



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE TALLER PRODUCTIVO Y SISTEMA DE  
FABRICACIÓN DE CHOCOLATE PARA EMPRESA  
DE IMPACTO SOCIAL EN GUATEMALA**

Autor: Natalia Fernández Freige

Director: Braulio Pareja Cano

Madrid

Firma del autor:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Natalia', written in a cursive style.

Firma del director:

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized, abstract shape that resembles a wide, shallow 'V' or a similar geometric form.

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Diseño de Taller Productivo y Sistema de Fabricación de Chocolate para Empresa de  
Impacto Social en Guatemala  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.  
El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido  
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Natalia Fernández Freige

Fecha: ...09.../ ...07.../ ...2025...

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Braulio Pareja Cano Fecha: ...14.../ ...07.../ ...2025...

# Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a Wenceslao Civeira, por haberme puesto en contacto con Xocolatl Futuro Vivo, por su apoyo constante a lo largo del desarrollo de este trabajo y por su compromiso inspirador con el proyecto. Gracias por transmitirme la pasión por ayudar a esta iniciativa y por mostrarme el verdadero valor de una ingeniería con propósito.

Agradezco profundamente a Claudia Ramírez, por su generosidad al compartir conmigo cada detalle del proceso y del taller, su visión para el nuevo sistema y, sobre todo, por expresar con claridad las necesidades reales del proyecto y de la comunidad a la que sirve.

También quiero dar las gracias a Salva por dedicar su tiempo a comprender el proceso productivo, por compartir conmigo su conocimiento experto con tanto entusiasmo, y por hacerlo siempre con una enorme amabilidad y cercanía.

Por último, a Braulio Pareja, mi tutor del TFM, por su apoyo y por sus comentarios siempre acertados, que me han ayudado a mejorar y a avanzar con seguridad en cada etapa del trabajo.

# **DISEÑO DE TALLER PRODUCTIVO Y SISTEMA DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATE PARA EMPRESA DE IMPACTO SOCIAL EN GUATEMALA**

**Autor: Fernández Freige, Natalia**

**Director: Pareja Cano, Braulio**

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

Este Trabajo de Fin de Máster consiste en el diseño de un taller productivo de chocolate bean to bar para Xocolatl Futuro Vivo, empresa social guatemalteca, mediante el diagnóstico del sistema actual y su comparación con el nuevo proceso, la evaluación de intervenciones e inversión necesarias, y el diseño de procesos. El proyecto optimiza la distribución en planta, define la capacidad productiva y sienta las bases para implantar este nuevo sistema, contribuyendo a la sostenibilidad económica del proyecto educativo Futuro Vivo.

**Palabras clave:** Bean to bar, taller de chocolate, impacto social, Guatemala, diseño de procesos productivos, capacidad productiva.

## **1. Capítulo 1 – Introducción**

En este capítulo se presenta el contexto y los fundamentos del proyecto. Se describe de forma detallada el proceso bean to bar, explicando sus etapas y las diferencias con la producción industrial de chocolate, así como la situación actual de Xocolatl y su motivación para introducir este nuevo proceso como vía de diferenciación y sostenibilidad económica. También se expone la motivación personal de la autora por contribuir al impacto positivo del proyecto Futuro Vivo, aplicando los conocimientos adquiridos durante su formación universitaria en un proyecto de ingeniería con propósito social. A continuación, se definen los objetivos principales y secundarios del trabajo, orientados a diseñar un sistema productivo eficiente y sostenible. Finalmente, se detallan la metodología empleada, que combina técnicas de análisis y diseño de procesos de ingeniería industrial, y la planificación temporal del proyecto mediante un cronograma que estructura las fases y tareas desarrolladas.

