

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA
FABRICACIÓN DE BARRAS PROTEICAS EN BASE A HARINA DE
LARVA DE TENEBRIO MOLITOR**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA

Alessandra Mirella Quintero Garibay

ASESOR

Ing. Marco Antonio Gusukuma Higa

Lima, junio de 2020

RESUMEN

Las proteínas son necesarias para la formación y reparación de tejidos, por lo tanto, son esenciales para el desarrollo y crecimiento de las personas. Estas son obtenidas de fuentes esencialmente animales, como la carne de vaca. El problema surge debido al alto impacto ambiental de la industria cárnica, por lo que es necesario contar con otras alternativas. La presente investigación tiene como objetivo general desarrollar una propuesta de distribución de planta para una empresa que elabore barras proteicas en base a harina de larva de Tenebrio Molitor (conocido como “gusano de la harina”). Para ello, se dividió el proceso en tres subprocesos: Crianza de Tenebrio Molitor, elaboración de harina de Tenebrio Molitor y elaboración de barras proteicas. Luego del análisis de factores sociales como la postura del peruano frente a la emergencia climática, el consumo de carne y el consumo de insectos, y de factores técnicos como los procesos y maquinarias necesarias para las tres partes de la planta, se plantea la propuesta inicial de distribución. Se determina, en base a las estimaciones de espacio requerido de cada maquinaria, que se requerirán 221.40 m² exclusivos para la fabricación y los almacenes referenciales. Finalmente, se realiza un análisis económico para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Se obtiene un VANE de S/ 186,643 y un TIR de 38%, por lo que se concluye que el proyecto es viable y una buena opción para inversión.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Sofía y Willy, por el gran cariño y apoyo durante no solo el presente trabajo, si no durante toda la carrera universitaria.

A mis hermanos Katherine, Alejandro y Sebastián, por permitirme sacrificar tiempo familiar para el desarrollo de este documento.

A mis amigos de H de primer ciclo por acompañarme tiempo después en el curso de Mercadotecnia Industrial: Alfredo, Káil, Junior y Marco; desde donde surgió la iniciativa y mi interés en el potencial del consumo de insectos como medida para reducir el impacto ambiental de la industria de la carne.

Al profesor César Stoll, por las asesorías durante dos ciclos para sacar adelante este tema. Lo llevaré siempre en el corazón y espero esté orgulloso del legado que dejó como el gran profesional y mentor que llegó a ser.

Al profesor Jonatan Rojas, por asumir el reto de guiar mis últimos pasos en el desarrollo de la investigación y por su constante apoyo.

Al profesor Marco Gusukuma, por su apoyo en la etapa final de aprobación y sustentación de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ENFOQUE SOCIAL.....	2
1.1 Postura del peruano frente a la emergencia climática.....	2
1.2 Postura del peruano frente al consumo de carne.....	4
1.3 Postura del peruano frente al consumo de insectos.....	6
CAPÍTULO 2: ENFOQUE TÉCNICO.....	7
2.1 Procesos necesarios para la crianza de Tenebrio Molitor	7
2.1.1 Selección de progenitores	9
2.1.2 Colocación dentro del piso superior del terrario	10
2.1.3 Recolección de huevecillos (piso inferior).....	11
2.1.4 Alimentación y cuidado de larvas (piso inferior).....	11
2.1.5 Recolección de larvas maduras	12
2.2 Procesos necesarios para la elaboración de harina de Tenebrio Molitor	13
2.2.1 Recolección de larvas maduras	14
2.2.2 Sacrificio mediante congelación	14
2.2.3 Deshidratación	14
2.2.4 Molienda	15
2.2.5 Envasado	15
2.3 Procesos necesarios para la elaboración de barras proteicas de harina de Tenebrio Molitor	16
2.3.1 Mezclado.....	17
2.3.2 Laminado y Cortado.....	18
2.3.3 Enfriamiento y secado.....	18
2.3.4 Envasado	19
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS	20
3.1 Resultados sociales	20
3.2 Resultados técnicos.....	21
3.2.1 Crianza de Tenebrio Molitor.....	21
3.2.2 Elaboración de harina de Tenebrio Molitor	24
3.2.3 Elaboración de barras en base a harina de Tenebrio Molitor.....	26
3.2.4 Traslado de materiales	28
3.3 Elaboración de DOP y DAP del proceso final.....	29
CAPÍTULO 4: PROPUESTA FINAL DE PLANTA.....	34
4.1 Balance de línea	34
4.2 Propuesta final de diseño de planta.....	35

4.3	Consideraciones	39
4.3.1	Para toda la planta:	39
4.3.2	Para la zona de crianza de Tenebrios:	39
4.3.3	Para la zona de elaboración de harina de Tenebrio:.....	40
4.3.4	Para la zona de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio:	41
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO		42
5.1	Inversión	42
5.2	Presupuestos de ingresos y egresos.....	43
5.2.1	Presupuesto de ingresos de ventas	44
5.2.2	Presupuesto de costos.....	44
5.2.3	Presupuesto de ingresos y egresos	46
5.3	Evaluación económica	46
CONCLUSIONES		49
RECOMENDACIONES.....		50
BIBLIOGRAFÍA		51



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1a: Distribución de las emisiones de GEI por categorías.	2
Figura 1b: Emisiones de la categoría Agricultura.	3
Figura 2: Composición de la dieta en Latinoamérica.	5
Figura 3: Portada de libro "Sabrosos Insectos Peruanos.	6
Figura 4: Ciclo de vida del Tenebrio Molitor.	7
Figura 5: Terrario hecho con dos contenedores de plástico.	8
Figura 6: DOP para el proceso de crianza de Tenebrio Molitor.	9
Figura 7: Venta de Tenebrios vivos en línea.	10
Figura 8: Funcionamiento de terrarios.	11
Figura 9: Tratamiento de pupas.	12
Figura 10: DOP para el proceso de elaboración de harina de Tenebrio Molitor.	13
Figura 11: Deshidratador de cinta.	15
Figura 12: Máquina envasadora de polvos.	16
Figura 13: DOP para el proceso de elaboración de barras proteicas de harina de Tenebrio Molitor.	16
Figura 14: Máquina laminadora y cortadora de barras.	18
Figura 15: Secador industrial de alimentos.	19
Figura 16: Empacadora de barras y modelo de empaque.	19
Figura 17: Envase a utilizar como terrario.	21
Figura 18: Anaquel de seis niveles referencial.	22
Figura 19: Ubicación de terrarios en anaqueles.	22
Figura 20: Funda blanca de anaquel.	22
Figura 21: Funcionamiento de recolector de pupas.	23
Figura 22: Mesa de acero inoxidable y esquema en planta.	23
Figura 23: Congelador industrial y esquema en planta.	24
Figura 24: Deshidratador de cinta.	24
Figura 25: Molino de granos duros y esquema en planta.	25
Figura 26: Máquina envasadora de polvos y esquema en planta.	25
Figura 27: Olla de cocción para azúcar.	26
Figura 28: Amasadora doble sigma y esquema en planta.	26
Figura 29: Máquina laminadora y cortadora de barras.	27
Figura 30: Secador industrial de alimentos y esquema en planta.	27

Figura 31: Envasadora industrial de alimentos.....	28
Figura 32: Diagrama de Operaciones del Proceso Final de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio molitor.....	30
Figura 33: Distribución de planta de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.....	37
Figura 34: Diagrama de recorrido de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio molitor.	38
Figura 35: Distribución de zona de crianza de Tenebrios.....	40
Figura 36: Cálculo de producción diaria.....	43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Percepciones del peruano sobre el cambio climático.	4
Tabla 2: Gramos de proteína contenidos en 100 gramos de alimentos.....	17
Tabla 3: Dimensiones de maquinaria.....	29
Tabla 4: Diagrama de Actividades del Proceso Preliminar de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.	32
Tabla 5: Diagrama de Actividades del Proceso Final de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.	33
Tabla 6: Cálculo de producción de larvas.....	34
Tabla 7: Balance de línea.....	35
Tabla 8: Inversión en activos fijos tangibles.....	42
Tabla 9: Inversión en muebles y enseres en soles corrientes.....	42
Tabla 10: Resumen inversión en activos tangibles en soles corrientes.	43
Tabla 11: Presupuesto de ventas proyectadas e ingresos en soles corrientes.	44
Tabla 12: Requerimiento de personal.	44
Tabla 13: Salarios mensuales por cargo en soles corrientes.....	45
Tabla 14: Presupuesto de mano de obra en soles corrientes.....	45
Tabla 15: Presupuesto de Material Directo e Indirecto en soles corrientes.....	45
Tabla 16: Presupuesto de Costos Indirectos en soles corrientes.....	46
Tabla 17: Utilidades brutas anuales en soles corrientes.....	46
Tabla 18: Cálculo de VAN económico.....	47
Tabla 19: Cálculo de TIR económico.....	47
Tabla 20: Cálculo de punto de equilibrio.....	47
Tabla 21: Periodo de Recuperación de Inversión.....	48

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es la principal preocupación mundial actual (Pew Research Center, 2019), debido a las terribles consecuencias que ha generado y las que podría tener si no se toman acciones correctivas. Además, esta tendencia va en aumento, generando que cada vez más, especialmente los jóvenes, opten por formas más "limpias" de realizar sus actividades, como optar por el veganismo para reducir su consumo de carne, o usar bicicletas para no quemar combustibles. Se estima que para el 2030 no será posible cubrir la demanda global de carne.

Ante esto, surge la opción de la entomofagia, que se define como la ingesta de insectos. Esta ha existido en muchas culturas y países. Por ejemplo, en Asia es común la venta de brochetas de escorpiones, y en México los Chapulines, que son similares a los grillos, son considerados un manjar, además de aportar la misma o mayor cantidad de proteína y nutrientes que la carne roja (El Souvenir, s.f.).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) promueve el consumo de insectos como fuente sostenible de proteínas, ya que la crianza de estos emite menos gases de efecto invernadero y menos amoníaco que los producidos por una explotación ganadera tradicional como las de ganado bovino o porcino. Además de esto, necesitan menos superficie de terreno y agua para desarrollarse y su producción en granjas de insectos es mucho más sencilla (FAO, s.f.).

Este modelo es aplicable al Perú, tomando en cuenta que los peruanos están en busca de nuevas maneras de consumir sus alimentos (NIELSEN, 2016), además de tener cada vez mayor interés en la calidad de su alimentación y el impacto que tienen sus acciones sobre su futuro y el de los demás.

CAPÍTULO 1: ENFOQUE SOCIAL

En esta sección, se presentará la postura que tiene el peruano frente a la inminente crisis ambiental, y al inevitable cambio de dieta hacia opciones más sustentables y amigables con el ambiente.

1.1 Postura del peruano frente a la emergencia climática

En la Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, se ratifica el compromiso del Perú para sentar las bases para un desarrollo sostenible, inclusivo, bajo en carbono y resiliente al clima.

En la figura 1a, se observa que el 15.65% de las emisiones de gases de efecto invernadero son originados por el sector Agricultura. Asimismo, en la figura 1b, se aprecia que el 35.52% de esta categoría, se atribuye a procesos de fermentación entérica, relacionados principalmente con la digestión del ganado vacuno (Ministerio del Ambiente, 2019). Esto indica que el problema de la contaminación por crianza de ganado vacuno es relevante con respecto a las emisiones de GEI y requiere que tomemos acción para reducir su impacto.

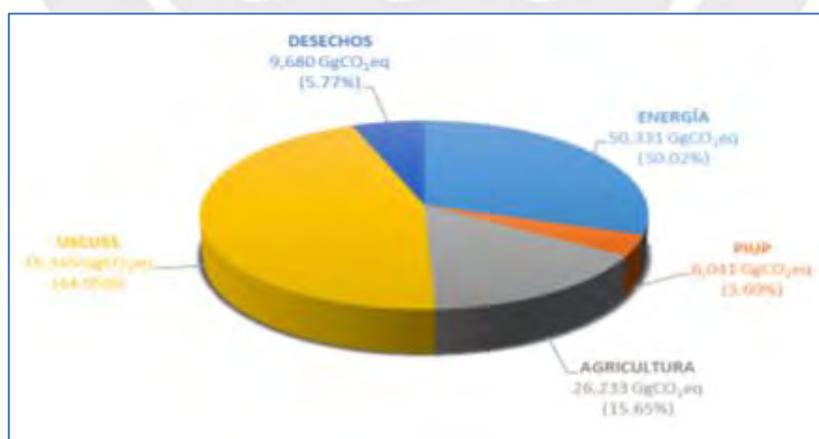


Figura 1a: Distribución de las emisiones de GEI por categorías.

Fuente: Ministerio del Ambiente.

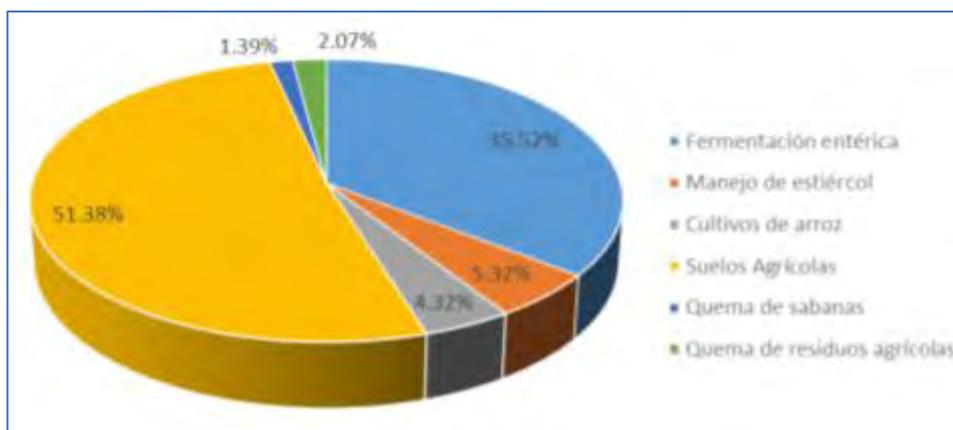


Figura 1b: Emisiones de la categoría Agricultura.
Fuente: Ministerio del Ambiente.

Con respecto a los avances en sensibilización de los peruanos frente al cambio climático, en el mismo documento se presentan los resultados de un estudio de opinión pública para medir el conocimiento y actitudes de la ciudadanía peruana frente al cambio climático (Ministerio del Ambiente, 2019). El estudio se aplicó a 1200 personas en 17 ciudades del país. Los resultados más importantes fueron que el 65% de la población percibe la gravedad del cambio climático, el aumento en el reconocimiento del factor antropogénico del cambio climático de un 34% a un 44% entre julio del 2014 a enero del 2015, y que el 50% de las personas relacionan el cuidado del medio ambiente con acciones relacionadas a la basura. Específicamente, se piensa en: no arrojarla a la calle (52%) y no quemar basura (45%). Una tercera parte menciona temas en reciclaje (37%) y el cuidado del agua (34%).

Similarmente, se realizó un estudio llamado “Conocimiento y percepción del peruano sobre el cambio climático a nivel nacional”, aplicado 1570 personas (Ministerio del Ambiente, 2017).

