado
PROMAR	24	270	6,480	2,592	1,296	1,296	1,296
Camarón Express	20	630	12,600	2,520	3,780	2,520	3,780
Exportación	1	20,000	20,000	12,000	4,000	4,000	
Total			39,080	17,112 (44%)	9,076 (23%)	7,816 (20%)	5,076 (13%)

Con las necesidades de mercado se procedió a hacer el balance de materia (Figura 3) para un dimensionamiento correcto. Se pueden observar las mermas y valores (Anexo C), estos datos se utilizaron para calcular el balance de materia. En la Figura 3, se muestra que la entrada de producto es 1800 kg y la salida de producto terminado (Sin tomar en cuenta empaque y embalaje) es de 1756.29 kg. Esta disminución de peso se debe a las mermas de 10% de Cabeza y 10% de cascara y limpieza. Contrarrestando a las mermas están los ingresos al flujo por ejemplo los ingredientes del empanado los cuales fueron 27.48kg y otras entradas como el glaseado del camarón en camarón entero, pelado y descabezado. Este balance de materia por zona ayuda a dimensionar las áreas de planta según el flujo diario y su tiempo de retención. Las áreas que retienen productos se deben considerar los días de retención estos son, el cuarto frío de desechos, el almacenamiento final y la bodega de ingredientes.

Figura 3

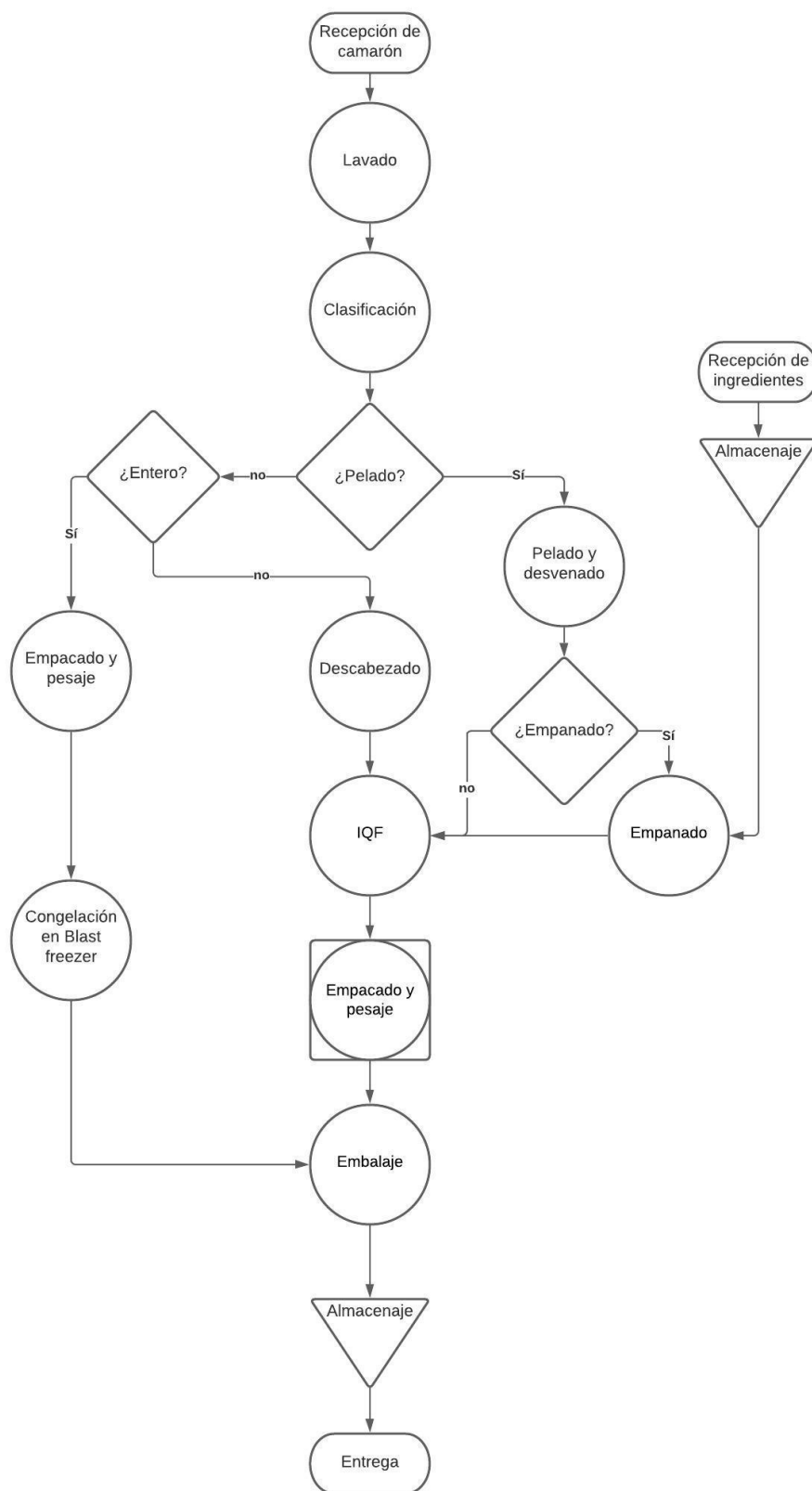
Balance de materia para cuatro productos finales en kilogramos.



El flujo de proceso (Figura 4) se realizó bajo los símbolos de la norma ISO 9000. Este empieza con la recepción de materia prima, ya sea camarón o ingredientes para el empanado de camarón. En este punto el camarón es recibido de carros de cosecha y mezclado con hielo y metabisulfito de sodio al 4 a 6% o 4-hexilresorcinol 2 a 2.5% el cual, Bermúdez y Panta- Vélez (2019), demostraron la misma efectividad en la reducción de incidencia de melanosis, cumpliendo los estándares de calidad europea. Además, el encargado de recepción debe verificar la proveniencia del lote, la cantidad de recepción y el tiempo de la última medicación de este, con lo cual se verifica que no tiene residuos de antibióticos. Luego de esto se separa en los tres distintos procesos los cuales pueden ser pelado y desvenado, únicamente descabezado o entero. El pelado y desvenado, es una operación manual hecha en mesas anchas, luego del descabezado, cuando se necesita un camarón pelado todo el proceso lo hace una sola persona por camarón. Luego se procede al empanado, al cual se le agregan los ingredientes necesarios para cumplir con la formulación dada por el cliente. Luego los camarones de los procesos descabezado, pelado y empanado pasan por la congelación IQF para ser empacados en bolsas de plástico o aluminadas luego ser pesados. En esta fase ocurren los muestreos de calidad e inocuidad previo a la aceptación del lote, verificando si el glaseado, talla, etiqueta, declaración de alérgenos correcta, características sensoriales del camarón y muestreo microbiológico del camarón. El último punto es el embalaje, en el que se coloca el camarón en cajas y se verifica la calidad. Según la (Alianza Nacional de HACCP para Mariscos y Pescados para Capacitación y Educación 2017) recepción de camarón es el primer Punto Crítico de Control (PCC 1), por contaminantes químicos y el embalaje es el segundo (PCC 2), por la declaración de alérgenos en el empaque.