## **2. Capítulo 2 – Diagnóstico del taller y sistema productivo actual**

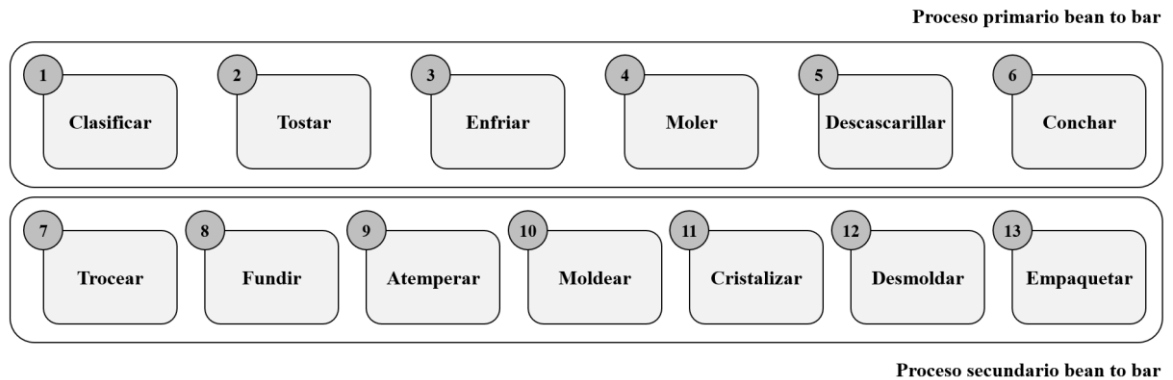
En este capítulo se analizó el proceso industrial vigente utilizado por Xocolatl para la elaboración de chocolate, poniendo de manifiesto una elevada dependencia del trabajo manual en la mayoría de las etapas y una capacidad de producción que se encuentra condicionada principalmente por la disponibilidad de personal. A través del estudio detallado del flujo de trabajo y del cálculo de tiempos y recursos, se estimó una capacidad productiva aproximada de 1.000 tabletas por semana, consistente con los datos operativos reportados por la jefa de producción. A partir de la comprensión de este proceso y la realización de un análisis DAFO de este, se propusieron diversas medidas orientadas a mejorar la eficiencia global, entre ellas la optimización del uso de las máquinas atemperadoras, la reducción del trabajo manual necesario por lote (work content) mediante una mejor organización y estandarización de tareas, y la posibilidad de introducir ciertos grados de automatización parcial en etapas críticas como el fundido, el moldeado o el empaquetado.

## **3. Capítulo 3 – Intervenciones e inversión necesaria para el taller Bean to bar**

En este capítulo se describe de manera detallada el flujo de producción del proceso bean to bar específico que se implantará en Xocolatl. Se analizan todas las etapas necesarias, desde la recepción y clasificación de los granos de cacao hasta la obtención de la pasta de cacao y su posterior transformación en tabletas, poniendo de relieve las particularidades de este método artesanal orientado a garantizar la calidad y la diferenciación del producto final.

A partir de este análisis, se identifican las principales diferencias técnicas y operativas entre el proceso bean to bar y el industrial actual, como la necesidad de nuevas fases de tueste, descascarillado, molienda y conchado, la importancia de mantener espacios y equipos separados para evitar contaminación cruzada de sabores y aromas, y el mayor nivel de control requerido sobre los parámetros de producción.

Con base en estas diferencias, se elabora un inventario detallado de todos los recursos, máquinas, mobiliario e intervenciones necesarias para habilitar el nuevo taller bean to bar. Este listado incluye tanto los activos ya disponibles en Xocolatl que se pueden destinar a la nueva línea de producción, como aquellos elementos que deben adquirirse o instalarse específicamente. A partir de este listado, se evalúa la inversión total requerida.



*Ilustración 1 – Resumen: Proceso productivo bean to bar*

#### **4. Capítulo 4 – Diseño del nuevo taller y sistema productivo**

En este capítulo se desarrolla el diseño del taller donde se elaborará el chocolate bean to bar. Primero se presenta la distribución en planta, concebida junto a la jefa de producción, que organiza las áreas de almacenamiento, tueste, molienda, conchado y empaquetado de forma optimizada en el espacio disponible para minimizar desplazamientos y evitar contaminaciones cruzadas. El diseño contempla zonas diferenciadas para las etapas primarias (transformación del grano en pasta de cacao) y secundarias (fundido, moldeado y empaquetado), así como espacios de almacenamiento intermedio que aportan flexibilidad al proceso.