Los resultados más resaltantes se pueden apreciar en la Tabla 1:

Tabla 1: Percepciones del peruano sobre el cambio climático.

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Ítem	Resultado
1	El 92% de la población ha escuchado sobre el cambio climático, cobrando mayor fuerza y conciencia en la población de Lima y Callao (95%).
2	La población reconoce que los cambios radicales de temperatura, la contaminación ambiental y el debilitamiento de la capa de ozono son aspectos íntimamente relacionados a ello.
3	Al ser consultados, resaltan dos causas: emisión de gases de transporte, de fábricas y la acumulación de basura.
4	En general, la población nacional reconoce que los efectos del cambio climáticos son contraproducentes para el desarrollo del país y de sus ciudadanos. Consideran importante la intervención del estado para frenar dichos efectos.
5	La población nacional percibe que se debe actuar con urgencia en tres sectores específicos: agua, salud y agricultura. Esto debe realizarse a través de campañas informativas que ayuden a concientizar sobre la importancia del reciclaje y el ahorro del recurso hídrico.

Por lo presentado, se puede afirmar que aún queda mucho trabajo por hacer respecto a la sensibilización de la población peruana frente al cambio climático. Sin embargo, también puede apreciarse que gran parte de ella percibe los efectos de este y por ello consideran necesario tomar acción. Se percibe que la población considera que el trabajo del MINAM es insuficiente.

1.2 Postura del peruano frente al consumo de carne

El Ministerio de Salud del Perú promueve el consumo de carne para combatir la anemia infantil por su alto contenido de hierro hemínico, caracterizado por su fácil absorción (Ministerio de Salud, 2020) . Esto se debe a que el Perú ocupa el último puesto en consumo de carne vacuna en Sudamérica (Industria Avícola, 2020), además de llegar a cifras de anemia de 43.6% en niños menores de 3 años (Zavaleta, 2017).

El consumo de carne es necesario para mantener unos niveles mínimos de hierro en la sangre, así como de proteína. Para adultos saludables de ambos sexos, el requerimiento promedio es 0.66 gramos de proteína/kg de peso por día, por lo que, considerando la eficiencia de utilización de la proteína en la dieta humana, se recomienda un consumo de 0.83 gramos de proteína/kg de peso por día (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Si bien el consumo de la cantidad necesaria de proteínas diaria no es una preocupación actual, sí lo es el alza de precios de la carne (fuente más usual e importante de proteína), además de la creciente preocupación por la búsqueda de maneras de cuidar la salud y al planeta.

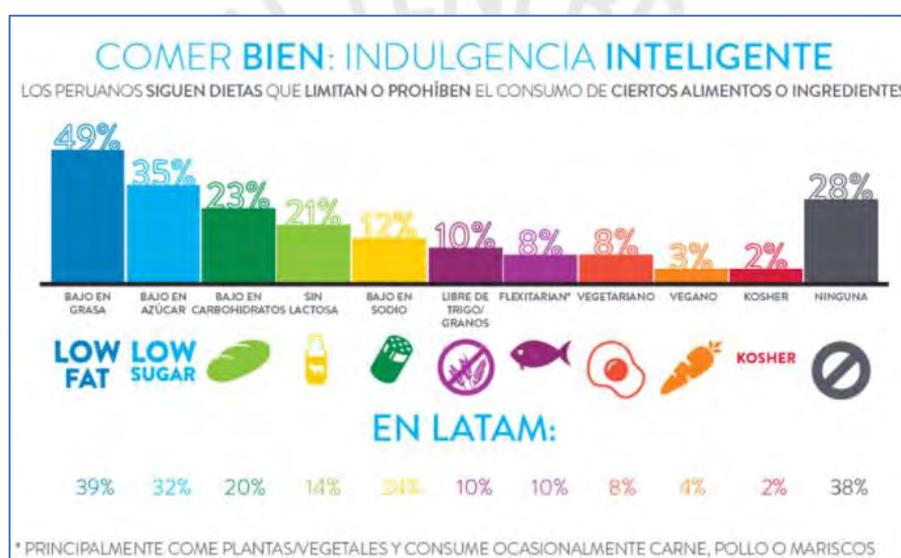


Figura 2: Composición de la dieta en Latinoamérica.
Fuente: NIELSEN.

Según el estudio “¿Qué hay en nuestra comida y en nuestra mente?” (NIELSEN, 2016), en el mundo, el 20% de los encuestados refieren que tratan de evitar el consumo de carne roja. La razón detrás de ello es el impacto que esta pudiese tener sobre la salud, ya que estos podrían ser perjudiciales. Específicamente, en el Perú, como se observa en la figura 2, el 8% de los encuestados declararon ser vegetarianos, mientras que el 3% son veganos. Asimismo, un 8% es *Flexitarian* (dieta en donde se ha reducido el consumo de carne, pero no se ha eliminado del todo). En total, un 19% de los encuestados asegura no consumir (al menos de manera continua)

carne roja. Este escenario ofrece grandes oportunidades, ya que estas personas requieren suplir sus necesidades de proteínas mediante el consumo de proteínas de origen alternativo, tales como las provenientes de los frutos secos y legumbres.

1.3 Postura del peruano frente al consumo de insectos

Según la vocera del Colegio de Nutricionistas, en Perú falta investigación en relación al consumo de insectos (Agraria.pe, 2019). Sin embargo, en la práctica, muchas comunidades, especialmente en las regiones amazónicas, los consume regularmente en su dieta, razón por la cual sí se tienen precedentes importantes desde donde empezar a abordar el tema.

Por ello, actualmente se realizan conferencias y convocatorias para alentar la investigación en este campo, ya que en el futuro será necesario contar con información para plantear soluciones a la falta de proteína en la ingesta de las personas, tomando en cuenta el impacto ambiental y el costo de estas. Un gran exponente de lo que puede lograrse con la investigación en el Perú, es el libro “Sabrosos insectos peruanos”, publicado en junio del 2019, cuya portada está en la figura 3. Esta investigación es sumamente ilustrativa, ya que incluye diversos ángulos investigativos, como son el antropológico, el químico y el gastronómico (Ocampo, y otros, 2019). Asimismo, sería conveniente acelerar este cambio de mentalidad para poder aplicar lo más pronto posible, las iniciativas con el fin de reducir el hambre en las comunidades que sufren de pobreza extrema en el país.

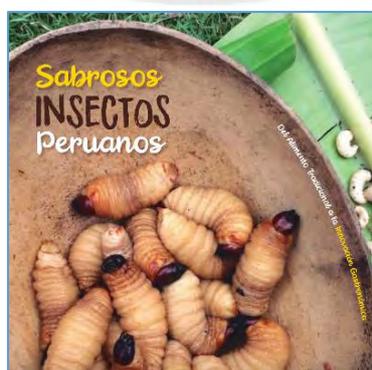


Figura 3: Portada de libro "Sabrosos Insectos Peruanos.
Fuente: Ministerio del Ambiente.

CAPÍTULO 2: ENFOQUE TÉCNICO

En esta sección, se recopilará la información necesaria de los procesos, para posteriormente dimensionar y proponer la estructura de una planta de crianza y fabricación de harina de insecto. Adicionalmente, luego de producir la harina, esta se usará como insumo para la elaboración de barras proteicas, que incluirán cereales andinos para aumentar el contenido de proteína del producto. Por ello, es también importante definir los procesos para la elaboración de dichas barras.

Se escogió como especie de insecto al *Tenebrio Molitor* (gusano de la harina o gorgojo), ya que es una especie altamente versátil y que puede criarse en laboratorios (incluso en criaderos domésticos), además de su alto contenido proteico. Asimismo, es una especie con un amplio periodo en estado de larva, como se observa en la figura 4, por lo que se manejan mejor las etapas de “cosecha” de larvas.

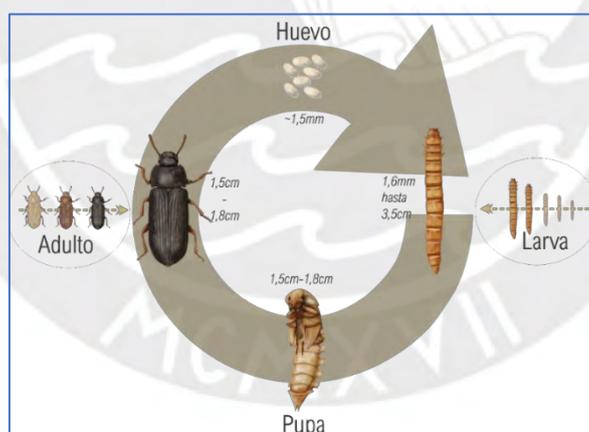


Figura 4: Ciclo de vida del *Tenebrio Molitor*.
Fuente: ecoProten.

2.1 Procesos necesarios para la crianza de *Tenebrio Molitor*

Antes de comenzar con la crianza de *Tenebrio Molitor*, se debe acondicionar el espacio donde van a vivir. Para ello, la base es contar con terrarios, que pueden estar hechos de distintos materiales, aunque se prefiere el plástico o el PVC, dada su durabilidad. Es necesario que el

contenedor tenga una tapa con agujeros para que pueda circular el aire. Se debe cubrir con una tapa o una malla fina para prevenir la entrada de depredadores. No es necesario preocuparse por que escapen las larvas, ya que estas no pueden escalar superficies lisas. En la figura 5 se observa la estructura básica de un terrario de dos pisos.



Figura 5: Terrario hecho con dos contenedores de plástico.
Fuente: Mech Ninji (Youtube).

El terrario debe ser de al menos dos pisos: en el piso superior, se colocarán los escarabajos adultos. Este contenedor tiene una base de malla, por lo que cuando los escarabajos pongan huevecillos, estos caerán a la zona inferior. Allí, los huevos eclosionarán y crecerán hasta su etapa de cosecha. Es necesario que ambos pisos cuenten con pienso (alimento para las larvas). El pienso puede consistir en salvado de trigo, alimento de pollo, avena e incluso residuos orgánicos, como cáscaras de fruta o pan (Terratropoda, 2013). Una vez se hayan depositado los huevos en la zona inferior, se procede a mover el piso superior a otro contenedor sin huevecillos. A medida que los adultos mueren, se retiran de los pisos superiores y se colocan larvas maduras para que crezcan y continúen colocando huevecillos. De esta forma, se completa el ciclo.

A continuación, se listarán las etapas en el funcionamiento de una granja para la crianza de *Tenebrio Molitor*, según el siguiente Diagrama de Operaciones de Proceso en la figura 6:

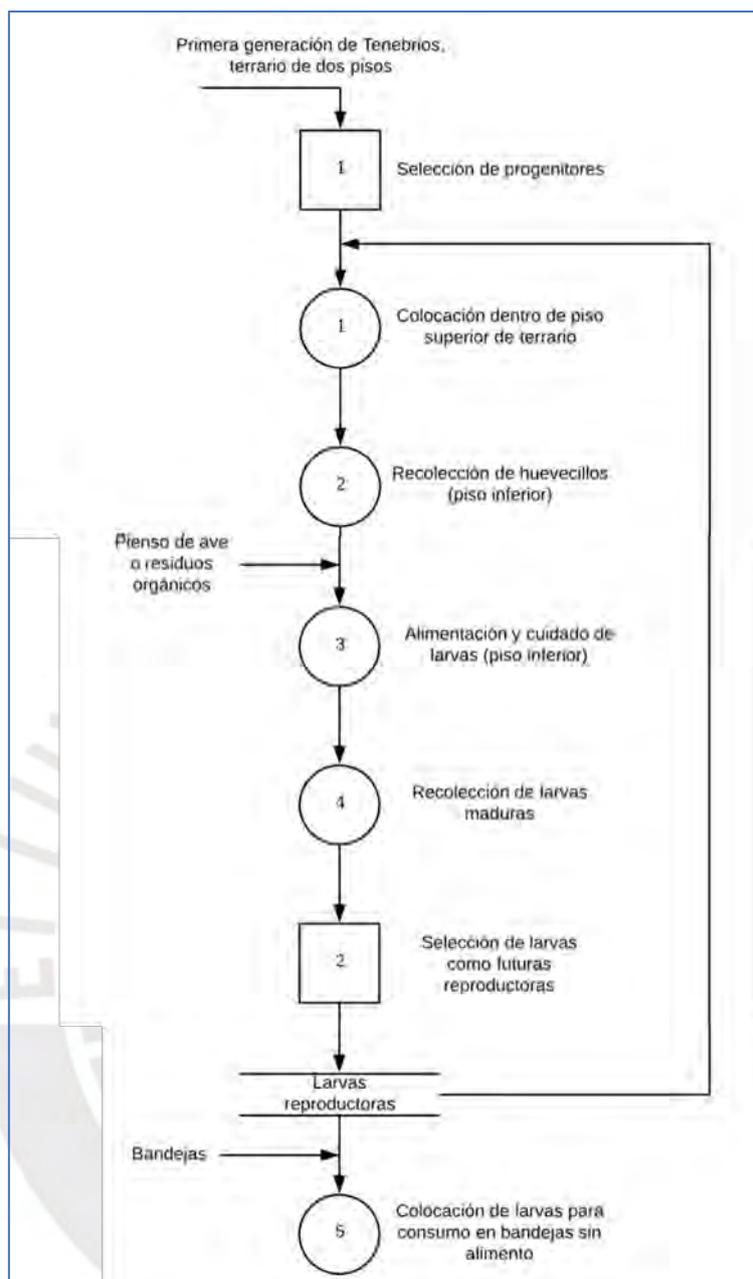


Figura 6: DOP para el proceso de crianza de Tenebrio Molitor.

2.1.1 Selección de progenitores

El primer paso para la crianza de cualquier especie es conseguir una primera generación, desde donde se podrá obtener descendencia suficiente para poblar la granja (Tenebrio Molitor: El gusano de la harina., s.f.). Hay dos opciones para ello:

- Comprar larvas: Las larvas de Tenebrio Molitor suelen venderse en tiendas para mascotas, pues sirven de alimento para aves y peces. Se cuenta con un ejemplo en la figura 7. Si se escoge esta opción, se debe esperar a que alcancen la edad adulta.
- Recolectar ejemplares desde su hábitat natural. Dado que se recolectan especies adultas, se pueden usar como reproductores de manera directa.



Figura 7: Venta de Tenebrios vivos en línea.
Fuente: Insectos vivos Don Tenebrio (página web).

2.1.2 Colocación dentro del piso superior del terrario

En la figura 8 se muestra un esquema del funcionamiento de un terrario de dos pisos. Se colocan a los progenitores en el piso superior de uno de los terrarios. Este debe contener pienso para que puedan alimentarse. El piso superior cuenta con una base hecha de malla desde donde caerán los huevos. Se puede colocar una tapa de malla para evitar el ingreso de depredadores. Asimismo, la tapa y los lados de los envases deben tener agujeros pequeños para la ventilación, caso contrario pueden formarse hongos. Adicionalmente, el terrario debe guardarse en una zona oscura, ya que los Tenebrio son seres nocturnos (Cléries, 2019).