Figura 4

Flujo de proceso de planta de proceso de camarón.



Para la necesidad de mano de obra (Cuadros 5 y 6) se utilizaron los segundos por kilogramo que necesitaba cada operación. Estos tiempos fueron obtenidos del estudio de Cente García et al. (2015) de los cuales solo se utilizaron los que aplican al proceso. Se observa que la mayor cantidad de personal está en el pelado y descabezado, esto por los s/kg necesarios. Cabe recalcar que mientras más pequeña la talla de camarón, menor será la eficiencia de segundos por kilogramo. Los operarios del área de proceso se consideraron mujeres, ya que ellas realizan un trabajo mucho más detallado y minucioso, esta consideración es crítica para el correcto dimensionamiento de baños, para cumplir con la legislación.

Cuadro 5

Cálculo de necesidad de mano de obra.

Área de Proceso	kg	s/kg	Horas	Jornales	Mujeres	Hombres
Operación						
Descabezado	366.33	301.32	30.66	3.83	4	
Pelado + Descabezado	711.85	1435.24	283.80	35.47	35	
Empacado entero	721.82	85.66	17.18	2.15	2	
Empanado	186.64	301.32	15.62	1.95	2	
Misceláneos						
Recepción	1800.00	31.90	15.95	1.99		2
Clasificación	1800.00	7.20	3.60	0.45		1
Transporte por la planta + Suplir Hielo a las mesas	1800.00	42.85	21.42	2.68		3
Empaque de Productos IQF	962.28	183.88	49.15	6.14		6
Embalaje y Despacho	1756.29	1.38	0.67	0.08		1
Total					43	13

Cuadro 6

Personal en Administración, Control de Calidad e Inocuidad.

Cargo	Personal
Peso de camarón y Muestreo	1
Encargado de Calidad e Inocuidad	1
Gerente Administrativo	1
Gerente Operativo	1
Total	4^a

Nota. a: 2 mujeres y 2 hombres.

Luego de revisión del flujo de proceso se determinan las áreas necesarias dentro de las instalaciones de la planta las cuales son enumeradas en el Cuadro 7. En este momento del diseño aún no se consideran las dimensiones de cada área, únicamente se identifican las necesidades de la planta.

Cuadro 7

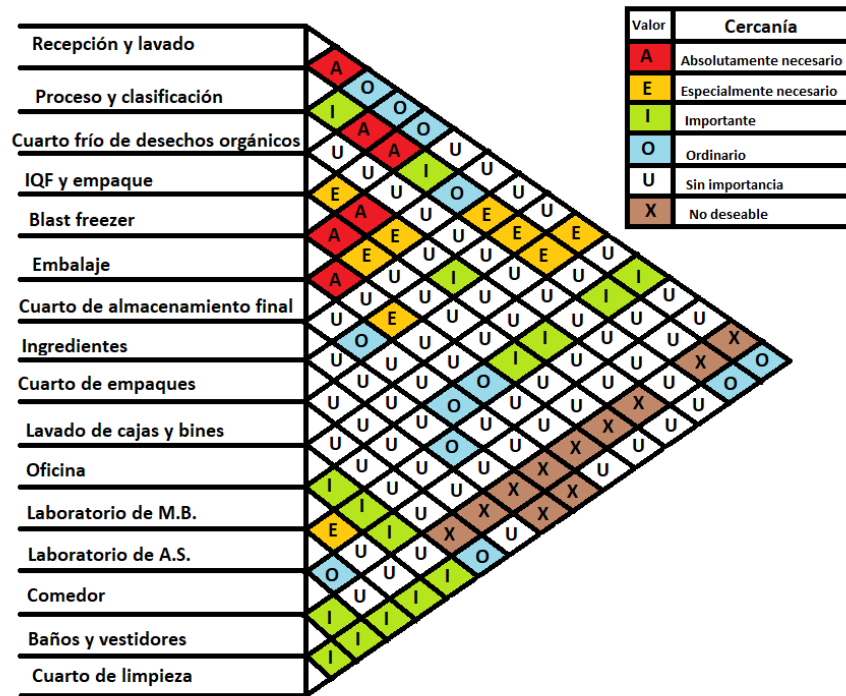
Áreas principales de planta de procesamiento de camarón.

Número	Área
1	Recepción y Lavado
2	Proceso y clasificación
3	Cuarto frío de desechos orgánicos
4	IQF y empaque
5	Blast Freezer
6	Embalaje
7	Cuarto de almacenamiento final
8	Ingredientes
9	Cuarto de empaques
10	Lavado de cajas y bins
11	Oficina
12	Laboratorio de Microbiología (M.B.)
13	Laboratorio de Análisis sensorial (A.S.)
14	Comedor
15	Baños y vestidores
16	Cuarto de limpieza

Utilizando el método de Muther y Hales (2015) se realizó el diagrama de relación de áreas de la planta o también conocido como triángulo de Muther. En este diagrama (Figura 5) se presenta de una manera visual y fácil de interpretar, la relación de cercanía que tiene cada una de las 16 áreas determinadas de la planta. Este se utiliza con base en seis posibles relaciones, siendo absolutamente necesario (A) una relación muy directa, por lo que el no colocar estas áreas juntas representaría ineficiencias graves en el proceso. Seguido de especialmente necesario (E) con importancia alta pero no es crítico, importante (I) es una relación que demuestra una estrecha relación, Ordinario (O) una relación para las áreas que tienen cosas en común, más no se considera hasta que las otras áreas estén colocadas. Sin importancia (U) es neutral y No deseable (X) en el caso de la industria alimentaria, ayuda a evitar fuentes de contaminación principalmente.

Figura 5

Triángulo de Muther para planta de procesamiento de camarón.