A continuación, se describen los diagramas de flujo del proceso productivo, tanto primario como secundario, que ilustran la circulación del producto y el uso de cada equipo en cada etapa. Posteriormente, se calcula la capacidad productiva del taller, estimada en 20 libras por turno, determinada principalmente por el horno y las melangers, que actúan como cuellos de botella. Asimismo, se dimensiona la dotación de personal necesaria para operar a máxima capacidad, que se estima en tres personas por turno.

Finalmente, se proponen líneas de evolución futura, como la reducción progresiva de inventarios intermedios, la implantación de un flujo continuo y la posible incorporación de más automatización para aumentar la productividad y garantizar un crecimiento ordenado del taller.

	Proceso primario	Proceso secundario	Global
Tamaño lote (libras)	20	60	
Duración (mins)	360	360	
Libras/min	<b>0,056</b>	0,167	
Tamaño lote (libras)	20	20	
Duración (mins)	360	120	
Work content (20 libras)	503	512	<b>1.015</b>

*Ilustración 2 – Resumen: Extended Value Stream Mapping. Cálculo de capacidad del proceso bean to bar*

## 5. Conclusiones

En el capítulo final se recogen las principales conclusiones del trabajo, destacando la aplicabilidad de los conocimientos de ingeniería industrial a un caso real con impacto social. Se reflexiona sobre los aprendizajes técnicos y personales adquiridos a lo largo del proyecto, y se plantean futuras líneas de desarrollo que permitirán acompañar la evolución del sistema productivo diseñado. Estas incluyen la adaptación digital del seguimiento de la producción al nuevo proceso, la organización del trabajo, la evaluación de nuevas inversiones y la medición del impacto del nuevo proceso sobre la sostenibilidad de Xocolatl y el proyecto educativo Futuro Vivo. El trabajo sienta así las bases para una colaboración continua y un crecimiento progresivo alineado con los valores del proyecto.

## 6. Referencias

Asociación para el Fomento del Chocolate Bean to Bar de Tueste Artesano en España. (s.f.). *¿Qué es el chocolate bean to bar?* Obtenido de <https://www.chocolatebeantobar.com/que-es-el-chocolate-bean-to-bar/>

Futuro Vivo. (s.f.). *Conócenos*. Obtenido de <https://www.futurovivoguatemala.org/>

Ramírez, C. (2025). Procesos productivos de Xocolatl. (N. Fernández Freige, Entrevistador)

Scarf, R. (2024). *Bean to Bar - Craft Chocolate: The need for education, training and qualifications for an emerging and growing industry*.

Xocolatl Futuro Vivo. (2025). *Inicio*. Obtenido de Xocolatl Futuro Vivo: <https://www.xocolatl-futurovivo.com/>

# **DESIGN OF A CHOCOLATE PRODUCTION WORKSHOP AND MANUFACTURING SYSTEM FOR A GUATEMALAN SOCIAL ENTERPRISE**

**Author: Fernández Freige, Natalia**

Supervisor: Pareja Cano, Braulio.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

This Final Master's Thesis consists in the design of a bean to bar chocolate production workshop for Xocolatl Futuro Vivo, a Guatemalan social enterprise, through the diagnosis of the current system and its comparison with the new process, the evaluation of the required interventions and investment, and the design of processes and layout. The project optimizes plant distribution, defines production capacity, and lays the foundations for implementing this new system, contributing to the economic sustainability of the Futuro Vivo educational project.

**Keywords:** Bean to bar, chocolate workshop, social impact, Guatemala, design of production processes, production capacity.

## **1. Chapter 1 – Introduction**

This chapter presents the context and the foundations of the project. It describes in detail the bean to bar process, explaining its stages and the differences with industrial chocolate production, as well as the current situation of Xocolatl and its motivation to introduce this new process to differentiate and achieve economic sustainability. It also outlines the author's personal motivation to contribute to the positive impact of the Futuro Vivo project, applying the knowledge acquired during her university training to an engineering project with a social purpose. Subsequently, the main and secondary objectives of the work are defined, aimed at designing an efficient and sustainable production system. Finally, the methodology used is detailed, which combines analysis and process design techniques from industrial engineering, together with the project timeline structured into phases and tasks.