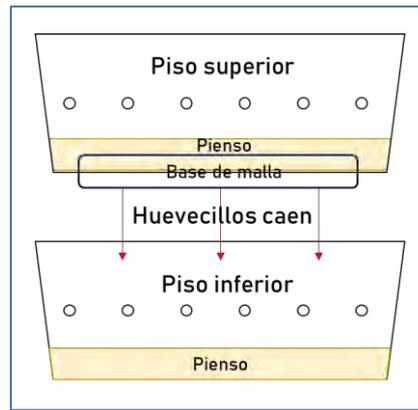


Figura 8: Funcionamiento de terrarios.

2.1.3 Recolección de huevecillos (piso inferior)

Una vez se han depositado los huevecillos, se retira el piso superior, que contiene los escarabajos adultos, y se coloca sobre la parte inferior de otro terrario, con el fin de dejar más huevecillos en este otro. De esta forma, se obtiene un contenedor con pienso y huevecillos que no tardarán en eclosionar. En cada puesta, una sola hembra coloca entre 50 y 150 huevos, además de tener entre una y tres puestas a lo largo de su vida (Terratropoda, 2013).

2.1.4 Alimentación y cuidado de larvas (piso inferior)

Una vez se tienen los contenedores con huevos, estos eclosionarán dentro de los 7 a 10 días posteriores. Al nacer, las crías se alimentarán del pienso dentro del contenedor. Este suele conformarse de cereales, como la avena o el trigo, dado su bajo costo. Asimismo, se pueden incluir suplementos proteicos, como alimento de pollo. No se suministra agua, ya que esta puede ser obtenida a partir de alimentos húmedos, que se suministran casi al final de la etapa de maduración de las larvas, para mejorar su sabor y contenido nutricional, además de ahorrar costos en alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013). Un ejemplo puede ser agregar una zanahoria en el contenedor una semana antes de la cosecha, ya que esta contiene 89% de agua. De esta forma, se impacta de manera positiva en el sabor de la larva.

Por otra parte, es necesario supervisar las condiciones en las que se crían las larvas, ya que son sensibles a la temperatura y humedad. La temperatura debe estar entre 25 y 32 °C, y la humedad relativa debe ser entre 40 y 80% (Cléries, 2019). En específico, es de vital importancia mantener los niveles de humedad en los adultos reproductores, ya que favorece la fertilidad y actividad de los mismos.

Es importante mencionar que es necesario realizar una limpieza semanal de los contenedores, con el fin de reducir la contaminación. Se retiran los alimentos que pudiesen pudrirse, así como larvas muertas, exoesqueletos de pupas y excremento, usualmente con la ayuda de coladores manuales, o mediante aspiradores gentiles.

2.1.5 Recolección de larvas maduras

Finalmente, se recolectan las larvas en estado maduro que han alcanzado su máximo tamaño. Estas viven entre 45 y 60 días, antes de pasar a pupa (etapa anterior a la adultez), por lo que se deben recolectar antes del fin de ese periodo. Suele darse el caso que se generen pupas a edad temprana, estas se recogen manualmente y se separan en contenedores donde solo haya pupas o escarabajos adultos, ya que las larvas pueden llegar a canibalizar las pupas. Esta separación puede hacerse agregando un altillo dentro del contenedor superior, donde se colocarán las pupas. Cuando se conviertan en escarabajos, romperán la pupa y se dirigirán a la zona debajo del altillo, pues es una zona más oscura. Luego, se podrán recoger los adultos y serán usados como progenitores. Se presenta un ejemplo de altillo en la figura 9.



Figura 9: Tratamiento de pupas.
Fuente: Rancher Mike (youtube).

Es importante mencionar que las larvas maduras obtenidas tienen dos destinos: pueden usarse como insumo para otros procesos (como materia prima de harina o enteras, como alimento para animales o humanos), o pueden usarse como nuevos progenitores.

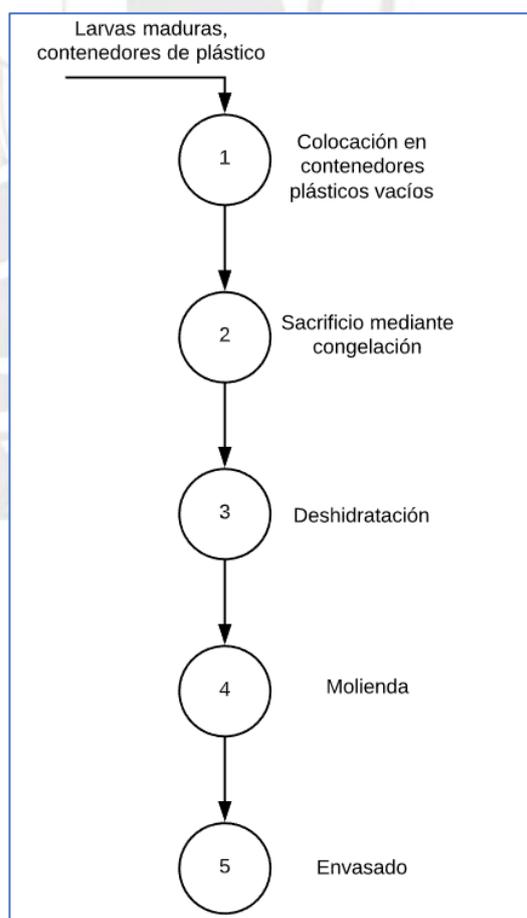
Dado que el fin de la granja en cuestión es el consumo humano, es vital destacar que la segunda generación (la obtenida de los primeros huevecillos) no puede usarse para el consumo humano, ya que no se ha tenido control sobre la crianza de los progenitores. Es posible que estos hayan sido alimentados con residuos en descomposición o hayan sido expuestos a químicos en herbicidas. Por ello, con el fin de reducir el riesgo que estos presentan, se aconseja usar las larvas a partir de la tercera generación.

2.2 Procesos necesarios para la elaboración de harina de Tenebrio Molitor

El objetivo de la granja para la crianza de larvas de Tenebrio Molitor expuesta en la sección anterior, es utilizar las larvas para la elaboración de harina. Esta tiene diversos usos en el consumo humano, como aditivo en panes, batidos, jugos, etc.; además de los usos tradicionales, como alimento para aves o peces.

Para ello, tomamos como punto inicial la obtención de larvas maduras de la granja. Se seguirá como guía el DOP mostrado en la figura 10.

Figura 10: DOP para el proceso de elaboración de harina de Tenebrio Molitor.



2.2.1 Recolección de larvas maduras

Las larvas maduras recolectadas de la granja son colocadas en contenedores plásticos, sin alimento, durante un día entero, para que culminen de digerir los alimentos que consumieron. De esta forma, se depura su tracto digestivo, ya que no se puede limpiar de otra forma (Reyes, s.f.). Luego de este periodo, se colocan en un colador manual y se lavan con agua y una ligera cantidad de cloro, a temperatura ambiente, con el fin de remover los últimos rastros de alimento o excremento. Posteriormente, se secan con la ayuda de hojas de papel absorbentes, sobre bandejas metálicas.

2.2.2 Sacrificio mediante congelación

Las larvas limpias y secas se colocan en envases de vidrio secos y se almacenan en congeladores a $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su sacrificio. Esta forma de sacrificio humanitario permite que se conserven mejor las propiedades alimenticias del alimento, además de reducir el “dolor” por el que pasarían si fuesen sacrificados a temperaturas altas (hipertermia). El sacrificio por congelación es más aceptado en la comunidad científica-industrial, ya que funciona como un proceso de adormecimiento, es decir, no se inducen cuadros de dolor agudo (Close, y otros, 1996).

Pasadas 24 horas en congelación, se retiran de los congeladores y se dejan a temperatura ambiente en las bandejas que se colocarán dentro de las máquinas deshidratadoras.

2.2.3 Deshidratación

Las larvas son deshidratadas en hornos deshidratadores de cinta a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 6 horas (Medina Millán, 2020). Reducir el contenido de agua de las larvas es esencial para alargar su vida útil y reducir la formación de hongos. Además, mediante el calor se eliminan los posibles microbios que pudiesen contener. Se cuenta con una foto de la máquina en la figura 11.



Figura 11: Deshidratador de cinta.
Fuente: Jinan Saibainuo Machinery.

2.2.4 Molienda

Para la molienda, que consiste en reducir el tamaño de partícula de la sustancia, se utilizan molinos industriales (o incluso molinos de café). Se colocarán dentro las larvas deshidratadas y se procederá a moler durante 30 minutos, hasta obtener un polvo fino. Este es el producto final de esta sección. Se utilizan diversos tamices para remover los granos excesivamente grandes. Estos son reprocesados o desechados.

2.2.5 Envasado

Finalmente, se recoge lo obtenido del molino y se coloca dentro de envases limpios de plástico, con el fin de congelarlos para su mejor conservación. Esta harina puede envasarse en contenedores individuales y utilizarse directamente para la preparación de alimentos como panes, pasteles, batidos, etc., o como insumo para preparar otros productos industriales, como pastas de fideos, barras proteicas, galletas, etc.

Si, por ejemplo, se fuese a vender la harina en presentaciones personales de 200 gramos, el envasado se realiza mediante una máquina envasadora de polvo como la de la figura 12, a la que se le administran las bolsas y la harina mediante una tolva. La máquina abre las bolsas, llena con la cantidad adecuada de polvo y las sella térmicamente. Estas máquinas son altamente eficientes, por lo que se asegura un producto de gran calidad.

En el caso en estudio, la harina se utilizará como insumo para el proceso de elaboración de barras proteicas, por lo que los envases de plástico deberán ser guardados en un congelador dentro del almacén de productos intermedios.



Figura 12: Máquina envasadora de polvos.
Fuente: BairesPack (youtube).

2.3 Procesos necesarios para la elaboración de barras proteicas de harina de Tenebrio Molitor

El proceso de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor consiste en 5 operaciones: mezclado, laminado, enfriamiento, cortado y envasado. Se explicará mediante el DOP presentado en la figura 13.

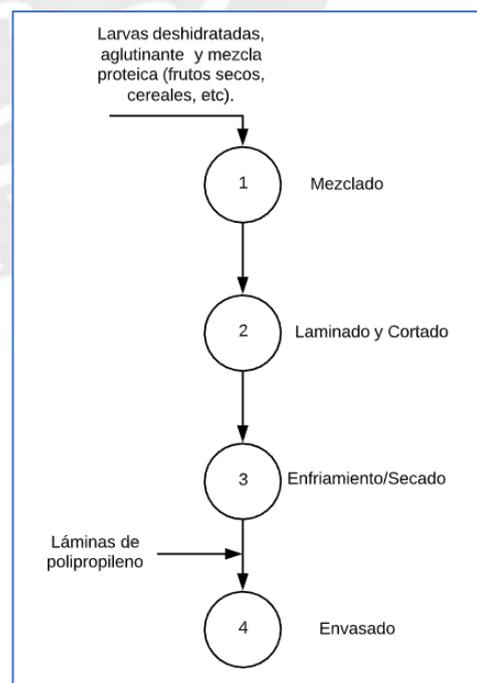


Figura 13: DOP para el proceso de elaboración de barras proteicas de harina de Tenebrio Molitor.

2.3.1 Mezclado

Una vez que se han escogido los insumos que se utilizarán para preparar la barra proteica, estos se deben integrar. Se pueden utilizar frutos secos, cereales, azúcar, mermelada, etc. Se puede aprovechar la cantidad de proteínas que llevan alimentos como la kiwicha (16 g por cada 100 g) y la avena (14 g por cada 100 g), como se observa en la tabla 2.

También se debe considerar la cantidad de calorías que aporta cada ingrediente, pues lo que se desea es obtener un suplemento alimenticio para deportistas, por lo que mayor contenido calórico es beneficioso (se observa en la tabla 2 la cantidad de calorías y los gramos de proteínas por cada 100 g de alimento).

Tabla 2: Gramos de proteína contenidos en 100 gramos de alimentos.
Fuente: Sabor mediterráneo (web) y Salud Natural (web).

FUENTES ANIMALES	Calorías	Proteínas
Pollo	75	24
Atún	101	25
Chuleta	203	18
Filete	194	19
Yogurt griego	59	9
Leche	65	4
FUENTES VEGETALES	Calorías	Proteínas
Almendra	499	16
Avellana	625	13
Cacahuete	452	20,4
Castaña	349	4,7
Ciruela pasa	177	2,2
Dátil seco	256	2,7
Higo seco	270	3,5
Nuez	670	15,6
Piñón	568	29,6
Pistacho	600	-
Uva Pasa	301	1,9

Para mantener unida a la mezcla, se usa un aglutinante. Este puede ser miel o azúcar común, que además ayudarán a dar un sabor dulce y agradable a la barra. Se ha estimado a

grandes rasgos que el 40% en peso de la barra será aglutinante, en vista que este es la ratio usual en barritas energéticas (Olivera, y otros, 2012). Se debe mezclar el aglutinante con la mezcla de ingredientes secos hasta formar una masa homogénea.

2.3.2 Laminado y Cortado

La mezcla obtenida será vaciada en una máquina laminadora y cortadora de barras proteicas, como se aprecia en la figura 14. Esta cuenta con un rodillo que dará forma y un cortador, que darán la forma final a la barra, por lo que a la salida se tendrán barras listas para ser enviadas a la zona de secado.



Figura 14: Máquina laminadora y cortadora de barras.
Fuente: Alibaba.com (web).

2.3.3 Enfriamiento y secado

Luego de obtenidas las barras cortadas, éstas serán acomodadas en las bandejas de secado e introducidas en secadores de alimentos, como se observa en la figura 15. Es importante reducir la humedad de la barra para extender su tiempo de vida útil y reducir la cantidad de conservantes. Luego de 30 minutos de secado a 105°C (Olivera, y otros, 2012), las barras serán enviadas a la zona de envasado.



Figura 15: Secador industrial de alimentos.
Fuente: Alibaba (web).

2.3.4 Envasado

Para envasar las barras listas, estas son introducidas en una empacadora automática. A esta solo se le debe suministrar láminas de polipropileno biorientado (BOPP), como se aprecia en la figura 17. Al final de la línea, se colocarán las barras dentro de cajas de cartón para su posterior traslado al almacén de productos terminados.



Figura 16: Empacadora de barras y modelo de empaque.
Fuente: Bafu Spanish (Youtube) y ENA Sports (tienda en línea).

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se evaluarán los resultados sociales y técnicos. Primero, se mostrarán los resultados obtenidos del estudio social. Segundo, en base a la información recopilada sobre los procesos necesarios para elaborar la barra proteica en base a Tenebrio Molitor, se detallarán las operaciones a utilizar, así como el equipo y la maquinaria que será necesario adquirir para implementar la máquina piloto. Finalmente, se elaborarán los diagramas necesarios para realizar el posterior diseño de la planta.

3.1 Resultados sociales

Luego de analizar a la población peruana, se aprecia un incremento en la preocupación por el medio ambiente y por el cuidado de la salud, lo que podría originar mayor predisposición por aceptar alternativa de origen alternativo. Asimismo, se conoce que la creación de una industria dedicada a la producción de proteína de insecto traería múltiples beneficios, como la generación de trabajo, menor impacto ambiental que afecte a comunidades vecinas, etc.