Una vez elaborado el diagrama de relación de áreas se procedió a evaluar la jerarquía para el diseño de la planta. Esto se hace gracias al orden de importancia de la cercanía de las áreas. Siendo A (10,000), E (1,000), I (100), O (10), U (0) y X (-10,000). Haciendo la suma de los valores de cercanía por cada área (Cuadro 8), el cual ordena según el orden de importancia. Siendo el área de proceso y clasificación el más importante, seguido del embalaje y el área de IQF y empaque. Estas áreas son las primeras que se deben colocar en el diseño, para que todo el diseño sea coherente y se cumpla lo más posible la relación de áreas. Estas áreas se deben seguir colocando en el orden de importancia, dejando como último punto los baños y vestidores. Este procedimiento ayuda a aclarar cómo puede ser colocada cada área, con una decisión con base cuantitativa. Cabe recalcar que la cantidad de letras por cercanía deben adaptarse a los máximos y mínimos dados por la metodología (Anexo D).

Cuadro 8

Orden de importancia según relación entre áreas.

Área	Calificación
Proceso y clasificación	23,320
Embalaje	21,110
IQF y empaque	12,210
Blast Freezer	12,110
Laboratorio de Microbiología (M.B.)	1,620
Laboratorio de Análisis sensorial (A.S.)	1,220
Recepción y Lavado	1,140
Oficina	400
Comedor	310
Cuarto frío de desechos orgánicos	110
Cuarto de empaques	-7,890
Cuarto de almacenamiento final	-7,970
Lavado de cajas y bins	-7,990
Ingredientes	-18,990
Cuarto de limpieza	-19,470
Baños y vestidores	-89,800

Al tener el orden de cada área se procede a la dimensión de cada espacio (Anexos E y F), para tener una magnitud del tamaño de cada área y hacer un ordenamiento congruente. Se separó la cantidad de personas que podrían estar en una misma área para hacer las consideraciones de espacio. Para el dimensionamiento se investigaron equipos que fueran de acuerdo con las necesidades de planta, estos fueron cotizados y revisados para que cumpliera la necesidad mínima de proceso. El IQF fue cotizado para 200 kg/h, esto está apto para la cantidad de los kg/h que pasan por este proceso, ya que se considera que existen pausas para lavarlo y cambiar producto entre empanado y pelado. Por otro lado, se realizó el cálculo de tiempo de congelación PLANK (Anexo G) para confirmar que el congelador rápido cumple con los requisitos de tiempo, siendo el resultado satisfactorio ya que congelaría un bloque de camarón en alrededor de dos horas, dando cuatro horas de uso al día. Una vez realizadas estas dimensiones previas, se procede a hacer el análisis para conocer cuál es el flujo más adecuado en la planta (Cuadro 9). Ya que el terreno elegido es rectangular con accesos al Norte y el Este, solo se consideraron los dos diseños posibles los cuales fueron "L" y "S" (Anexo H). Se colocaron las áreas suponiendo espacios entre ellos y se midió la distancia de dos rutas, las cuales son producto que pasa por el IQF (Empanado, pelado y descabezado) y producto que pasa por el Blast

(Camarón entero). Esta distancia da una buena referencia en cuanto a las distancias, más no considera los kilogramos que pasan por cada lugar, por lo que se utilizó Trabajo (W), el cual relaciona masa (m) con distancia (d), pasando masa a newtons usando la gravedad (g). Los resultados del análisis de diseño demuestran que el diseño con forma de "L", tiene una menor distancia (-17.5m) y un menor trabajo (-14.81%), esto representaría menos energía y fuerza laboral para lograr el movimiento del material. Por lo que se selecciona esta distribución para el diseño de la planta.

Cuadro 9

Análisis de distribución de áreas con base en la distancia y el trabajo.

Líneas de proceso	Diseño "L"		Diseño "S"	
	Distancia (m)	Trabajo (KJ)	Distancia (m)	Trabajo (KJ)
IQF ^a	53	500.3	62.5	590
Blast ^b	48	373.9	56	436.2
Total	101	874.2	118.5	1026.2

Nota. ^a: producto que pasa por el IQF (empanado, pelado y descabezado). ^b: producto que pasa por el Blast (Camarón entero).

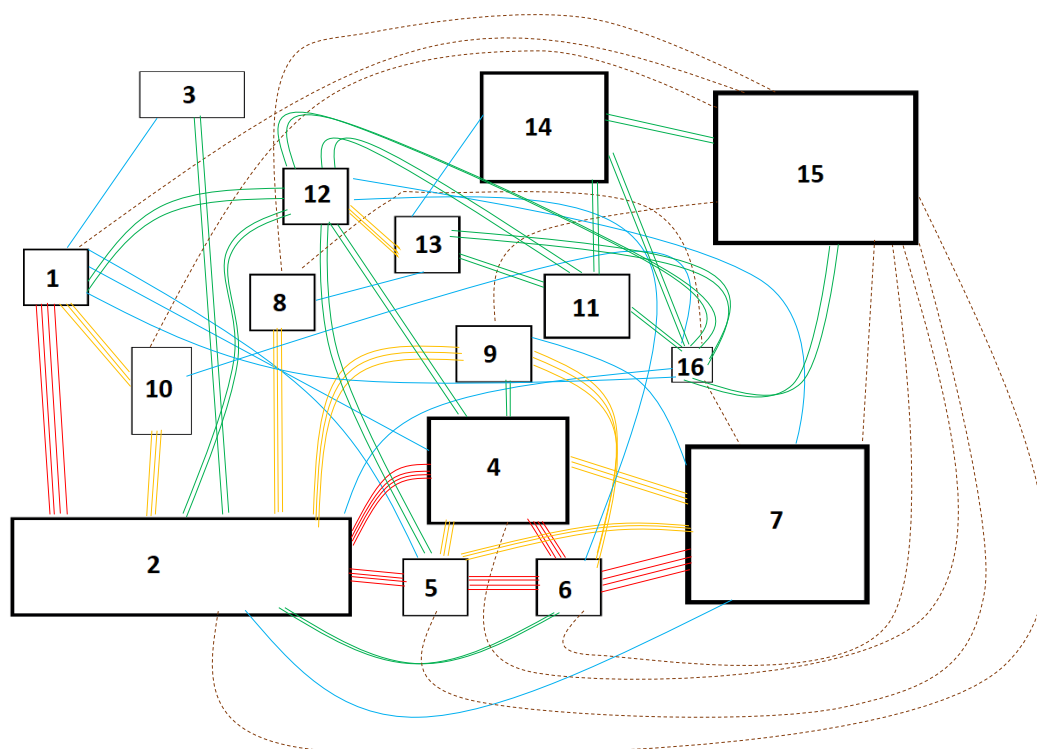
Una vez realizado el análisis de relación de áreas y se determinó que el diseño con menor trabajo es una "L", se procedió a hacer el diagrama de relación de espacio (Figura 6). Se colocó cada área según el orden de importancia de relación (Cuadro 7) y siguiendo el diseño seleccionado. Las líneas que conectan las áreas representan el grado de relación que tiene una con la otra. Para facilidad al magnificar las áreas y poder diagramar algo parecido al diseño final, se utilizaron áreas que dan idea a las que se utilizarían en el diseño final.