## **2. Chapter 2 – Diagnosis of the current workshop and production system**

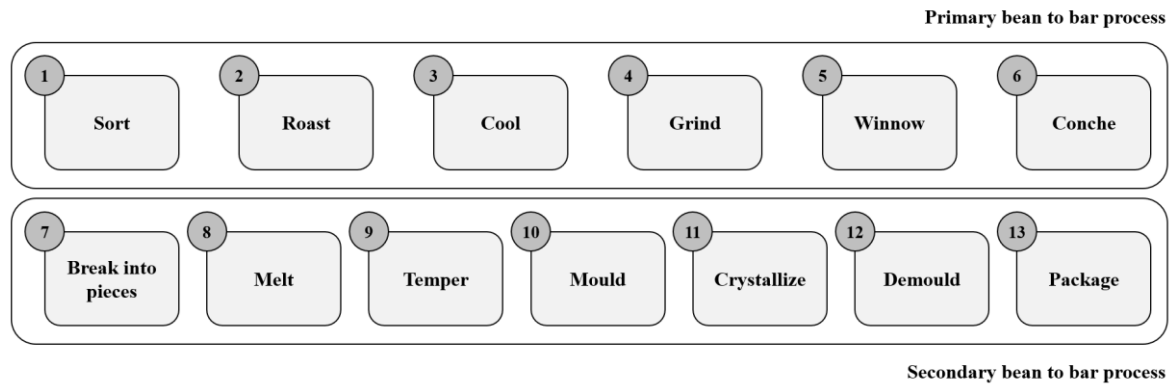
This chapter analyses the existing industrial process used by Xocolatl to produce chocolate, highlighting a high dependency on manual labor in most stages and a production capacity mainly limited by the availability of personnel. Through a detailed study of workflow and the calculation of times and resources, an approximate production capacity of 1,000 bars per week was estimated, consistent with the operational data reported by the company. Based on the understanding of this process and the development of a SWOT analysis, several measures were proposed to improve overall efficiency, including optimizing the use of tempering machines, reducing manual work per batch through better organization and task standardization, and the possibility of introducing partial automation in critical stages such as melting, molding, and packaging.

### **3. Chapter 3 – Interventions and required investment for the bean to bar workshop**

This chapter describes in detail the production flow of the specific bean to bar process to be implemented in Xocolatl. All necessary stages are analysed, from the reception and classification of cocoa beans to obtaining cocoa mass and its subsequent transformation into chocolate bars, highlighting the particularities of this artisanal method aimed at ensuring quality and product differentiation.

Based on this analysis, the main technical and operational differences between the bean to bar process and the current industrial process are identified, such as the need for new roasting, winnowing, grinding, and conching stages, the importance of keeping separate spaces and equipment to avoid cross-contamination of flavors and aromas, and the higher level of control required over production parameters.

Using these findings, a detailed inventory of all resources, machinery, furniture, and interventions necessary to enable the new bean to bar workshop is prepared. This list includes both assets already available at Xocolatl that can be allocated to the new production line and those elements that must be specifically acquired or installed. Based on this inventory, the total investment required is assessed.



*Ilustración 3 – Summary: Bean to bar Production Process*

#### **4. Chapter 4 – Design of the new workshop and production system**

This chapter develops the design of the workshop where the bean to bar chocolate will be produced. First, the plant layout is presented, conceived jointly with the production manager, which organizes the areas for storage, roasting, grinding, conching, and packaging in an optimized manner within the available space to minimize movements and avoid cross-contamination. The design includes differentiated zones for the primary stages (transformation of beans into cocoa mass) and secondary stages (melting, molding, and packaging), as well as intermediate storage areas that provide flexibility to the process.