Asimismo, desarrollar nuevas fuentes sustentables de proteínas contribuye a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, en especial a:

- ODS 1 (Fin de la pobreza): Al ser una fuente de trabajo.
- ODS 2 (Hambre cero): Al contribuir para la seguridad alimentaria.
- ODS 12 (Producción y consumo responsables): Al promover mayor conciencia del impacto del consumo de la carne de vaca.
- ODS 13 (Acción por el clima): Al reducir la cantidad de gases de efecto invernadero que se emite al generar la misma cantidad de proteína.

3.2 Resultados técnicos

Se abarcarán los procesos detallados en el capítulo anterior. Se tendrá una zona dedicada a la crianza de Tenebrio, otra para la elaboración de la harina y otra para la elaboración de las barras proteicas.

3.2.1 Crianza de Tenebrio Molitor

Para tener una granja funcional de Tenebrio Molitor, se debe contar con numerosos terrarios, cada uno conteniendo pienso para que las larvas puedan alimentarse. Estos terrarios serán colocados en anaqueles que serán cubiertos con fundas para reducir la cantidad de luz que reciben las larvas y escarabajos adultos, debido a que favorece su crecimiento y reproducción.

El terrario consistirá en dos cajas plásticas rectangulares colocadas una sobre otra, según las especificaciones del punto 2.1. La caja superior cuenta con una base de malla por donde caerán los huevecillos. Como candidato, se muestra la caja rectangular de ReyPlast en la figura 18, que cuenta con un alto de 14 cm, un largo de 54.9 cm y un ancho de 38.1 cm. Estas medidas son importantes para seleccionar el tamaño de anaquel necesario.



Figura 17: Envase a utilizar como terrario.
Fuente: Reyplast (web).

Debido a que se requiere un anaquel que pueda sostener 5 terrarios anchos por piso, en anaquel será enviado a hacer, similar al de la figura 19, pero con 10 pisos más cortos, cada uno

de aproximadamente 18 cm de alto. Las dimensiones a utilizar se detallan en la figura 20. De esta forma, se ahorrará espacio al aprovechar el espacio vertical, acomodando 50 terrarios por anaquel.



Figura 18: Anaquel de seis niveles referencial.
Fuente: Esmelux (web).

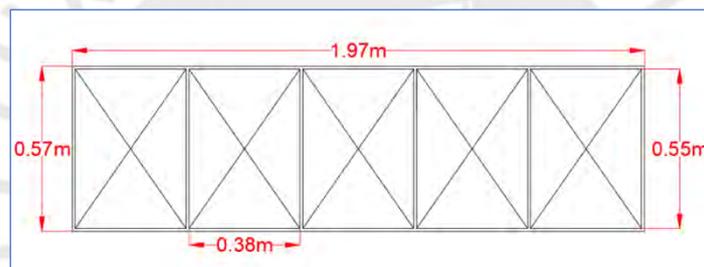


Figura 19: Ubicación de terrarios en anaqueles.

Asimismo, se utilizarán fundas oscuras como la figura 21 para cubrir los anaqueles, de manera que se reduzca la cantidad de luz que incide directamente sobre las larvas y escarabajos, ya que estos presentan fotofobia y suelen reducir su ritmo de reproducción.



Figura 20: Funda blanca de anaquel.
Fuente: ManoMano (web).

Además de los terrarios y anaqueles, será necesario contar con superficies para la extracción de pupas, así como un área para la crianza de escarabajos adultos reproductores. Para ello, se destinará un anaquel exclusivo para la crianza de reproductores. Con respecto, a las mesas necesarias, se dispondrán de mesas metálicas industriales, donde se prepararán las mezclas de pienso para alimentar a las larvas, así como la extracción de pupas, usando un dispositivo que cuenta con ranuras que permiten el paso de larvas, pero no de las pupas, se muestra un modelo en la figura 22. Esto se detalló en el punto 2.1.5.



Figura 21: Funcionamiento de recolector de pupas.
Fuente: Rancher Mike (Youtube).

Finalmente, se deberá contar con estantes para colocar los implementos que puedan necesitarse, como los aspiradores para retirar los residuos (cambios de piel, residuos orgánicos, etc.), tachos de basura, implementos de limpieza, envases para la recolección de larvas maduras, etc. Se deberá contar también con un lavabo para el lavado de manos de los encargados o para la limpieza de superficies. Se aprecia la mesa requerida en la figura 23.



Figura 22: Mesa de acero inoxidable y esquema en planta.
Fuente: Aceros y molduras (web).

3.2.2 Elaboración de harina de Tenebrio Molitor

Para elaborar la harina de Tenebrio, se recibirá como materia prima las larvas maduras de la granja. Estas han pasado un día sin alimento y se encuentran dentro de un envase plástico. Como primer paso, deben lavarse, para luego ser sacrificadas mediante congelación. Para ello, se requerirá de un lavabo similar al anterior, además de un congelador, que se presenta en la figura 24.



Figura 23: Congelador industrial y esquema en planta.

Fuente: Vitrinas Hostelería (web), 2020.

Luego de 24 horas de congelación, las larvas son colocadas en bandejas que serán colocadas dentro del deshidratador de cinta detallado en el punto 2.2.3. Permanecerán en la máquina durante 6 horas, para reducir la humedad de las larvas. Sus dimensiones estimadas son 8640*1200*2200 mm y se puede apreciar en la figura 25.



Figura 24: Deshidratador de cinta.

Fuente: Jinan Saibainuo Machinery (web), 2020.

La siguiente operación es la molienda, para la cual será necesario contar un molino de granos duros como el de la figura 26, que permita obtener una harina de partícula fina. Luego de aproximadamente 30 minutos de proceso, se contará con la harina en su estado final. Se procesan aproximadamente 32 kg de harina, la máquina cuenta con una capacidad de 55kg por hora), Esta será almacenada en envases plástico limpios para utilizarla para la elaboración de barras proteicas.



Figura 25: Molino de granos duros y esquema en planta.

Fuente: Deshidratadoras Perú (web), 2020.

También puede envasarse individualmente para la venta al por menor. Para ello, como se detalló en el punto 4.2.5, se usaría una máquina envasadora de polvos como la de la figura 27, que empaquetará la harina de Tenebrio en envases de polipropileno biorientado. Para el funcionamiento de esta empacadora, será necesario suministrarle los envases. Al salir de la máquina, las bolsitas individuales serán empacadas en cajas para su posterior transporte al almacén de productos terminados.

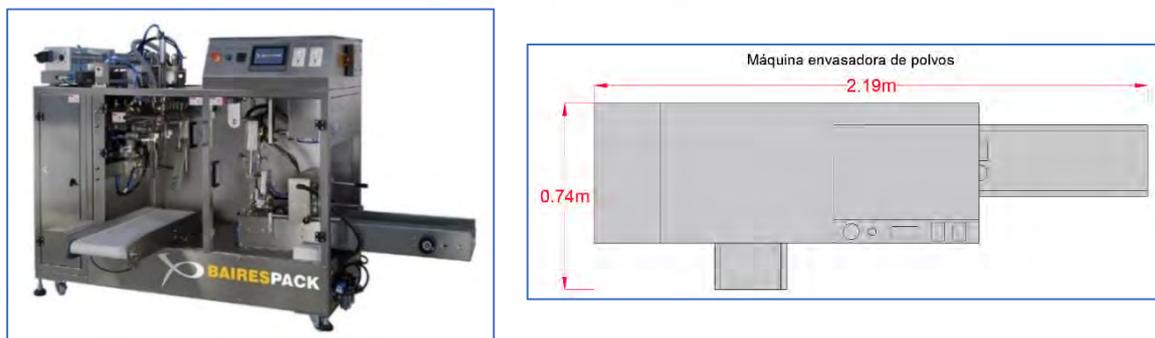


Figura 26: Máquina envasadora de polvos y esquema en planta.

Fuente: BairesPack (web), 2020.

3.2.3 Elaboración de barras en base a harina de Tenebrio Molitor

Para elaborar las barras, se seguirá con el mismo proceso que se utiliza para la preparación de barras proteicas comerciales. Para ello, se requerirá de una olla automática de azúcar, como la de la figura 28, en donde se colocará el azúcar o miel a temperatura ambiente, con el fin de derretirla para que pueda integrarse mejor con los ingredientes secos. Esta máquina cuenta con un mecanismo que previene que se adhiera el azúcar o miel a las paredes o base, incrementando la eficiencia del proceso de calentamiento, pues si se realiza en ollas comunes, una parte considerable se pega a la base y se solidifica por sobrecalentamiento. Sus dimensiones son 1320*970*960 mm.



Figura 27: Olla de cocción para azúcar.
Fuente: AliExpress (web), 2020.

Luego de ello, se procederá a la etapa de mezclado. Para ello, se coloca la miel o azúcar líquida y la mezcla de ingredientes secos, en una amasadora doble sigma, mezcladora industrial para preparaciones de alta viscosidad, como la de la figura 29. Esta operación tarda 20 minutos.

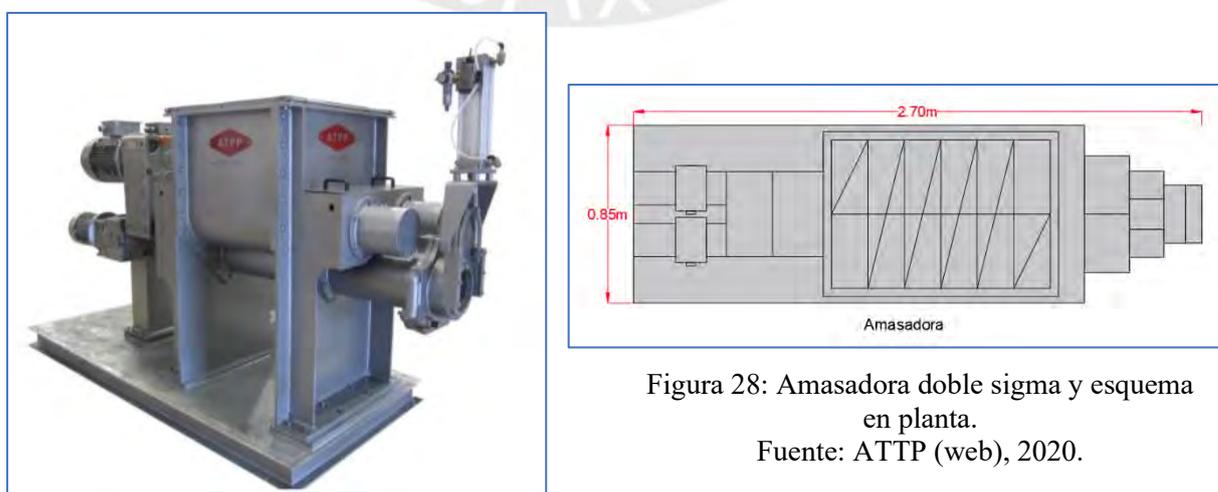


Figura 28: Amasadora doble sigma y esquema en planta.
Fuente: ATTP (web), 2020.

La mezcla luego pasará por una máquina laminadora y cortadora especialmente diseñada para la obtención de barras, mostrada en la figura 30. Se pueden ajustar las dimensiones de corte para obtener las barras deseadas. Sin embargo, al final de esta operación, aún se encuentran húmedas. Sus dimensiones son 6600*1470*1200 mm.



Figura 29: Máquina laminadora y cortadora de barras.
Fuente: Alibaba.com (web), 2020.

Las barras cortadas son acomodadas en las bandejas de secado que serán colocadas en el secador industrial de alimentos, mostrado en la figura 31. Luego de 30 minutos de secado a 105°C, las barras son enviadas a la zona de envasado. Sus dimensiones son 550*470*91.3 mm.



Figura 30: Secador industrial de alimentos y esquema en planta.
Fuente: Alibaba (web), 2020.

El último paso es el envasado, para ello, se utilizará una línea de embalaje para barras de cereales como la mostrada en la figura 32, la cual recibe las barras, las orienta y les coloca en bolsas de polipropileno, que son selladas mediante calor. Al final de la línea, se llenarán las cajas que luego serán selladas y enviadas al almacén de productos terminados.



Figura 31: Envasadora industrial de alimentos.
Fuente: Alibaba (web), 2020.

3.2.4 Traslado de materiales

Para recibir las materias primas y trasladar los productos terminados empaquetados será necesario contar con equipo mecánico. Para este caso, se optó por usar transpaletas manuales, en vista que los materiales no se reciben en grandes lotes, debido a su corta vida útil (verduras). Asimismo, los productos terminados son de bajo peso, por lo que estos serán suficientes.

Debido a que se usarán pallets americanos de dimensiones 1200*800 mm, es necesario que los pasillos tengan este ancho de 1200 mm como mínimo. En específico, para el caso de la zona de crianza de larvas, solo será necesario cumplir con el 1 m de ancho que exige Defensa Civil, en vista que los materiales son dejados en el almacén y luego estos son recogidos de forma manual por los operarios y trasladados en cajas hacia la zona de crianza.

A modo de resumen del punto 3.1, en la tabla 2 se muestra un consolidado de las medidas de cada maquinaria o equipo requerido. Estos datos serán utilizados en puntos posteriores para su ubicación dentro de un primer borrador de distribución y a partir del Diagrama de Recorrido, se planteará la distribución final, priorizando reducir desplazamientos innecesarios.

Tabla 3: Dimensiones de maquinaria.

	Nombre	Largo (m)	Ancho (m)
1	Anaqueles	1.97	0.55
3	Mesa de trabajo	1.26	0.60
4	Congelador	1.27	0.60
5	Deshidratador de cinta	8.52	1.20
6	Molino	0.43	0.27
7	Envasadora de polvos	2.19	0.74
8	Olla de cocción	1.32	0.97
9	Mezcladora	2.70	0.85
10	Laminadora	6.60	1.47
11	Secadora	0.55	0.47
12	Empacadora de barras	3.50	2.60

3.3 Elaboración de DOP y DAP del proceso final

Para la elaboración del DOP, se consolidó la información recopilada en los puntos anteriores. Se tomó en cuenta solo tomar los procesos que se repetirán por cada lote de barras proteicas, por lo que no se incluyen las operaciones iniciales de obtención de adultos progenitores (pues se relacionan más a operaciones anteriores al funcionamiento continuo y estable de la planta de producción).

En el DOP se ha tomado en cuenta la aparición prematura de pupas en los pisos inferiores de los terrarios, por lo que se incluye una operación de recolección de pupas mediante el dispositivo detallado en el punto 2.1.5. Estas pupas ya no pueden ser procesadas como larvas, por lo que se espera que se conviertan en escarabajos adultos y son usados como reproductores, siendo introducidos en terrarios ocupados por otros adultos.

Es importante mencionar que se ha considerado la posibilidad de la producción y envasado de harina para su venta como tal, sin embargo, la mayoría de esta materia prima será destinada para la elaboración de las barras proteicas con harina de Tenebrio. Por ello, se ha incluido en el DOP una ramificación que abarque aquellas operaciones.