Una vez realizado todo el proceso técnico de la distribución de áreas se diseñó la planta. Se utilizaron los tamaños de los equipos que se necesitan. Además, se verificó que los pasillos y distancia entre equipos cumpla la ley y funcionalidad. Por otro lado, se consideró en el área de recepción una puerta más grande que la necesaria para la producción, esto con el objetivo de ingresar equipos grandes principalmente el IQF, el cual tiene una medida de 3 × 7 × 3 m. Este equipo es el limitante de la altura de la planta por lo que se determinó que una altura adecuada sería de cuatro metros. Por otro lado, la rampa y muelle de carga fue diseñado para cumplir la funcionalidad y radio de giro de un camión de distribución de 20 pies, La rampa está 60 cm debajo del nivel del suelo, y 120 cm por debajo

del nivel de la planta, por otro lado, la pendiente para la entrada del camión es de 10% y cuenta con un área de descanso para el camión de 12 metros (Anexo I).

Figura 6

Diagrama de relación de espacio de planta de procesamiento de camarón.



Nota. Números: De acuerdo con el Cuadro 6. **Relación de cercanía:** Absolutamente necesario (4 líneas), especialmente necesario (3 líneas), importante (2 líneas), ordinario (1 línea), sin importancia (sin línea), no deseable (1 línea punteada).

La planta cuenta con una banqueta de un metro de ancho alrededor de sus paredes, esto para el control de plagas. La entrada de producto se encuentra al Norte, y la salida al Este. Un parqueo para carros y un área específicamente para motos. La construcción de la planta debe realizarse de la mano con las recomendaciones del RTCA 67.01.33.06, CAC/RCP 1-1969 y MAGA ONP-00-E-086 Acuerdo Gubernativo No. 343-2005. Para el recubrimiento del piso se debe utilizar poliuretano, para las paredes usar paneles sándwich o aislante según el caso. Grosor de dos pulgadas para paredes administrativas y divisiones dentro de la planta, cuatro pulgadas para todas las paredes exteriores de la planta y las del cuarto frío de desechos. Seis pulgadas de aislante para el cuarto frío de congelación

y ocho pulgadas para el congelador rápido. La iluminación debe seguir el apartado 5.2.6 del RTCA 67.01.33.06.

Se analizó el movimiento de materia prima, personal y ambos (Anexos J, K y L), para el movimiento eficaz de materia prima a través de la planta, los pasillos fueron diseñados según las normas OSHA/ARAC Parte 1910.22(b) (OSHA 2009) la cual indica que deben ser mínimo 120 cm en pasillos de personal y 90 cm más que el equipo que pasa por el lugar. Estos pasillos, se toman desde una distancia prudente que no afecte la operación de los operarios. El flujo de personal de la planta y las rutas que deben tomar para llegar a cada punto de la planta y la relación entre el flujo de personal y el de material, el cual va en distintas direcciones, y permite el movimiento durante cualquier operación.

Se realizó el plano conceptual (Figura 7) en el cual se aplicó el último paso de la metodología la distribución detallada de equipos y espacios. La planta tiene un área de 905.92 m², construida en el terreno destinado por la empresa con medidas de 21.2 × 65.2 m con un área total de 1,382.24 m². Se puede observar el video¹ del concepto final el cual se realizó en Sketchup.

¹ Ver video en <https://youtu.be/4-VaEKCTDR0>

Figura 7

Diseño de plano conceptual de planta de procesamiento de camarón.



Conclusiones

Con base en un análisis de 20 factores, se determinó que el lugar adecuado para el establecimiento de la planta es en Taxisco, Santa Rosa, al lado de la producción camaronesa de la empresa Mar Adentro.

Utilizando la producción de camarón y balance de materia, se determinó que la capacidad de planta debería ser 1,800 kg/día.

Se dimensionaron las áreas de procesamiento según las necesidades de proceso y se organizaron utilizando el triángulo de Muther. Además, con un análisis de distribución de áreas con base en la distancia y el trabajo se determinó que el flujo de la planta sea una "L". Con un área total de construcción de 905.92 m².

Recomendaciones

Realizar un análisis de factibilidad previo a la elaboración de la planta.

Llevar a cabo una investigación más detallada sobre la automatización de procesos que requieren mucha mano de obra, como la operación de pelado y descabezado.

Investigar sobre subproductos de la cáscara de camarón que puedan ser aplicados a escala de una planta mediana.