Subsequently, the process flow diagrams, both primary and secondary, are described, illustrating product circulation and the use of each piece of equipment at each stage. The production capacity of the workshop is then calculated, estimated at 20 pounds per shift, determined mainly by the oven and melangers, which act as bottlenecks. Likewise, the staffing needed to operate at full capacity is calculated, estimated at three people per shift.

Finally, proposals for future development are outlined, such as progressively reducing intermediate inventories, implementing continuous flow, and possibly incorporating more automation to increase productivity and ensure orderly growth of the workshop.

	Primary process	Secondary process	Global
Batch size (pounds)	20	60	
Duration (minutes)	360	360	
Pounds/min	<b>0,056</b>	0,167	
Batch size (pounds)	20	20	
Duration (minutes)	360	120	
Work content (20 pounds)	503	512	<b>1.015</b>

*Ilustración 4 - Summary: Extended Value Stream Mapping. Calculation of the bean to bar process capacity*

## 5. Conclusions

The final chapter presents the main conclusions of the project, highlighting the applicability of industrial engineering knowledge to a real case with social impact. It reflects on the technical and personal learnings acquired throughout the project and outlines future lines of development that will support the evolution of the designed production system. These include the digital adaptation of production tracking to the new process, the organization of work, the evaluation of new investments, and the measurement of the impact of the new process on the sustainability of Xocolatl and the Futuro Vivo educational project. The work thus lays the foundation for ongoing collaboration and progressive growth aligned with the values of the project.

## 6. References

Asociación para el Fomento del Chocolate Bean to Bar de Tueste Artesano en España. (n.d.). *¿Qué es el chocolate bean to bar?* Retrieved from <https://www.chocolatebeantobar.com/que-es-el-chocolate-bean-to-bar/>

Futuro Vivo. (n.d.). *Conócenos*. Retrieved from <https://www.futurovivoguatemala.org/>

Ramírez, C. (2025). *Procesos productivos de Xocolatl*. (N. Fernández Freije, Interviewer)

Scarf, R. (2024). *Bean to Bar - Craft Chocolate: The need for education, training and qualifications for an emerging and growing industry*.

Xocolatl Futuro Vivo. (2025). *Inicio*. Retrieved from Xocolatl Futuro Vivo: <https://www.xocolatl-futurovivo.com/>

## *Índice de la memoria*

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción del proceso bean to bar.....	5
1.2 Descripción de la situación actual de Xocolatl.....	8
1.3 Motivación del Autor .....	9
1.4 Objetivos .....	10
1.5 Metodología.....	11
1.6 Planificación.....	13
<b>Capítulo 2. Diagnóstico del taller y sistema productivo actual.....</b>	<b>15</b>
2.1 Descripción del proceso actual.....	15
2.2 Recursos humanos y organización del proceso actual.....	19
2.3 Cálculo de capacidad del proceso industrial .....	23
2.4 Análisis DAFO del sistema productivo actual .....	27
2.5 Mejoras propuestas para el proceso industrial.....	30
<b>Capítulo 3. Intervenciones e inversión necesaria para el taller bean to bar.....</b>	<b>34</b>
3.1 Descripción del flujo de producción del proceso bean to bar de Xocolatl .....	35
3.2 Diferencias entre los procesos productivos .....	39
3.3 Equipamiento y recursos necesarios para la implementación del proceso bean to bar .....	41
3.4 Evaluación de la inversión necesaria.....	60
<b>Capítulo 4. Diseño del nuevo taller y sistema productivo .....</b>	<b>62</b>
4.1 Distribución en planta del nuevo taller bean to bar .....	62
4.2 Diagrama de flujo en planta del proceso bean to bar .....	70
4.3 Cálculo de capacidad estimada del proceso bean to bar.....	75
<b>Capítulo 5. Conclusiones, aprendizajes y próximos pasos.....</b>	<b>92</b>
<b>Capítulo 6. Bibliografía.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS .....</b>	<b>99</b>