Se presenta el DOP del proceso final en la figura 33.

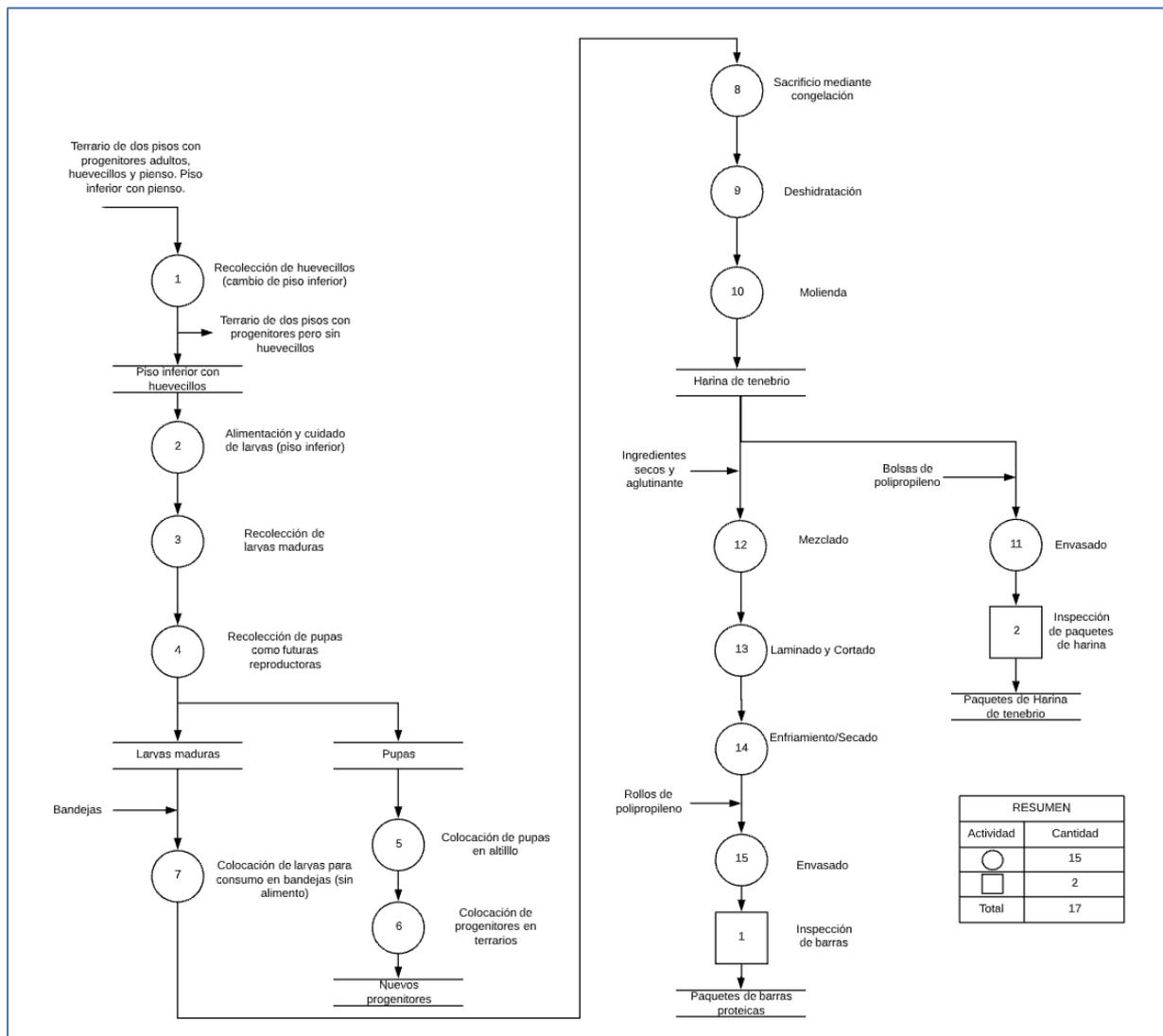


Figura 32: Diagrama de Operaciones del Proceso Final de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

Para la elaboración del DAP, se profundizó en más detalles de cada operación y se usaron tiempos referenciales mencionados en la bibliografía respecto a la fabricación industrial de barras de cereales y de elaboración de harina de Tenebrio.

Se tomó en cuenta que, para ciertas actividades, como el sacrificio mediante congelación, que dura 24 horas, el operario solo coloca la bandeja dentro de la máquina y se retira a continuar con sus demás actividades. Sin embargo, ciertas actividades, como la molienda que dura 30 minutos, sí se incluyen, dado que se debe supervisar en caso se adhiera la mezcla a las paredes de la amasadora. Se observa que se requieren poco más de 19 horas para la administración de un día de la planta, por lo que se deduce que se requieren por lo menos 3 operarios.

Se presenta el DAP del proceso preliminar en la tabla 4:



Tabla 4: Diagrama de Actividades del Proceso Preliminar de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO								
Diagrama No. 1 Hoja No. 1	OPERARIO <input checked="" type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>		EQUIPO <input type="checkbox"/>			
Objetivo: Revisión de proceso de elaboración de barras proteicas en base a harina de tenebrio molitor.	RESUMEN			ACTUAL				
	ACTIVIDAD							
Proceso analizado:	Operación	21						
Elaboración de barras proteicas.	Transporte	12						
Metodo:	Espera	1						
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>	Inspección	2						
Operario: Trabajador	Almacenamiento	5						
	Tiempo (hr/hombre)	19.1361						
Descripción	Cantidad	Tiempo (seg)	Símbolo					Observaciones
Obtener terrario de dos pisos de anaquel.	50	20					x	
Obtener piso inferior para el cambio.	50	20						x
Cambio de piso de terrario.	50	15	x					
Colocación de nuevo terrario en anaquel.	50	20	x					
Cuidado de piso inferior.	50	180	x					Colocar verduras y mover pienso.
Recolección manual de larvas maduras.	50	600	x					Colocar en bandejas.
Recolección de pupas.	50	300	x					Uso de dispositivo con rejilla.
Colocación de escarabajos de altillo en terrarios.	50	60	x					Colocar en altillo.
Transporte a zona de congeladores.	1	30		x				
Lavado de larvas.	1	120	x					
Ingresar bandejas a congelador.	1	20	x					
Recoger bandejas listas de congelador.	1	10	x					
Transportar hacia zona de deshidratadora.	1	20		x				
Colocar en deshidratadora industrial.	1	40	x					Encender y deshidratar.
Transporte a zona de molino.	1	120		x				
Moler larvas durante 30 minutos.	1	1800	x					Se supervisa que no forme grumos.
Recoger harina y enviar a zona de envasado.	1	300		x				
Envasado automático.	1	300			x			Se suministran envases.
Revisión de paquetes envasados.	1	180				x		Revisión de fugas en empaques.
Transportar hacia zona de productos terminados.	1	60		x				
Almacenamiento de paquetes de harina.	1	20					x	
Obtención de materia prima.	1	30						x
Selección y pesado de aglutinantes.	1	240	x					Se puede usar miel o azúcar.
Transporte a zona de cocción.	1	30		x				
Colocación de aglutinante en olla de cocción.	1	60	x					
Transporte a almacén de materia prima.	1	180		x				Mientras se espera a la cocción.
Selección y pesado de ingredientes secos.	1	240	x					
Transporte a zona de mezclado.	1	20		x				
Colocación de ingredientes secos, harina y aglutinante en amasadora.	1	20	x					
Amasado durante 15 minutos.	1	900	x					
Recolección de mezcla.	1	120	x					
Transporte de mezcla hacia laminadora.	1	30		x				
Laminado durante 30 minutos.	1	1800	x					Se obtienen las barras cortadas.
Colocación de barritas en bandejas.	1	240	x					
Transporte de bandejas a secador.	1	20		x				
Colocación en secadora.	1	40	x					
Extracción de secadora	1	40						
Transporte hacia envasadora.	1	120		x				Se vacían a la envasadora.
Envasado automático.	1	600	x					
Revisión de paquetes envasados.	1	300				x		Revisión de sellado de bolsas.
Transporte de barras envasadas a almacén de PT.	1	60		x				
Almacenamiento de barras envasadas.	1	30					x	
TOTAL	434	68890	21	12	1	2	5	
	en H-H	19.1361						

En base al DAP general, se desarrolló el DAP final por operario en la tabla 5. A cada operario se le asigna un tercio de las actividades desarrolladas dentro de la zona de crianza de Tenebrio.

Tabla 5: Diagrama de Actividades del Proceso Final de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO									
Diagrama No. 1	Hoja No. 1	OPERARIO <input checked="" type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>		EQUIPO <input type="checkbox"/>			
Objetivo: Revisión de proceso de elaboración de barras proteicas en base a harina de tenebrio molitor.		RESUMEN							
		ACTIVIDAD	ACTUAL						
Proceso analizado:		Operación	21						
Elaboración de barras proteicas.		Transporte	12						
Metodo:		Espera	1						
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Inspección	2						
		Almacenamiento	5						
Operario: Trabajador		Tiempo (hr/hombre)	7.9986						
Descripción	Cantidad	Tiempo (seg)	Símbolo					Observaciones	DR
									
Obtener terrario de dos pisos de anaquel.	16	20					x		1
Obtener piso inferior para el cambio.	16	20					x		2
Cambio de piso de terrario.	16	15	x						1
Colocación de nuevo terrario en anaquel.	16	20	x						2
Cuidado de piso inferior.	16	180	x					Colocar verduras y mover pienso.	3
Recolección manual de larvas maduras.	16	600	x					Colocar en bandejas.	4
Recolección de pupas.	16	300	x					Uso de dispositivo con rejilla.	5
Colocación de escarabajos de altillo en terrarios.	16	60	x					Colocar en altillo.	6
Transporte a zona de congeladores.	1	30		x					1
Lavado de larvas.	1	120	x						7
Ingresar bandejas a congelador.	1	20	x						8
Recoger bandejas listas de congelador.	1	10	x						9
Transportar hacia zona de deshidratadora.	1	20		x					2
Colocar en deshidratadora industrial.	1	40	x					Encender y deshidratar.	10
Transporte a zona de molino.	1	120		x					3
Moler larvas durante 30 minutos.	1	1800	x					Se supervisa que no forme grumos.	11
Recoger harina y enviar a zona de envasado.	1	300		x					4
Envasado automático.	1	300			x			Se suministran envases.	1
Revisión de paquetes envasados.	1	180				x		Revisión de fugas en empaques.	1
Transportar hacia zona de productos terminados.	1	60		x					5
Almacenamiento de paquetes de harina.	1	20					x		3
Obtención de materia prima.	1	30					x		4
Selección y pesado de aglutinantes.	1	240	x					Se puede usar miel o azúcar.	12
Transporte a zona de cocción.	1	30		x					6
Colocación de aglutinante en olla de cocción.	1	60	x						13
Transporte a almacén de materia prima.	1	180		x				Mientras se espera a la cocción.	7
Selección y pesado de ingredientes secos.	1	240	x						14
Transporte a zona de mezclado.	1	20		x					8
Colocación de ingredientes secos, harina y aglutinante en amasadora.	1	20	x						15
Amasado durante 15 minutos.	1	900	x						16
Recolección de mezcla.	1	120	x						17
Transporte de mezcla hacia laminadora.	1	30		x					9
Laminado durante 30 minutos.	1	1800	x					Se obtienen las barras cortadas.	18
Colocación de barritas en bandejas.	1	240	x						19
Transporte de bandejas a secador.	1	20		x					10
Colocación y extracción en secadora.	1	40	x						20
Transporte hacia envasadora.	1	120		x				Se vacían a la envasadora.	11
Envasado automático.	1	600	x						21
Revisión de paquetes envasados.	1	300				x		Revisión de sellado de bolsas.	2
Transporte de barras envasadas a almacén de PT.	1	60		x					12
Almacenamiento de barras envasadas.	1	30					x		5
TOTAL		162	28795	21	12	1	2	5	
		en H-H	7.9986						

CAPÍTULO 4: PROPUESTA FINAL DE PLANTA

En esta sección, en base a la maquinaria y a sus capacidades de producción, se plantea un balance de línea para hallar la cantidad de maquinaria a utilizar. Posteriormente, se presenta una propuesta de distribución de planta. Cabe mencionar que no se tomará en cuenta las áreas de uso para el personal, sino que el enfoque será exclusivamente el proceso productivo. Luego de ello, se plantean recomendaciones para mejorar la planta, dependiendo de la producción deseada. Finalmente, se procederá a estimar la producción diaria de barras proteicas, que servirá de entrada para el análisis económico.

4.1 Balance de línea

Para el balance de línea se determinaron las capacidades por hora de cada maquinaria a partir de las especificaciones de los proveedores. Para el caso especial de la crianza de larvas, se determinó su capacidad en la tabla 6 mediante una estimación a partir de la cantidad de hembras en un terrario y la frecuencia con la que dejan huevecillos (Terratropoda, 2013).

Tabla 6: Cálculo de producción de larvas.

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE LARVAS		
Hembras depositan 500 huevos, cada 15 días. Cada larva pesa 0.15 gramos.		
Se considera que se cuenta con	0.2	hembra/cm ² .
Cada terrario tiene un área de	2090	cm ²
En un terrario hay	418	hembras
Tasa de supervivencia	75%	-
Por anaquel de 50 terrarios, se obtienen	78.38	kg/día

Debido a que la hembra mide 2 cm, se estima que cada una requiere un espacio de 5 cm² como mínimo para poder desplazarse y colocar sus huevecillos. Asimismo, la tasa de supervivencia de las larvas es de un 75%. Con ello, se calcula que cada anaquel que contiene 50 terrarios, se obtiene 78.38 kg de larvas por día.

Para el caso de las maquinarias, se obtuvieron sus capacidades a partir de la información ofrecida por los proveedores y la capacidad exigida por el proceso. Se muestran las capacidades

en horas por kilogramo en las primeras dos columnas de la tabla 7. Se observa que el cuello de botella es la producción de larvas en los anaqueles (ítem 1), pues esta solo tiene una capacidad por hora de 9.80 kilogramos; y que las máquinas de los ítems 6 a 10 cuentan con una capacidad muy alta. Debido a ello, se decidió **que para el balance de línea solo se tomara en cuenta la maquinaria de baja capacidad (ítem 1 al 5 de la tabla 7)**, con el fin de solo adquirir una unidad de cada máquina de alta capacidad por el espacio y el alto costo que representan.

Para calcular el número de máquinas teóricas, se parte de la capacidad más alta: la del secador, requiriéndose solo una unidad. Luego, se aumentan las otras maquinarias hasta acercarse lo más posible a la capacidad del secador. Después, se redondea al entero superior. De esta forma, se obtiene el número de máquinas a utilizar. Se calcula el índice de utilización (usado o necesario / disponible) de las maquinarias a partir de la división entre número de máquinas teóricas y número de máquinas a utilizar. En la columna 5 de la tabla 7 se observa que la utilización mínima es de 80%, lo cual es favorable. Sin embargo, también se observa que las máquinas de alta capacidad tienen un bajo índice de utilización.