Referencias

- [AGEXPORT] Asociación de Exportadores de Guatemala. 2020. Exportaciones anuales de Dorado y Camarón de Guatemala en millones de dólares. Guatemala: AGEXPORT; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <http://acuiculturaypescaenguatemala.com/estadisticas-2009-2019/>.
- Alianza Nacional de HACCP para Mariscos y Pescados para Capacitación y Educación. 2017. Ejemplo de procesamiento comercial: Camarón (de criadero), crudo congelado (según las garantías del productor o proveedor). EE.UU.: Alianza Nacional de HACCP para Mariscos y Pescados para Capacitación y Educación; [consultado el 8 de jul. de 2021]. https://www.flseagrant.org/wp-content/uploads/Shrimp_Farm-Raised-Raw-Frozen_September_2017_ES.pdf.
- Bermúdez A, Panta- Vélez R. 2019. Efectos del 4-hexilresorcinol y metabisulfito de sodio sobre la melanosis en camarones frescos (*Penaeus vannamei*). *rbio*. 6:1–13. doi:10.15741/revbio.06.e465.
- Cente García DI, Crespín Linares RA, Molina Santacruz AB. 2015. Sistema de gestión y operación para el procesamiento de camarón blanco, para la sociedad cooperativa el zompopero, ubicada en el municipio de jiquilisco, usulután, basado en la cadena de suministro [Tesis]. El Salvador: Universidad de El Salvador; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <https://tinyurl.com/ydtf8s6p>.
- Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. RTCA 67.04.50:08. No. 243 (2009).
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. Diagnóstico del sector de la pesca y la acuicultura en Guatemala. 1ª ed. Guatemala: FAO. ISBN: 978-92-5-131097-7; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <http://www.fao.org/3/ca2321es/CA2321ES.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [OMS] Organización Mundial de la Salud, [CCA] Comisión del Codex Alimentarius. 2003. Recommended international code of practice general principles of food hygiene. Rev. 4-2003. [Lugar desconocido]: CCA. p. 1–31 (CAC/RCP 1-1969). 2003; [actualizado 2003; consultado el 7 de ago. de 2021]. <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods/guideline/dl/04.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [OMS] Organización Mundial de la Salud, [CCA] Comisión del Codex Alimentarius. 2017. Norma para los camarones congelados rápidamente. Rev. 3-2017. [Lugar desconocido]: CCA. 6 p. (CODEX STAN 92-1981). 2017; [actualizado 2017; consultado el 7 de ago. de 2021]. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B92-1981%252FCXS_092s.pdf.
- Fernández A. 2017. Systematic Layout Planning (SLP): Metodología. Argentina. 8 p; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%20%202017.pdf>.
- Gillezeau B, Romero S. 2004. Sistema de costos de calidad como proceso de mejoramiento continuo. AGORA; [consultado el 8 de jul. de 2021]. 1–26. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agora/v7n13/articulo2.pdf>.
- Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas Prácticas de Manufacturas. Principios generales. RTCA 67.01.33:06. No. 176 (2006).

- [INE] Instituto Nacional de Estadística Guatemala. 2015. Proyecciones. Guatemala: INE; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <https://www.ine.gob.gt/ine/proyecciones/>.
- Lan W, Hu X, Sun X, Zhang X, Xie J. 2020. Efecto de los ciclos de congelación-descongelación sobre la calidad del camarón blanco del Pacífico. Shanghai: Global Aquaculture Alliance; [consultado el 8 de jul. de 2021]. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/efecto-de-los-ciclos-de-congelacion-descongelacion-sobre-la-calidad-del-camaron-blanco-del-pacifico/>.
- Ley del impuesto único sobre inmuebles. Decreto Número 15-98. Artículo 11 (1998).
- López RA, Henderson NR. 1989. The determinants of location choices for food processing plants. *Agribusiness*. 5(6):619–632. doi:10.1002/1520-6297(198911)5:6<619:AID-AGR2720050607>3.0.CO;2-A.
- Marking and width requirements for aisles in industrial operations. OSHA/ARAC (Part 1910.22(b)) (2009).
- [MEM] Ministerio de Energía y Minas. 2018. Energía Solar en Guatemala. Guatemala: MEM; [consultado el 7 de ago. de 2021]. 10 p. <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/11/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>.
- Muther R, Hales L. 2015. *Systematic Layout Planning*. 4 ed. Marietta, GA: Management & Industrial Research Publications. xi, diverse paginering. ISBN: 9780933684065.
- Reglamento sanitario para el funcionamiento de establecimiento de transformación de productos hidrobiológicos. Acuerdo Gubernativo No. 343-2005 (2005).
- Roszkowska E. 2013. Rank Ordering Criteria Weighting Methods – a Comparative Overview. *Optimum*. (5(65)):14–33. doi:10.15290/ose.2013.05.65.02.
- Simposio de Acuicultura Guatemala. 2017. Plantas de procesamiento: Sector acuicultura y pesca. Guatemala: AGEXPORT; [consultado el 14 de jun. de 2021]. <https://acuiculturaypescaenguatemala.com/colio-group/plantas-procesamiento/>.
- Victoria MA. 2011. Integración vertical para la cadena de valor en los agronegocios. *Estudios agrarios*; [consultado el 8 de jul. de 2021]. 17(49):71–95. <https://biblat.unam.mx/es/revista/estudios-agrarios/articulo/integracion-vertical-para-la-cadena-de-valor-en-los-agronegocios>.

Anexos

Anexo A

Justificación de evaluación de factores del Cuadro 2

Rubro de evaluado	Justificación			
	Terreno de la Empresa	Parque 1	Parque 2	Parque 3
Disponibilidad de materia prima Principal (Camarón)	0 km	55 km	87 km	68 km
Disponibilidad de mano de obra.	23,858 a 33 km (Puerto San José)	60,672 a 13 km (Escuintla)	26,106 a 3 km (Palín)	60,672 a 13 km (Escuintla)
Ubicación es cercana a lugares donde se reside o se hacen negocios actualmente.	0 km	55 km	87 km	68 km
Disponibilidad de instalaciones de tratamiento / eliminación de residuos Orgánicos (Incineración Controlada o Con calicatas y Cal)	36 km hasta basurero (Aproximado no se encontró ubicación exacta). Disponibilidad de Terrenos cercanos para Calicata.	43 km Hasta Basurero Municipal y Desechos orgánicos no se pueden tratar en la zona.	35 km hasta basurero de Zona 3, Orgánico no se puede tratar en la zona, pero existen más facilidades para incineración.	43 km Hasta Basurero Municipal. Disponibilidad de terreno para calicata.
Proximidad al mercado	122 km	72 km	36 km	71km
Disponibilidad y Calidad de Agua	Agua de Pozo	Agua de Pozo	Agua de Pozo	Agua de Pozo
Costo del terreno	(\$53 m ² + \$256.69 m ²) (1382 m ²) = \$427,992	\$784.00 (1500 m ²) = \$1,176,000	\$784.00 (723 m ²) = \$566,833	\$71.56 m ² + \$256.69 m ² (1200 m ²) = \$393,900
Proximidad a los Puertos (Puerto Quetzal)	28 km	34 km	66 km	47 km
Regulación por disposición de residuos sólidos (Regulaciones Internas)	Mediana mente cerca a Poblaciones	Parque Industrial alejado de población.	Cerca a poblaciones pero en Parque Industrial	Parque Industrial alejado de población.
Proximidad a Centros de Distribución (CENMA, Central de Mayoreo)	114 km	63 km	28 km	62 km
Capacidad de la mano de obra disponible	Cercanía a San José, Escuintla.	Mediana mente cercano a San José, Escuintla.	Zona Urbana	Lejano de San José, Escuintla.