## *Índice de figuras*

Ilustración 1 – Resumen: Proceso productivo bean to bar .....	6
Ilustración 2 – Resumen: Extended Value Stream Mapping. Cálculo de capacidad del proceso bean to bar .....	7
Ilustración 3 – Summary: Bean to bar Production Process .....	10
Ilustración 4 - Summary: Extended Value Stream Mapping. Calculation of the bean to bar process capacity .....	11
Ilustración 5 - Proceso de producción genérico Bean to bar .....	5
Ilustración 6 – Value Stream Mapping del proceso industrial .....	17
Ilustración 7 - Resumen del análisis DAFO del sistema actual.....	27
Ilustración 8 - Roaster de Selmi .....	48
Ilustración 9 - Horno de convección utilizado por Xocolatl para el tueste del cacao .....	49
Ilustración 10 - Winnower de Selmi para la trituración y descascarillado de los granos de cacao .....	50
Ilustración 11 - Molino comúnmente utilizado en procesos bean to bar.....	51
Ilustración 12 - Molino manual utilizado en el taller de Xocolatl.....	52
Ilustración 13 - Descascarilladora de Nemisto .....	54
Ilustración 14 - Descascarilladora utilizada en el taller de Xocolatl .....	55
Ilustración 15 - Descascarilladora de CocoaTown .....	56
Ilustración 16 - Máquina conchadora de Selmi .....	58
Ilustración 17 - Melanger utilizada por Xocolatl.....	59
Ilustración 18 - Ruedas de granito de la melanger .....	59
Ilustración 19 - Plano del nuevo taller bean to bar .....	63
Ilustración 20 - Imagen en tres dimensiones de la distribución del taller Bean to bar .....	69
Ilustración 21 - Imagen en tres dimensiones de la distribución del taller Bean to bar .....	69
Ilustración 22 - Diagrama de flujo de producto en el taller – Proceso primario bean to bar .....	72
Ilustración 23 - Diagrama de flujo de producto en el taller – Proceso secundario bean to bar .....	72

---

Ilustración 24 - Value Stream Mapping del proceso primario bean to bar..... 76

## *Índice de tablas*

Tabla 1: Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto..... 14

Tabla 2: Identificación del cuello de botella del proceso industrial ..... 24

Tabla 3: Elementos disponibles en Xocolatl destinados al nuevo proceso Bean to bar..... 42

Tabla 4: Elementos e intervenciones necesarias para implementar el nuevo taller Bean to bar  
..... 43

Tabla 5: Resumen de la inversión necesaria..... 61

Tabla 6: Identificación del cuello de botella del proceso primario bean to bar ..... 80

Tabla 7: Cálculo del Work Content del proceso primario bean to bar ..... 81

Tabla 8: Identificación del cuello de botella del proceso secundario bean to bar ..... 83

Tabla 9: Extended Value Stream Mapping - Proceso global bean to bar..... 85

Tabla 10: Parámetros clave del proceso bean to bar diseñado ..... 89

Tabla 11: Utilización promedio de las máquinas del proceso bean to bar ..... 90

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

Xocolatl Futuro Vivo es un pequeño negocio de venta de productos de chocolate elaborados de forma artesanal por mujeres del barrio de Concepción Las Lomas, en la Ciudad de Guatemala. Los beneficios de esta empresa social ayudan a garantizar una educación de calidad y un ambiente sano de crecimiento y desarrollo a más de 500 niños y sus familias en dos escuelas impulsadas por el programa educativo Futuro Vivo. Este programa, promovido por las Hermanas Carmelitas de la Enseñanza, tiene como misión transformar la vida de los habitantes de una comunidad marcada por la vulnerabilidad social, económica, laboral, étnica y cultural, convencidas de que la educación es una herramienta poderosa para romper el círculo de la pobreza, la violencia y la exclusión. Sin embargo, su sostenibilidad económica depende casi exclusivamente de donaciones, lo que compromete su estabilidad a largo plazo. Xocolatl nace precisamente con el propósito de proporcionar los recursos financieros necesarios para asegurar la continuidad y el crecimiento del proyecto, generando ingresos mediante la venta de productos de chocolate y ofreciendo empleo digno a mujeres locales, muchas de ellas exalumnas del programa.