Tabla 7: Balance de línea.

	Nombre	Capacidad (kg/h)	Núm. Máq. Nec. Teór.	Num. Máq. Prop.	Utilización	Comentario
1	Anaquele (50 terrarios)	9.80	8.17	9	91%	Hembras depositan 500 huevos, cada 15 días. Cada larva pesa 0.15 gramos.
2	Congelador	19.71	4.06	5	81%	Capacidad de 473 kg, se congela durante 24 horas.
3	Molino	50.00	1.60	2	80%	Capacidad de 50kg/hora.
4	Olla de cocción	20.00	4.00	4	100%	40% de la barra es aglutinante. Capacidad de 25kg de azúcar cada 30 minutos.
5	Secador	80.00	1.00	1	100%	Cuenta con 20 niveles con capacidad de 20 barras de 100 gramos. Secado por 30 minutos.
6	Envasadora de polvos	300.00	0.27	1	27%	Capacidad de 10 packs por minuto. Cada pack contiene 0.5kg.
7	Mezcladora	400.00	0.20	1	20%	Capacidad de 400 kg por hora.
8	Deshidratador	400.00	0.20	1	20%	Capacidad de secado de 400 kg por hora.
9	Laminadora	350.00	0.23	1	23%	Capacidad de 350 kg por hora.
10	Empacadora de barras	400.00	0.20	1	20%	Capacidad de 400 kg por hora.

4.2 Propuesta final de diseño de planta

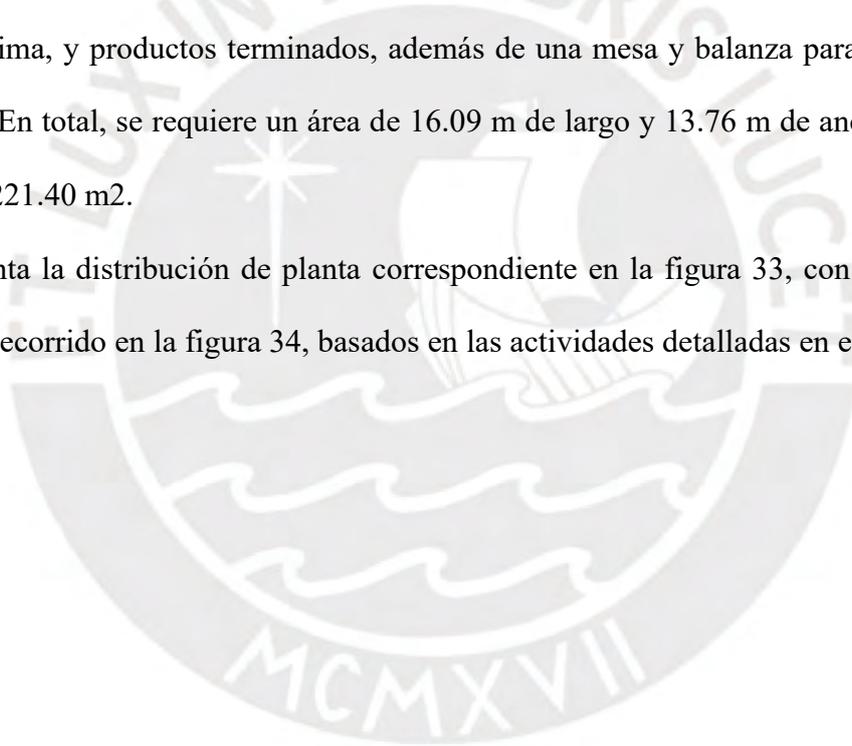
El proceso empieza con el operario en la zona de crianza de Tenebrios, donde cuenta con una mesa de trabajo donde realizará las operaciones de cuidado de larvas y recolección de larvas para su posterior transformación a harina. Luego, las lava y almacena en los congeladores. Recoge las larvas listas, y las introduce en el deshidratador de cinta. Una vez

que salen, las coloca en los molinos, para finalmente pasar a la envasadora de polvo. De este subproceso se obtienen paquetes de harina de Tenebrio.

El proceso principal abarca la fabricación de barras proteicas, por lo que se tomará la harina producida por los molinos y se introducirá en la amasadora, junto al aglutinante que se procesó en la olla de cocción. Una vez se tiene la masa homogénea, esta es colocada en la laminadora y cortadora. Luego, las barras cortadas son secadas y envasadas. Finalmente, se almacenan las barras en cajas, que serán guardadas en el almacén hasta su venta.

Se determinó que se contará con 3 ambientes, uno destinado a la crianza de Tenebrio Molitor, uno donde se encuentra la maquinaria necesaria, y un almacén donde se tendrá el stock de materia prima, y productos terminados, además de una mesa y balanza para el pesado de ingredientes. En total, se requiere un área de 16.09 m de largo y 13.76 m de ancho, dando un área total de 221.40 m².

Se presenta la distribución de planta correspondiente en la figura 33, con su respectivo diagrama de recorrido en la figura 34, basados en las actividades detalladas en el DAP:



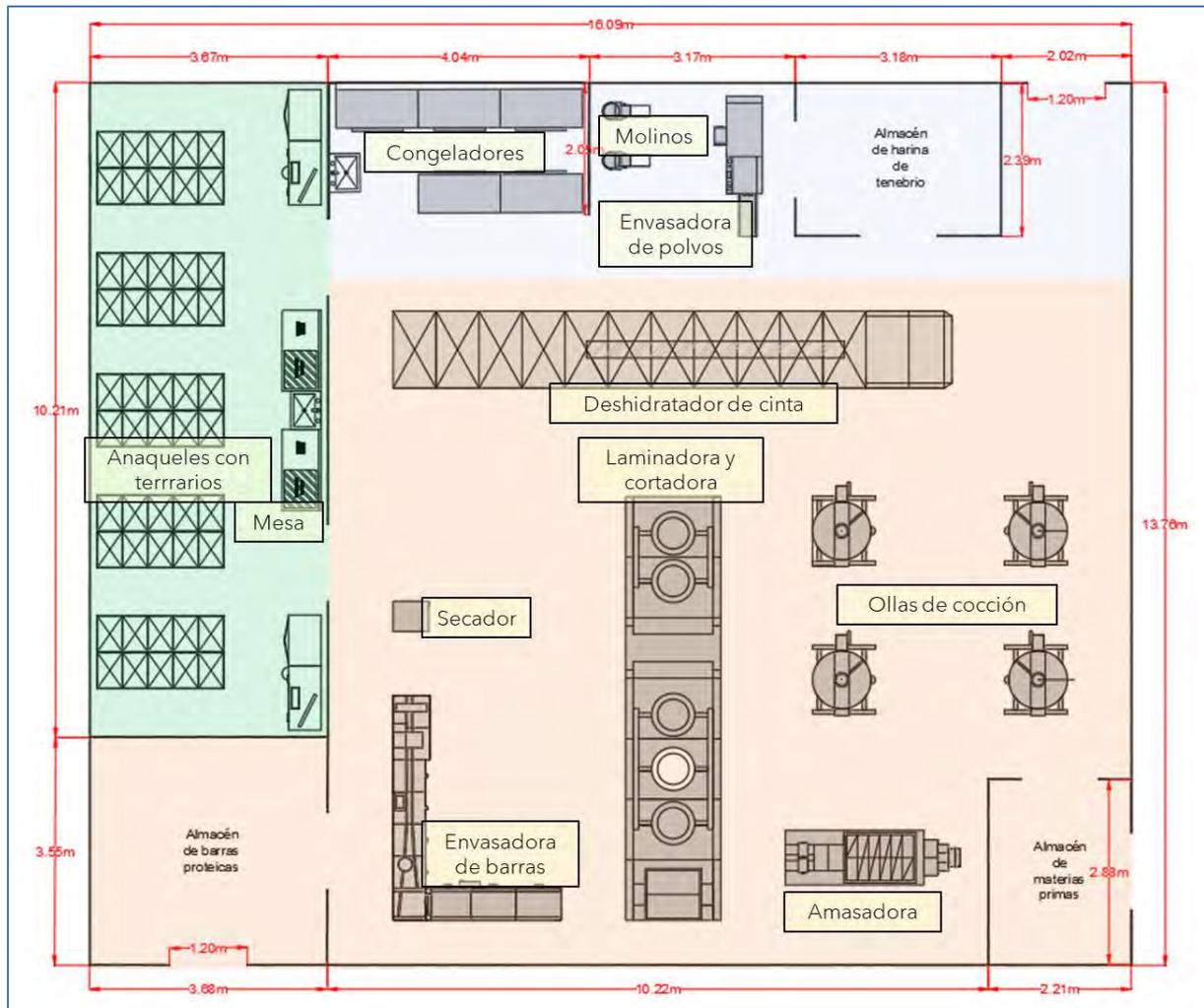


Figura 33: Distribución de planta de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

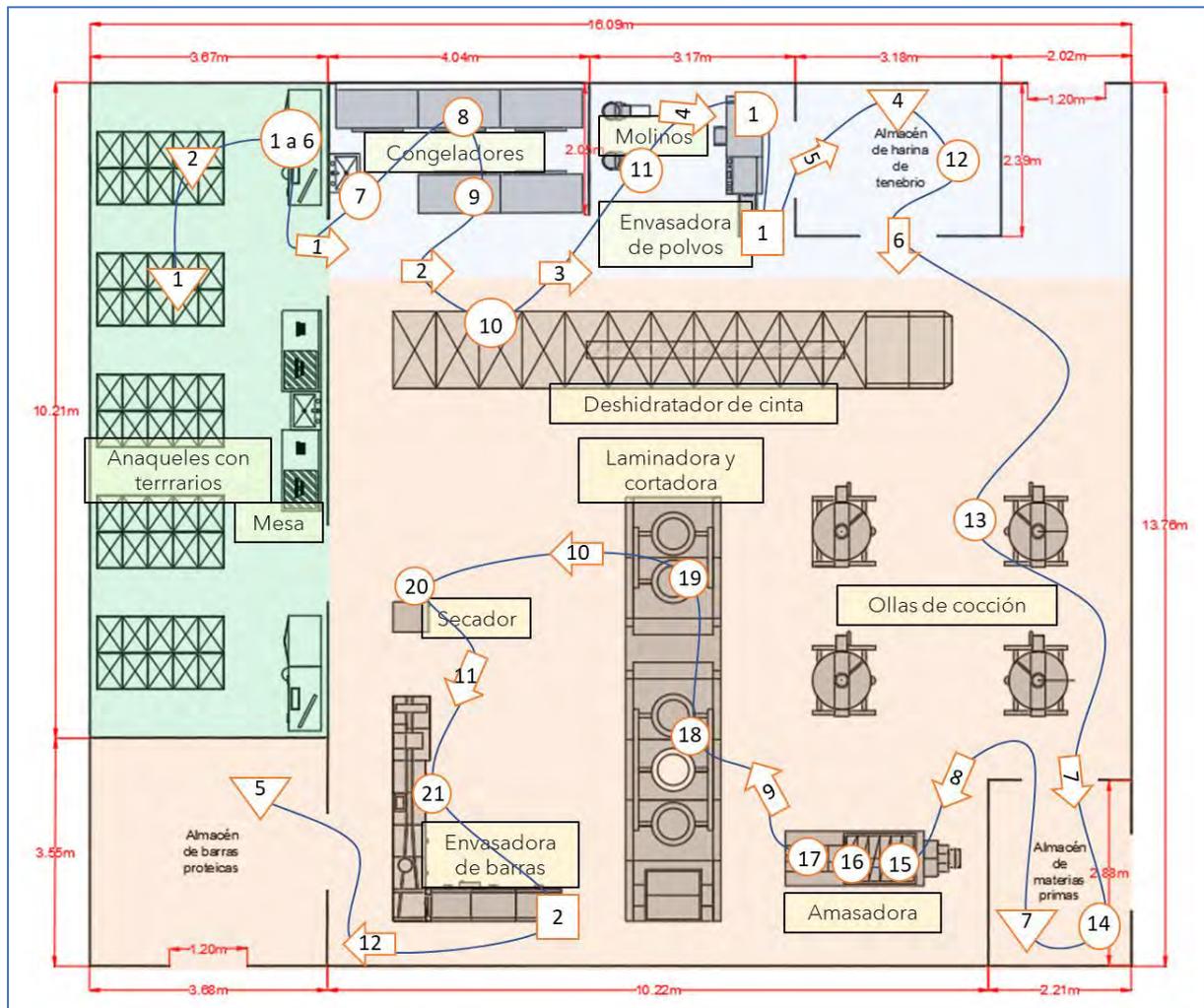


Figura 34: Diagrama de recorrido de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

4.3 Consideraciones

En esta sección se detallan las consideraciones que se han tomado para el diseño de la distribución de planta.

4.3.1 Para toda la planta:

Para el diseño de la distribución de la planta no se han tomado en cuenta las zonas administrativas o de uso común, como oficinas, servicios higiénicos o comedores. Por otra parte, si bien se cuenta con almacenes en la figura 33, estos son referenciales, pues dimensionarlos requeriría un análisis de inventarios y desgraciadamente no se cuentan con datos concretos para ello.

Con respecto a los espacios entre paredes y máquinas, se consideró que 1.00 m era un espacio prudente, pues facilita la limpieza, mantenimiento y el posible traslado de la misma, además de evitar golpes por posibles vibraciones. Asimismo, se consideró una distancia de 1 m entre maquinarias adyacentes, para permitir el paso del personal. Se consideró que el ancho de puerta sea de 1.20 m y que el ancho de pared es de 2.00 cm.

4.3.2 Para la zona de crianza de Tenebrios:

Para el diseño de la distribución de la zona de crianza de Tenebrios, se colocan dos anaqueles juntos, en vista que no es necesario contar con acceso por ambos lados. Se considera un margen de 75 cm entre anaqueles, evitando así pasillos excesivamente largos y con el fin de tener espacio disponible para el cómodo desplazamiento de operarios entre ellas.

Similarmente al punto anterior, se consideró un margen de 75 cm entre las paredes de la zona y los anaqueles y 10 cm para los lados que no requieren acceso, para contar con un espacio suficiente para la limpieza de estos. Debido a la naturaleza de las operaciones llevadas a cabo en esta zona, se consideró necesario agregar un lavadero, de 600*470*890 mm y un anaquel

para los materiales de oficina u otros implementos, como cajas de guantes, atomizadores de agua para hidratación de larvas, etc.

Como se calculó que se requieren 9 anaqueles para larvas, se usará el espacio disponible por el anaquel libre para la crianza de progenitores que se obtendrán de las pupas. Estos irán rotando entre los anaqueles con huevecillos. Por ello, se contará con 10 anaqueles dentro de la zona., que pueden observarse en la figura 35.