Costo de desecho de agua.	Actualmente existe en curso un proyecto de Desecho de aguas de La camaronera (Fase 1 completa)	Tratamiento de agua se debe construir de 0	Tratamiento de agua se debe construir de 0	Tratamiento de agua se debe construir de 0
Proximidad a industrias conectadas (Camaronera)	0 Km de Camaronera	55 km de Camaronera	87 km de Camaronera	68 km de Camaronera
Estado de las Carreteras y costo de transporte	28 km hasta el Puerto Quetzal son carreteras de 2 carriles las cuales presentan una degradación rápida por el suelo Arenoso. 63 km Autopista de 4 carriles con ciertos defectos, hasta Palín donde empiezan carreteras de alta calidad.	38 km de Autopista con Ciertos defectos. Luego empiezan Carreteras de Alta Calidad. Además de 27 km de Autopista con defectos y 28 km de carretera de 2 carriles para recoger la materia Prima.	Todas las carreteras hasta el mercado son buenas. Aunque se deben pasar por 59km de Autopista con Ciertos defectos y 28 km de Carreteras de 2 carriles para llegar a la materia prima.	35 km de Autopista con Ciertos defectos. Luego empiezan Carreteras de Alta Calidad. Además de 40 km de Autopista y 28km de carretera de 2 carriles para obtener la materia prima.
Existencia de Instalación Municipal para Manejo de Residuos Sólidos	Existe, aunque está fuera del municipio. No se trata la Basura	Basurero Municipal, no se trata la basura	Basurero Nacional mínimos procesos y deficientes	Basurero Municipal, no se trata la basura.
Costo de Utilidad	122 km alejado de la ciudad --> menos prestadores de servicios.	72 km alejado de la ciudad --> menos prestadores de servicios.	Cerca de las zonas pobladas de la ciudad + prestadores de servicios, más competitivo.	71 km alejado de la ciudad --> menos prestadores de servicios.
Costo de Construcción	Transporte de Materiales desde Escuintla 66km + construcción sobre suelo arenoso.	Transporte de Materiales desde Escuintla 15km.	Se encuentra en una cercana a población y muchos comercios como ferreterías por lo que no sería un factor.	Transporte de Materiales desde Escuintla 14km.
Proximidad a otras plantas de procesamiento	A 26 km de PESCA S.A	A 36km de PESCA S.A.	A 35 km de Acuamaya S.A.	A 49 km de PESCA S.A.
Impuestos de la localidad	IUSI = 9 por millar	IUSI =9 por millar	IUSI =9 por millar	IUSI =9 por millar
Incentivos de desarrollo	No existe	Zona Franca	No existe	No existe

Anexo B

Producción de empresa Mar Adentro

Fase	Piscina	m ²	Densidad	Producción (kg/ciclo)
1	P1	2300	225	7762.5
	P2	2300	225	7762.5
	P3	2300	225	7762.5
	P4	2300	225	7762.5
	P5	2400	225	8100
2	P6	3300	225	11137.5
	P7	5600	225	18900
	P8	3600	225	12150
3	P9	4000	225	13500
	P10	4250	225	14343.75
	P11	4708	225	15889.5
4 ^a	P12	3990	225	13466.25
	P13	2240	225	7560
	P14	3600	225	12150
	P15	3600	225	12150

Nota. a: crecimiento esperado para 2021-2022.

Anexo C*Mermas y valores*

Producto	Porcentaje
Camarón	100%
Cabeza	10%
Cascara y limpieza	10%
Empanado/camarón	14.72%
Empanado/producto	13%
Glaseado Entero	10%
Glaseado Pelado	5%

Anexo D

Límites de tipos de cercanía para triángulo de Muther

Cercanía	Cantidad	Porcentaje	Teórico ^a
A	6	5.0%	2% a 5%
E	9	7.5%	3% a 10%
I	16	13.3%	5% a 15%
O	12	10.0%	10% a 25%
U	66	55.0%	N/A
X	11	9.2%	N/A
TOTAL	120	100.0%	

Nota. a: tomado de Muther y Hales (2015)

Anexo E

Personal y dimensiones por área de proceso

Área	Kg/Día	Personal	Dimensiones Aproximadas (m)
Recepción y Lavado	1800	2	5.72 x 6.48
Clasificación	1800	1	3 x 9.40
Área de Proceso Pelado, Descabezado, Empaque entero y Epanado	1935	46	9.40 x 22.8
Cuarto frío de desechos	179	1	3.54 x 2.42
IQF y Empaque	962.28	6	16.7 x 4.7
Blast Freezer	794		2 x 3
Embalaje Final	1756.29	1	8.4 x 3.65
Almacenamiento de Producto terminado	1756.29	1	11.25 x 8
Oficina	N/A	2	5.16 x 2.9
Baño mujeres	N/A		4.35 x 2.3
Baño hombres	N/A		1.83 x 3
Vestidor mujeres	N/A	45	9.62 x 4.95
Vestidor hombres	N/A	15	5.26 x 3
Comedor	N/A	18	10.95 x 4.95
Bodega de Ingredientes Secos y químicos alimentos.	27.48		2.5 x 3.2
Laboratorio de Análisis Sensorial	Muestras	1	3.2 x 3.75
Laboratorio de Microbiología	Muestras	1	4.35 x 5
Cuarto de Limpieza	N/A	0	1.22 x 3
Cuarto de Empaques y etiquetas		1	3.3 x 2
Área de cajas y Bines	N/A	1	5.72 x 2.52
Cuarto de Máquinas	N/A	1	12 x 3.6

Anexo F

Equipos en áreas de planta

Área	Medidas (m)			Cantidad
	W	L	H	
Recepción y Lavado				
Bines 1025 L	1.19	1.49	0.9	4
máquina de Hielo 2000kg	1.49	1.18	1.01	1
Balanza	0.45	0.73	0.965	1
Clasificación				
Clasificadora de Camarón	0.49	1.16	0.9	1
Área de Proceso.				
Mesas de Proceso Anchas	1.5	10	1.3	2
Bines 1025 L	1.19	1.49	0.9	4
Mesa de empanado	1.5	3	1.3	1
Mesa para empaque y pesado de camarón entero	1.5	3	1.3	1
Cuarto frío de Desechos.				
Cuarto frío de refrigeración	2.42	3.54		1
IQF y Empaque				
Mesa de Empaque	1.5	6	1.3	1
Glaseador	0.8	2	1.3	1
IQF Mecánico	3	7	3	1
Blast Freezer				
Blast Freezer	2	3		1
Embalaje Final				
Zona para poner tarima	1.03	1.21		1
Almacenamiento de Producto terminado				
Estibas	1	1.2		30
Oficina				
escritorios	0.55	1.2		2
Baños y vestidores Empleados				
Baños de Mujeres	4.35	2.3		3
Baños de Hombres	1.83	3		1
Vestidor de Mujeres	9.62	4.95		1
Vestidor de Hombres	5.26	3		1
Comedor				
mesa	2.4	1		3
Bodega de Ingredientes Secos y químicos alimentos.				
Estante de sacos y químicos.	0.5	2	2	1
Estiba de Sacos	1	1.2		1
Laboratorio Básico de AS				
freidora eléctrica	0.58	0.505	0.48	1
mesa de trabajo	0.7	1		1
Estufa eléctrica con horno	0.758	0.704	1.22	1