En este contexto, este Trabajo de Fin de Máster de Ingeniería Industrial, con un marcado componente social, tiene como objetivo analizar el sistema de producción actual de Xocolatl y diseñar una nueva línea de producción para la elaboración de chocolate bean to bar, complementaria y diferenciada del proceso industrial existente. Este tipo de chocolate es elaborado de forma artesanal con un control exhaustivo de cada etapa, desde la selección del haba de cacao hasta la barra final. De esta forma, el producto final tiene un distintivo de alta calidad y preserva los sabores únicos del cacao, a la vez que promueve prácticas sostenibles. Además, Guatemala posee una rica tradición milenaria en torno al cacao, y este producto ofrece la posibilidad de dar a conocer esa herencia cultural a nivel internacional

La introducción de esta línea responde también a la visión de la jefa de producción del taller, que busca plasmar su formación técnica en un producto que les permita diferenciarse del chocolate industrial y posicionarse en el mercado europeo.

Este capítulo presenta el contexto del proyecto, introduciendo la misión social de Xocolatl Futuro Vivo y la motivación del trabajo. Se explica el proceso bean to bar, se describe la situación actual del taller y se definen los objetivos del proyecto, así como la metodología empleada y la planificación del trabajo.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO BEAN TO BAR

En este capítulo se describe el proceso bean to bar en su forma genérica, basado en el análisis de distintas marcas que lo utilizan como elemento distintivo para comunicar su carácter artesanal. No obstante, al tratarse de un proceso manual y altamente personalizado, su ejecución puede variar en función del criterio del chef chocolatero, así como de los recursos disponibles, la escala de producción y los objetivos de cada empresa. Por ello, en el capítulo 3.1 se presentará el proceso bean to bar específico de Xocolatl, elaborado a partir de entrevistas con la chef chocolatera y adaptado a las particularidades de la marca, su capacidad operativa y sus recursos.

A continuación, en la Ilustración 5 se presenta el esquema de las etapas y sus aspectos claves.

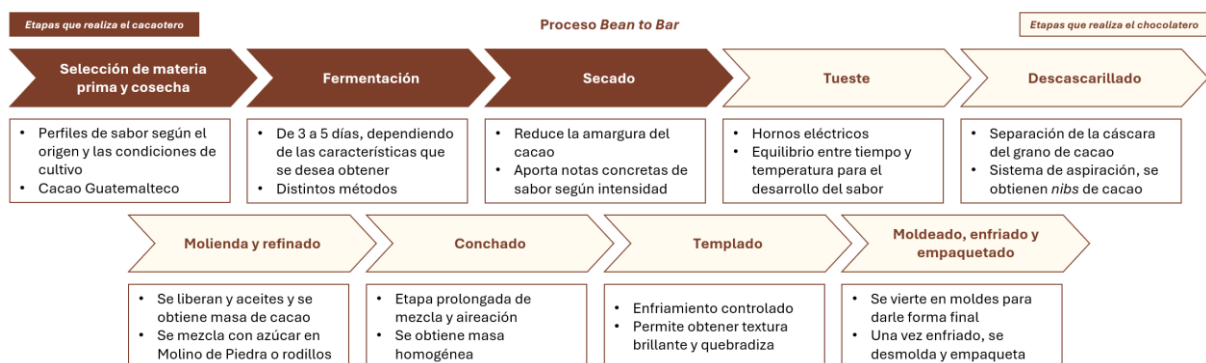


Ilustración 5 - Proceso de producción genérico Bean to bar

El término bean to bar (del haba a la barra, en español) hace referencia a un proceso de producción de chocolate que se distingue notablemente del proceso industrial. Mientras que la producción industrial tiende a estandarizar varias de las etapas, utilizando cacao cultivado de manera masiva en regiones cercanas a la línea del Ecuador y África, el proceso bean to

bar destaca por tener un control exhaustivo de cada fase, utilizando cacao orgánico, y garantizando, por tanto, un producto de mayor calidad.