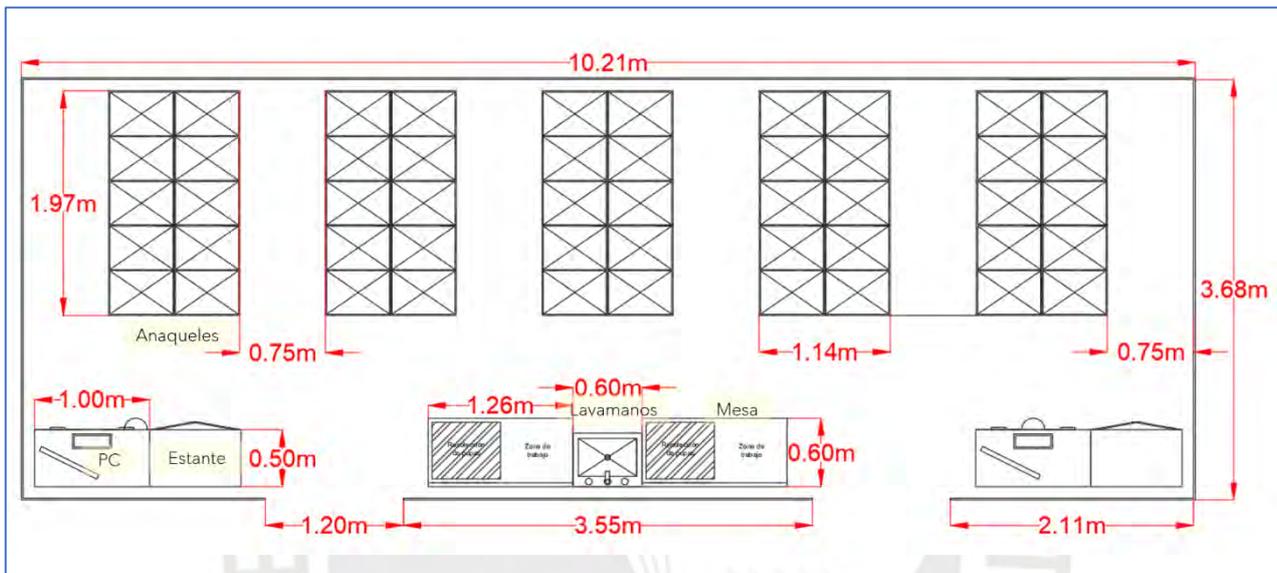


Figura 35: Distribución de zona de crianza de Tenebrios.

4.3.3 Para la zona de elaboración de harina de Tenebrio:

Se consideró que solo se contará con una unidad de cada máquina de alta capacidad, debido a su alto precio y espacio requerido para su funcionamiento. En específico, se considera suficiente un espacio de 75 cm entre los congeladores, con el fin de dejar espacio para el movimiento de los operarios. Asimismo, se consideró un espacio de 10 cm entre las paredes y los congeladores para facilitar la limpieza de la zona.

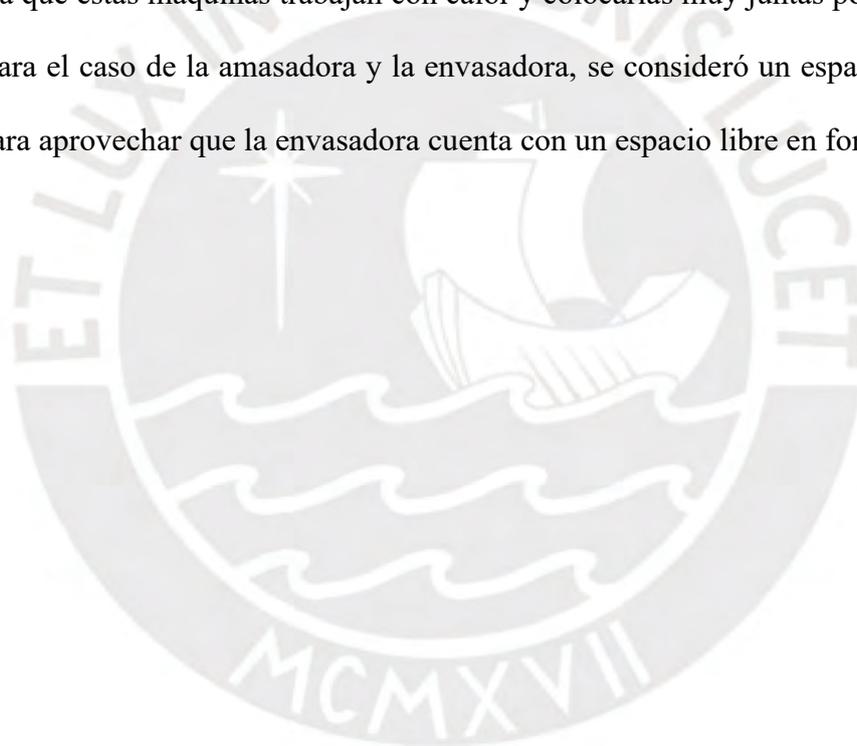
Para el caso de los molinos, se requiere un espacio adicional de 0.5 m debido a que la salida de la molienda requiere colocar un envase para la recolección del producto. Se colocaron dos molinos, uno al lado del otro a 50 cm de distancia, con el fin de ahorrar espacio. Por otra parte, se consideró un espacio de 0.5 m entre la salida de la envasadora y el almacén de harina

de Tenebrio, además de los 1.00 m por paredes, debido a que para recoger los sobres envasados de harina se requiere colocar una caja.

4.3.4 Para la zona de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio:

Se consideró un espacio de 1.00 m entre la salida de la envasadora y el almacén de harina de Tenebrio, además de los 1 mm por paredes, debido a que para recoger los sobres envasados de harina se requiere colocar una caja.

Para el caso de las ollas de cocción de azúcar, se consideró una separación de 2 m entre ellas, debido a que estas máquinas trabajan con calor y colocarlas muy juntas podría provocar accidentes. Para el caso de la amasadora y la envasadora, se consideró un espacio de 1.00 m entre ellas, para aprovechar que la envasadora cuenta con un espacio libre en forma de L.



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo, se estimará la inversión requerida del proyecto, previa a su puesta en marcha. Posteriormente, se evaluarán los indicadores de rentabilidad como VAN y TIR para determinar la viabilidad del proyecto.

5.1 Inversión

En este punto se explicará la inversión en activos fijos tangibles, que abarca la adquisición de maquinaria, muebles y enseres:

- a) **Inversión en maquinaria:** Se incluye la maquinaria mencionada en el balance de línea. Según la tabla 8, se obtiene un total de S/ 331,455.90. El tipo de cambio a dólares considerado fue de 3.6 soles por dólar.

Tabla 8: Inversión en activos fijos tangibles.

	Nombre	Precio unit (en soles corrientes)	Proveedor	Cant. Req.	Costo total (en soles corrientes)
1	Congelador	1,795.50	Vitrinas Hostelería	5	8,977.50
2	Deshidratador de cinta	54,000.00	Jinan Himax Machinery	1	54,000.00
3	Molino	187.20	Jaizhou Houjia Electric Appliance	2	374.40
4	Envasadora de polvos	66,671.00	Coretamp	1	66,671.00
5	Olla de cocción	7,327.00	TianyuYoudo Machinery Store	4	29,308.00
6	Mezcladora	61,200.00	Laizhou Longxing	1	61,200.00
7	Laminadora	54,045.00	Jinan Darin Machinery	1	54,045.00
8	Secadora	2,880.00	Foshan Dalle Technology	1	2,880.00
9	Empacadora de barras	54,000.00	Foshan New Keli Packaging	1	54,000.00
	Total				331,455.90

- b) **Inversión en muebles y enseres:** Se incluyen los muebles y enseres en la tabla 9, que fueron mencionados en el balance de línea (anaqueles y terrarios), además de la mesa de trabajo y adicionales, como las fundas para los anaqueles.

Tabla 9: Inversión en muebles y enseres en soles corrientes.

	Nombre	Precio unit (en soles corrientes)	Proveedor	Cant. Req.	Costo total (en soles corrientes)
1	Terrario	10.00	Plásticos Rey	500	5,000.00
2	Anaqueles	423.00	Esmelux	10	4,230.00
3	Funda de anaquel	66.80	Manomano	10	668.00
4	Mesa de trabajo	1,699.20	Aceros y Molduras Perú	1	1,699.20
	Total				11,597.20

- c) **Resumen de inversión en activos fijos tangibles:** En la tabla 10 se obtiene el total de inversión requerida para la instalación y operación de la planta de elaboración de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor.

Tabla 10: Resumen inversión en activos tangibles en soles corrientes.

	Nombre	Costo total (en soles corrientes)
1	Inversión en maquinaria	331,455.90
2	Inversión en muebles y enseres	11,597.20
	Total	343,053.10

5.2 Presupuestos de ingresos y egresos

En este punto, se mostrarán los presupuestos de ingresos y egresos. Para el cálculo de ingresos, primero se debe calcular la producción diaria de la planta. Se presenta el detalle en el gráfico 36.

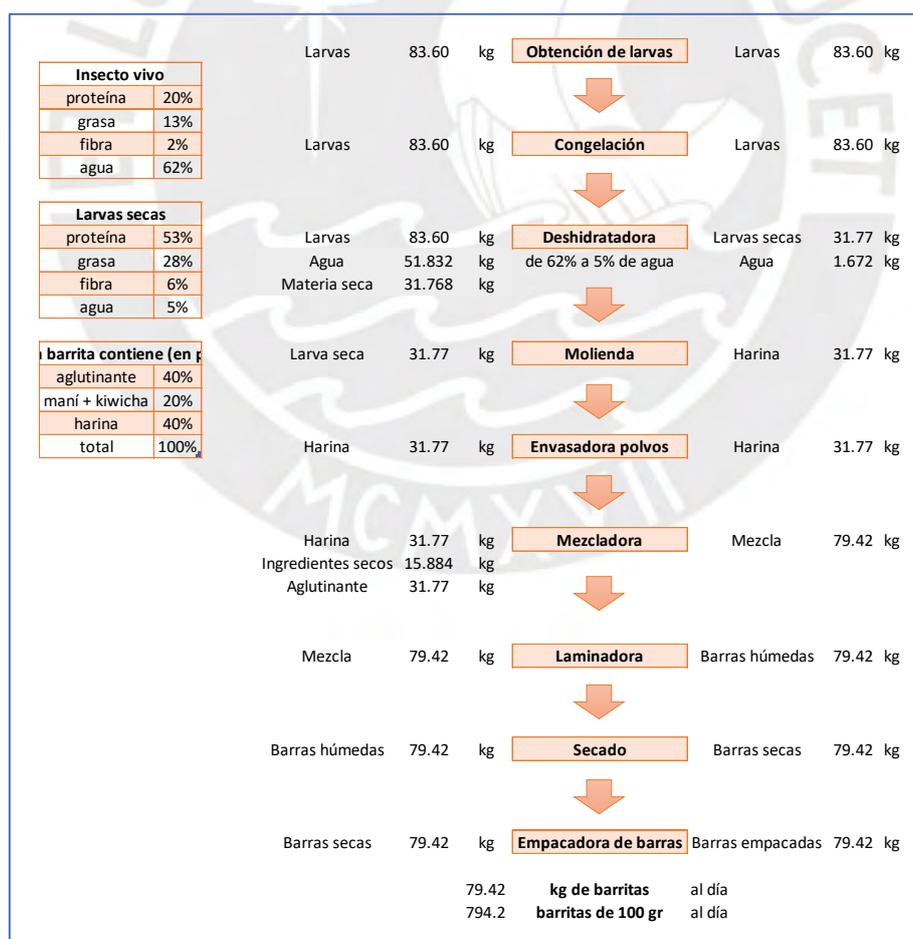


Figura 36: Cálculo de producción diaria.

5.2.1 Presupuesto de ingresos de ventas

Se asume que el primer año se producirá al 60% de la capacidad instalada, aumentando en 10% cada año según aumente la demanda hasta llegar a la máxima capacidad y si es que la demanda nacional cumple con las expectativas de crecimiento. Se asume que se venderá toda la producción en vista que es un mercado nuevo y en expansión, según se indicó en los resultados sociales. La tabla 11 contiene el presupuesto de ingresos de ventas para los primeros 5 años de operación de la planta.

Tabla 11: Presupuesto de ventas proyectadas e ingresos en soles corrientes.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Unidades	114,365	133,426	152,486	171,547	190,608
Precio de venta (en soles corrientes)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Total (en soles corrientes)	800,553.60	933,979.20	1,067,404.80	1,200,830.40	1,334,256.00

5.2.2 Presupuesto de costos

El presupuesto de costo de producción se compone de la mano de obra directa, material directo e indirecto; y costos indirectos de producción.

- a) **Presupuesto de mano de obra:** se muestra el requerimiento de personal en la tabla 12, en la cual se puede apreciar el incremento de la mano de obra directa durante los cinco años. Al inicio del proyecto solo se cuentan con 2 operarios y 3 administrativos.

Tabla 12: Requerimiento de personal.

Personal	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Gerente de Administración y Finanzas	1	1	1	1	1
Asistente de Administración y	0	0	0	0	1
Encargado de Comercial y Marketing	1	1	1	1	1
Asistente de Comercial y Marketing	0	0	0	0	1
Encargado de Producción y Logística	1	1	1	1	1
Asistente de Producción y Logística	0	0	0	0	1
Operarios	2	3	3	3	3
Limpieza	1	2	2	2	2
Vigilancia	1	1	1	1	2
TOTAL	7	9	9	9	13

En la tabla 13, se aprecian los salarios mensuales por cargo.

Tabla 13: Salarios mensuales por cargo en soles corrientes.

Personal	Salario mensual (en soles corrientes)
Gerente de Administración y Finanzas	5,566
Asistente de Administración y Finanzas	3,278
Encargado de Comercial y Marketing	3,278
Asistente de Comercial y Marketing	1,832
Encargado de Producción y Logística	2,717
Asistente de Producción y Logística	1,857
Operarios	1,300
Limpieza	1,300
Vigilancia	1,200

En la tabla 14, se calcula el total de presupuesto de mano de obra.

Tabla 14: Presupuesto de mano de obra en soles corrientes.

Mano de obra directa	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Cantidad	7	9	9	9	13
Salarios totales (mensuales)	16,661.00	19,261.00	19,261.00	19,261.00	27,428.00
Salarios anuales	199,932.00	231,132.00	231,132.00	231,132.00	329,136.00
Gratificación anual	16,661.00	19,261.00	19,261.00	19,261.00	27,428.00
Seguro de Salud	17,993.88	20,801.88	20,801.88	20,801.88	29,622.24
TOTAL	251,254.88	290,464.88	290,464.88	290,464.88	413,627.24

- b) **Presupuesto de material directo e indirecto:** se muestra el presupuesto destinado a la adquisición de material directo e indirecto, en la tabla 15. Se aprecia el aumento de este a medida que aumenta la producción.