estante de ingredientes	0.5	2	2	1
Laboratorio de Microbiología				
Congelador de Productos	0.7	1.85	1.98	1
Lavamanos	1	0.6		1
Mesa de trabajo y Cajones	1	2		2
Cuarto de Limpieza				
Área de Escobas y químicos de limpieza	2	1		1
Cuarto de Empaques y etiquetas				
Espacio para apilar cajas Master	2	2		1
Etiquetadora	0.25	0.46		1
Área de cajas y Bines				
Área para lavar Bines	1.19	1.49		1
Bines apilados	1.19	1.49		2
Área de Máquinas				
Compresores	1.25	1.5		4
Tablero eléctrico	0.5	1	1.5	1

Anexo G

Cálculo de tiempo de congelación de bloque de camarón con fórmula PLANK, utilizando el agua de referencia

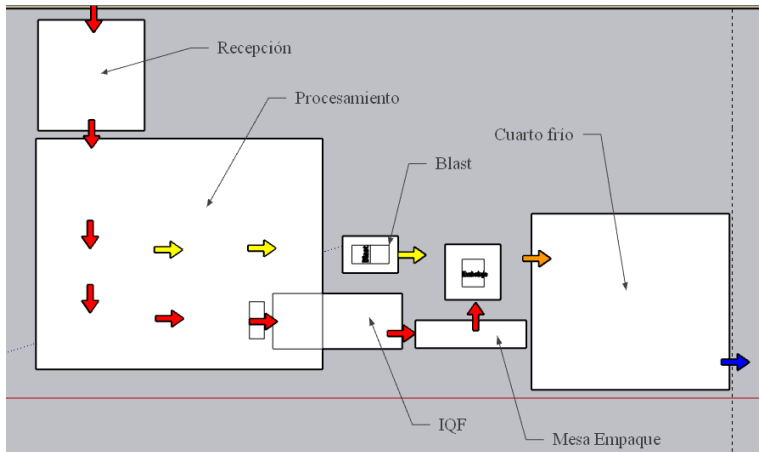
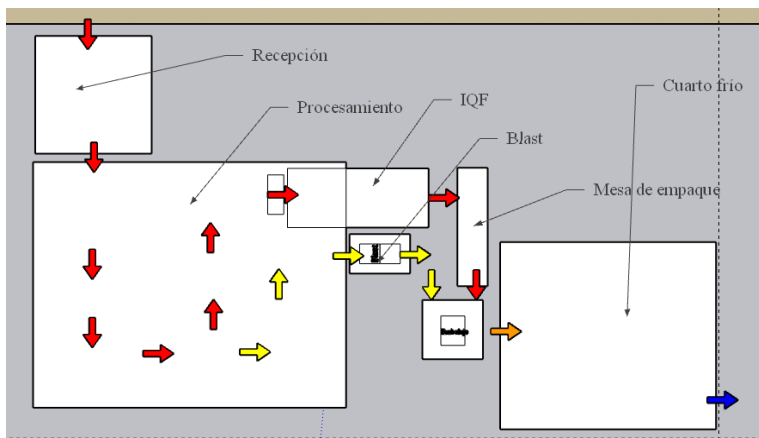
Parámetro	Valor	Unidad de medida
Densidad bajo cero	919.4	kg/m ³
Calor latente	333200	J/Kg
P	0.5	rectángulo
a (grosor)	0.052	m
h	66.56	W/m ² C°
R	0.125	rectángulo
k	2.32	W/m°C
Temperatura de inicio de congelación	0	°C
Temperatura de ambiente (Blast)	-32	°C

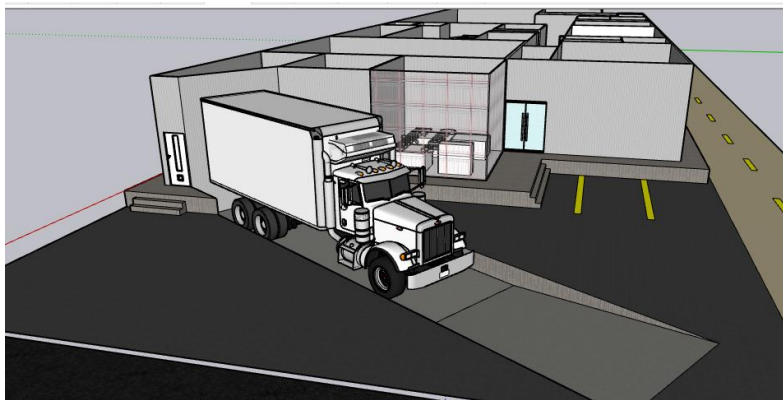
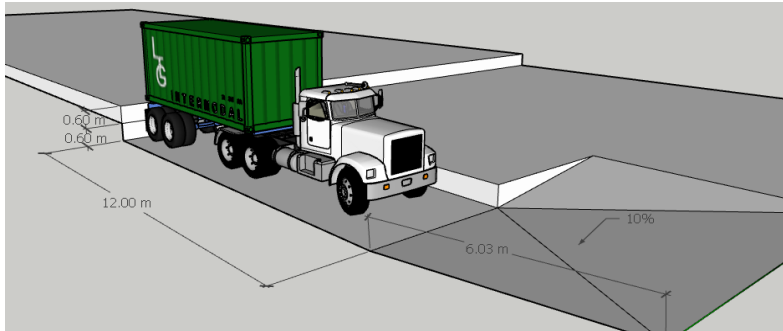
Resultados:

tiempo	5134.276	segundos
Horas	1.426188	horas
+30% de error	1.854044	horas

Anexo H

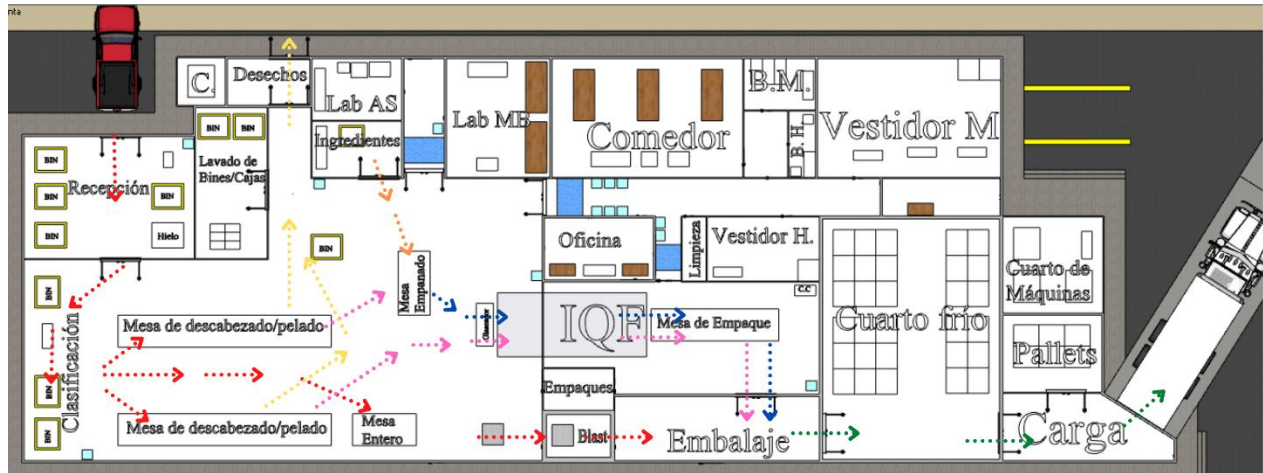
Flujos "L" y "S" para la selección de diseño según distancia y trabajo

Flujo "L"**Flujo "S"**

Anexo I*Diseño de rampa de camión de distribución*

Anexo J

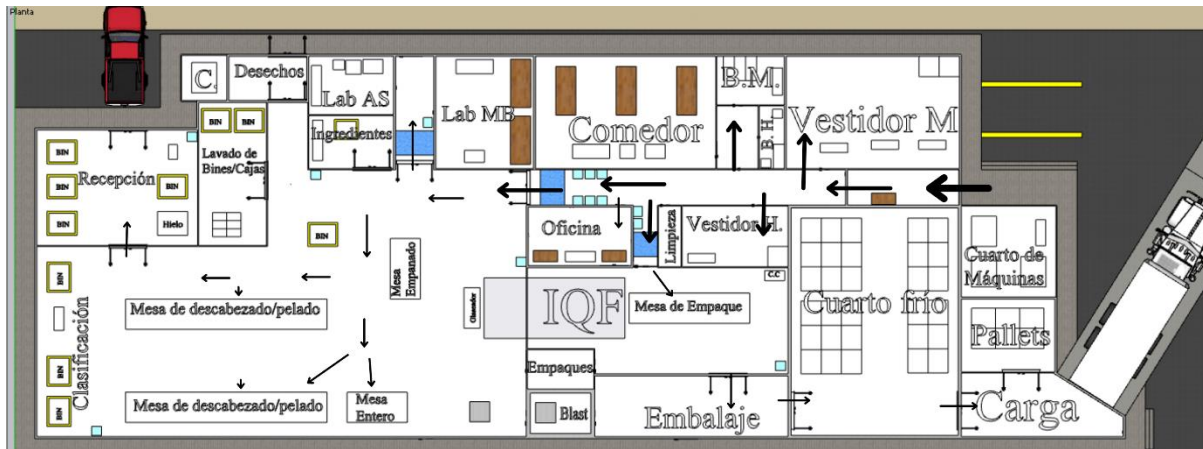
Flujo de material dentro de la planta



Nota. Flecha roja: camarón entero; Flecha rosa: camarón descabezado/pelado; Flecha azul: camarón empanado; Flecha verde: camarón empackado y embalado; Flecha naranja: ingredientes de empanado; Flecha amarilla: cáscara y cabeza de camarón.

Anexo K

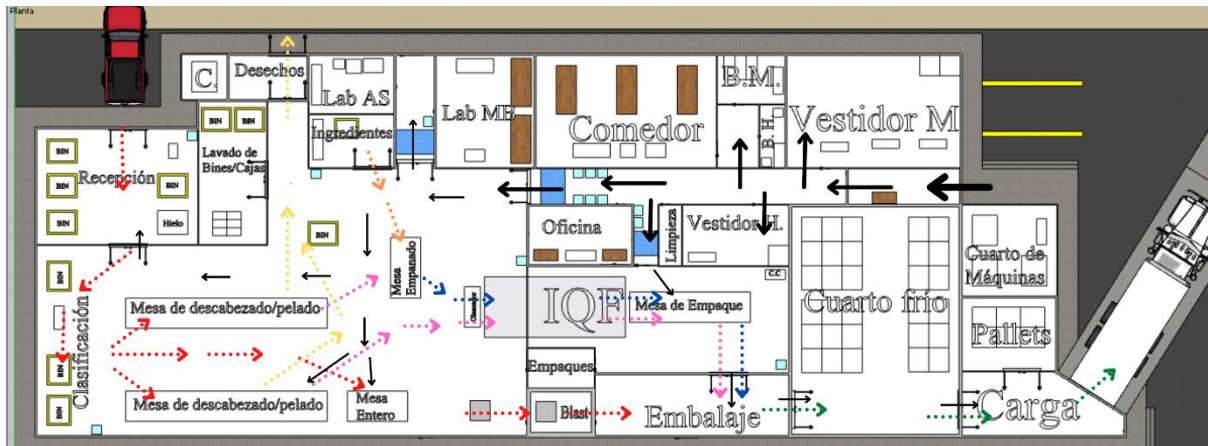
Flujo de personal dentro de planta



Nota. Flecha negra: movimiento de personal.

Anexo L

Flujo de personal y material dentro de la planta



Nota. Flecha roja: camarón entero; Flecha rosa: camarón descabezado/pelado; Flecha azul: camarón empanado; Flecha verde: camarón empaquetado y embalado; Flecha naranja: ingredientes de empanado; Flecha amarilla: cáscara y cabeza de camarón; Flecha negra: movimiento de personal.