Tabla 15: Presupuesto de Material Directo e Indirecto en soles corrientes.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Unidades producidas*	114,365	133,426	152,487	171,548	190,608
Material Indirecto Pienso (kg)	20,465	23,876	27,287	30,698	34,109
Material Indirecto Pienso (soles corrientes)	39,899.11	46,548.96	53,198.81	59,848.66	66,498.52
Material Indirecto Verduras mixtas (kg)	10,233	11,938	13,644	15,349	17,054
Material Indirecto Verduras mixtas (soles corrientes)	40,930.56	47,752.32	54,574.08	61,395.84	68,217.60
Material Directo Aglutinante (kg)	4,575	5,337	6,099	6,862	7,624
Material Directo Aglutinante (soles corrientes)	136,323.08	159,043.79	181,764.50	204,485.22	227,204.74
Material Directo Maní (kg)	1,144	1,334	1,525	1,715	1,906
Material Directo Maní (soles corrientes)	16,011.10	18,679.64	21,348.18	24,016.72	26,685.12
Material Directo Kiwicha (kg)	1,144	1,334	1,525	1,715	1,906
Material Directo Kiwicha (soles corrientes)	21,729.35	25,350.94	28,972.53	32,594.12	36,215.52
Material Directo Rollos de Sellado (un)	114,365	133,426	152,487	171,548	190,608
Material Directo Rollos de Sellado (soles corrientes)	80,055.50	93,398.20	106,740.90	120,083.60	133,425.60
TOTAL (en soles corrientes)	334,948.70	390,773.85	446,599.01	502,424.16	558,247.09

- c) **Presupuesto de costos indirectos:** Se muestra en la tabla 16 el presupuesto destinado al pago de servicios y al alquiler de local. Se asume que el costo de alquiler incluye el pago de arbitrios y es constante (S/ 5700 mensuales, obtenidos del portal de Urbania), y que los servicios corresponden a un 30% sobre el costo de alquiler. Asimismo, se destina un monto de 15% sobre el alquiler para otros gastos que pudiesen surgir (como mantenimiento de maquinarias).

Tabla 16: Presupuesto de Costos Indirectos en soles corrientes.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Alquiler de local	68,400.00	68,400.00	68,400.00	68,400.00	68,400.00
Servicio de luz	20,520.00	20,520.00	20,520.00	20,520.00	20,520.00
Servicio de agua	20,520.00	20,520.00	20,520.00	20,520.00	20,520.00
Otros	10,260.00	10,260.00	10,260.00	10,260.00	10,260.00
TOTAL	119,700.00	119,700.00	119,700.00	119,700.00	119,700.00

5.2.3 Presupuesto de ingresos y egresos

Restando los egresos de los ingresos, se obtiene el flujo de la tabla 17. Se observa que se obtienen ganancias desde el primer año y este va aumentando según aumenta la producción, y, por consiguiente, los niveles de venta.

Tabla 17: Utilidades brutas anuales en soles corrientes.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	800,553.60	933,979.20	1,067,404.80	1,200,830.40	1,334,256.00
Egresos	705,903.58	800,938.73	856,763.89	912,589.04	1,091,574.33
TOTAL	94,650.02	133,040.47	210,640.91	288,241.36	242,681.67

5.3 Evaluación económica

En este punto se realizará la evaluación económica mediante los indicadores más importantes, los cuales son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa interna de retorno (TIR). Asimismo, se calculará el punto de equilibrio y el periodo de recuperación de la inversión (PRI).

- a) **Valor Actual Neto (VAN):** En la tabla 18 se muestra el VAN económico. Para el cálculo se utilizaron tres valores de WACC teóricos (en vista que no se cuenta con datos sobre costo de capital, necesarios para el cálculo numérico de este), para tres escenarios distintos. El valor obtenido en los tres casos es mayor a cero, lo cual muestra la

viabilidad del proyecto, pues aún en el caso en que el WACC sea alto (es decir, tener un alto costo ponderado de capital), el VAN sigue siendo positivo.

Tabla 18: Cálculo de VAN económico.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Flujo (en soles corrientes)	-343,053.10	94,650.02	133,040.47	210,640.91	288,241.36	242,681.67

	OPTIMISTA	PROBABLE	PESIMISTA
WACC	15%	20%	25%
VAN (en soles corrientes)	263,807.40	186,643.41	123,246.55

- b) **Tasa Interna de Retorno (TIR):** En la tabla 19 se muestra el TIR económico, que al ser mayor que los tres escenarios de WACC (pues es independiente de ello), se concluye que la inversión es rentable. El valor es relativamente alto si se compara con otros proyectos de inversión, pero se justifica al ser una proteína que requiere mucho menos recursos que la convencional, por lo que es más económica.

Tabla 19: Cálculo de TIR económico.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Flujo (en soles corrientes)	-343,053.10	94,650.02	133,040.47	210,640.91	288,241.36	242,681.67

	OPTIMISTA	PROBABLE	PESIMISTA
WACC	15%	20%	25%
TIR	38%	38%	38%

- c) **Punto de Equilibrio:** En la tabla 20 se muestra el punto de equilibrio, calculado a partir de los costos totales (fijos y variables). Se observa que se requiere vender cerca de 88000 unidades el primer año de operaciones. Este número va variando en vista que se modifican costos por contratación de mayor personal y por producción variable.

Tabla 20: Cálculo de punto de equilibrio.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Fijos Totales (en soles corrientes)	319,654.88	358,864.88	358,864.88	358,864.88	482,027.24
Costos Variables (en soles corrientes)	386,248.70	442,073.85	497,899.01	553,724.16	609,547.09
Cantidad Vendida	114,365	133,426	152,486	171,547	190,608
Costo Variable Unitario (en soles corrientes)	3.38	3.31	3.27	3.23	3.20
Precio de Venta (en soles corrientes)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Punto de Equilibrio	88,238	97,340	96,087	95,135	126,780

- d) **Periodo de Recuperación de Inversión (PRI):** En la tabla 21 se muestra el punto de equilibrio, calculado a partir de los costos totales (fijos y variables). Se observa que se requiere vender cerca de 88000 unidades el primer año de operaciones. Este número va variando en vista que se modifican costos por contratación de mayor personal y por producción variable.

Tabla 21: Periodo de Recuperación de Inversión.

Año	Flujo	Flujos acumulados
0	343,053.10	
1	94,650.02	94,650.02
2	133,040.47	227,690.49
PRI	2.87	
	2	años
	10	meses
	12	días

CONCLUSIONES

- En base a las estimaciones de espacio requerido por máquina, se determinó que el área mínima necesaria para los procesos de producción es de 221.40 m². Esto implica que aún se debe calcular el espacio destinado para uso común, como baños y comedores, así como las oficinas o zonas de maniobras, en caso se contara con unidades móviles para el transporte de insumos o productos; para determinar el área total necesaria para el funcionamiento integral de la planta.
- Es necesario evaluar qué tan necesario es contar con la maquinaria indicada, debido a que el precio de esta se justifica con un nivel alto de demanda. Sin embargo, esta información aún no es clara en el mercado peruano, por ser un producto que aún no ha sido introducido al país, a excepción de pequeñas marcas independientes. Por ello, es de suma importancia estudiar el comportamiento del potencial consumidor peruano respecto al consumo de estos productos.
- Dado que se cuentan con zonas diferenciadas (zona de crianza, zona de maquinaria y almacén), es posible adicionar máquinas a cada zona sin afectar a otras, así como escalar el tamaño de alguna zona, dependiendo del nivel de demanda. Este aspecto es crucial, especialmente en el mercado peruano, ya que en vista que la demanda no está definida, puede que esta exceda la capacidad instalada y se requieran agregar más máquinas o zonas.
- De acuerdo al estudio económico, se concluye que la viabilidad de la producción y comercialización de barras proteicas en base a harina de Tenebrio Molitor en Lima metropolitana, es positiva económicamente, pues presenta un valor de VANE positivo (VANE=S/186,643.41) y una TIR (TIRE=38%) mayor que el WACC (15%) evaluado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar la Tabla Relacional de Actividades para identificar y comparar aportes de ambos métodos para realizar la Distribución de Planta.
- En vista que el área requerida para la producción es relativamente pequeña, se puede aprovechar el espacio disponible (de terrenos industriales) para ubicar las zonas de uso común u oficinas. También se puede optar por destinar estas a un segundo piso, de manera que el primer piso sea la zona de producción exclusivamente.
- Una vez se tengan datos concretos sobre la demanda de las barras o de la harina, se debe redimensionar la zona de crianza y/o la zona de almacenes, ya que estas cuentan con poca o nula capacidad ociosa.
- Se debe evaluar si es necesario contar con la maquinaria indicada, pues estas, especialmente las maquinarias de gran capacidad, tienen un alto precio, que no estarían justificadas en caso no se cuente con una demanda considerable, sea de harina o de barras.
- Si se tiene interés en la producción y venta de productos hechos a base de harina de Tenebrio, es crucial un enfoque en las tareas de marketing y publicidad, ya que este producto requiere que las personas se informen sobre los beneficios que trae, con el fin de reducir los obstáculos culturales que han impedido que este mercado se desarrolle dentro del Perú.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceros y Molduras Perú. (s.f.). *Aceros y Molduras: Catálogo de Productos*. Obtenido de Aceros y Molduras:
<https://www.acerosymolduras.com/?fbclid=IwAR3HLAbGZq4Kb5-Z-4f1B8Wg2-NTPzwDPiJKbDlynZCxOA5QuEuYpDuGn9o>
- Alibaba. (s.f.). *Alibaba: Catálogo de productos*. Obtenido de Alibaba.com:
<https://spanish.alibaba.com/?spm=a27aq.13817715.scGlobalHeader.56.687071a93latkM>
- Alwa Ingeniería Sostenible. (07 de Mayo de 2020). *El otro lado del COVID-19*. Obtenido de <http://18.217.250.33:8080/covid19/>
- Apolo-Arévalo, L., & Iannacone, J. (2015). CRIANZA DEL GRILLO (ACHETA DOMESTICUS) COMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEÍNAS PARA EL CONSUMO HUMANO. *Scientia*, 161-173.
- ATTP. (s.f.). *ATTP: Ingeniería y Soluciones para la industria de Proceso*. Obtenido de ATTP: www.atpplleal.com
- Cléries, P. R. (2019). *Puesta en marcha de una granja experimental para la cría de insectos destinados a alimentación*. Zaragoza.
- Ecología Urbana. (2020). Harina de grillo el alimento del futuro: sostenible y nutritivo. *LA Network*.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2015). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal*, 66.
- El Español. (19 de Marzo de 2015). Cómo se obtienen las proteínas en una dieta vegetariana. *El Español*, págs.
https://www.elespanol.com/cocinillas/recetas/saludables/20150319/obtienen-proteinas-dieta-vegetariana/1000077042316_30.html.
- Esmelux. (s.f.). *Esmelux: Estantería rápida*. Obtenido de Esmelux: Catálogo de Productos:
<https://www.esmelux.com/estanter%C3%ADas-met%C3%A1licas>
- FAO. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Papers*, 15.
- FAO. (s.f.). *Insects for food and feed*. Obtenido de <http://www.fao.org/edible-insects/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Six legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand*. Bangkok.
- Insectos Vivos Don Tenebrio. (2020). *Selección de insectos vivos*. Obtenido de Insectos Vivos Don Tenebrio: <https://www.insectosvivos.com/>
- ManoMano. (s.f.). *ManoMano: Catálogo de Productos*. Obtenido de ManoMano:
<https://www.manomano.es/>

- Medina Millán, R. M. (2020). *Prototipo agroindustrial de harina de Acheta domesticus (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano*. El Salvador.
- MINAGRI. (Setiembre de 2018). Anuario estadístico. *Producción Pecuaria y Avícola 2017*. Lima, Lima, Perú.
- Ministerio de Salud. (15 de Setiembre de 2020). Recomiendan incrementar el consumo de alimentos ricos en hierro para prevenir anemia infantil en tiempos de pandemia. *Noticias - Instituto Nacional de Salud*.
- Ministerio de Salud: Instituto Nacional de Salud. (s.f.). *¿Qué tipo de hierro se absorbe y aprovecha mejor en nuestro organismo?* Obtenido de Prevención de la anemia: <https://anemia.ins.gob.pe/que-tipo-de-hierro-se-absorbe-y-aprovecha-mejor-en-nuestro-organismo>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Conocimiento y percepción del peruano sobre el cambio climático a nivel nacional*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2014 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012*. Lima.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas: Cambio climático*. Obtenido de Naciones Unidas: Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- NIELSEN. (2016). *¿Qué hay en nuestra comida y en nuestra mente?*
- NIELSEN. (05 de 10 de 2016). *NIELSEN: El 49% de los peruanos sigue dietas bajas en grasa, ubicándose en el segundo lugar de Latinoamérica*. Obtenido de Nielsen: The Nielsen Company: <https://www.nielsen.com/pe/es/insights/article/2016/el-49-por-ciento-de-los-peruanos-sigue-dietas-bajas-en-grasa/>
- Ocampo, P., Rojas, R., Amasifuen, C., Amasifuen, F., Amasifuen, M., Sangama, A., . . . Sauvain, M. (2019). *Sabrosos Insectos Peruanos: Del Alimento Tradicional a la Innovación Gastronómica*. Lima.
- Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrino, N., Fournier, M., & Apro, N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Revista chilena de nutrición*, 18-25.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. Roma.
- Parlamento Europeo. (7 de Marzo de 2018). *Noticias Parlamento Europeo*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>
- Pew Research Center. (10 de February de 2019). *Climate Change Still Seen as the Top Global Threat, but Cyberattacks a Rising Concern*. Obtenido de PewGlobal:

https://www.pewglobal.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/Pew-Research-Center_Global-Threats-2018-Report_2019-02-10.pdf

Proteinsecta. (2020). *Tenebrio molitor - Gusano de la harina*. Obtenido de <https://www.proteinsecta.es/tenebrio-molitor-gusano-de-la-harina/>

Ramos-Elorduy, J., Costa Neto, E., Ferreira dos Santos, J., Landero-Torres, I., Ángeles Campos, S., & García Pérez, Á. (2006). ESTUDIO COMPARATIVO DEL VALOR NUTRITIVO DE VARIOSCOLEOPTERA COMESTIBLES DE MÉXICO Y *Pachymerus nucleorum* (FABRICIUS, 1792) (BRUCHIDAE) DE BRASIL. *Interciencia*.

Reyplast. (s.f.). *Reyplast: Catálogo de Productos*. Obtenido de Reyplast: Junto a ti.: <https://www.reyplast.pe/producto/batea-dual--8>

Stull, V., Finer, E., Bergmans, R., Febvre, H., Longhurst, C., Manter, D., . . . Weir, T. (2018). Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific Reports*.

Tenebrio Molitor: El gusano de la harina. (s.f.). *Como criar tenebrios desde cero paso a paso en casa*. Obtenido de Tenebrio Molitor: Crianza.: <https://tenebrios.com.ar/crianza/>

Terrartropoda. (11 de Agosto de 2013). *Ficha Gusano de la harina – Tenebrio molitor*. Obtenido de Terrartropoda: <https://terrartropoda.wordpress.com/2013/08/11/ficha-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor/>

Vitrinas Hostelería. (s.f.). *Vitrinas Hostelería: Catálogo de Productos*. Obtenido de Vitrinas Hostelería: <https://www.vitrinashosteleria.com/inicio>

Zavaleta, N. (2017). Anemia infantil: retos y oportunidades al 2021. *Revista Peruana de Medicina Experimental y salud pública*.