El cacao utilizado en el proceso bean to bar se cultiva de forma tradicional y, en muchos casos, las plantas de cacao crecen cerca de otras especies, lo que permite desarrollar perfiles de sabor únicos. Es por esta razón que este cacao recibe también el nombre de “cacao fino de aroma”. En contraste, el chocolate industrial emplea técnicas como el sobre tueste o la fermentación incompleta para enmascarar los defectos del haba que surgen en las plantaciones masivas para lograr una uniformidad en el sabor y reducir costes, a expensas de la complejidad y los matices que caracterizan al cacao bean to bar.

A diferencia del chocolate industrial, el concepto bean to bar emplea un proceso artesanal cuyo principal objetivo es la calidad y la diferenciación del producto final. El proceso comienza con la selección de la materia prima, es decir, el haba de cacao. Dependiendo de su origen, la región de cultivo y las condiciones en las que se desarrolla, así como el suelo y la sombra a la que se somete el árbol del cacao, cada haba presenta notas y perfiles de sabor únicos que contribuyen a la riqueza y complejidad del producto final de chocolate.

Tras la cosecha del cacao, comienza la etapa de fermentación, esencial para el desarrollo del sabor final del chocolate. Existen distintos métodos de fermentación con duraciones que varían de los 3 a los 5 días, siendo el tiempo de fermentación clave según el producto/características que se quieren obtener. Uno de los métodos más comunes incluye la utilización de cajas de madera en las que se colocan las habas y se cubren con hojas, de manera que es posible controlar la temperatura y el drenaje de los líquidos que se liberan durante el proceso. Esto asegura una fermentación uniforme y es clave para la obtención de cacaos finos. Además de los métodos comunes, se está experimentando con distintas formas de fermentación como la realizada usando aguas provenientes de la fermentación de otro cacao. El tiempo y el método de fermentación son aspectos de investigación activa en el proceso bean to bar para mejorar los perfiles aromáticos y el sabor.

Tras la fermentación, llega la fase de secado, donde se reduce la humedad y se evapora el ácido acético, reduciendo el sabor amargo del cacao. Durante esta fase se potencia el aroma

y sabor del chocolate aportando notas concretas según la intensidad y la duración de la fase. El secado se puede hacer en tolvas con calor, en patios de cemento o en mesas de madera alternando sol y sombra. En este punto del proceso es cuando la mayoría de los fabricantes de chocolate bean to bar reciben las habas de cacao y se descubren los perfiles de sabor, de ahí la importancia de la alianza entre el cacaotero y el chocolatero.

Después del secado se inicia la etapa de tueste, que normalmente se lleva a cabo en hornos eléctricos. En el proceso bean to bar, las habas se tuestan en pequeños lotes y el equilibrio entre el tiempo y la temperatura a la que se tuestan hace que se desarrollen unas notas de sabor u otras. En las pruebas iniciales llevadas a cabo en el taller de Xocolatl se concluye que un tostado a menor temperatura durante más tiempo presenta más perfiles de sabor.

Tras el tueste, se continúa con la etapa de descascarillado, que consiste en la separación de la cáscara del grano de cacao que tiene aplicaciones adicionales, como en la elaboración de infusiones. Para el descascarillado se utiliza una máquina que utiliza un sistema de aspiración y separa la parte ligera, es decir, la piel, de la parte pesada, el grano, también llamada *nib*.

Los *nibs* de cacao pasan a la etapa de molienda durante la cual se liberan los aceites naturales del cacao conocidos como manteca de cacao, lo que permite obtener una textura espesa y aceitosa llamada masa de cacao. En la fase de refinado esta se mezcla con azúcar y se procesa en un molino de piedra o de rodillos. Posteriormente se inicia el conchado, que es una etapa prolongada de mezcla y aireación que permite mejorar el sabor y la textura hasta conseguir una masa homogénea en la que se desarrolla el aroma del chocolate. Hay distintas posibilidades de máquinas de molienda y conchado. Las tradicionales son de piedras de granito que giran en un tambor y es la máquina que se utiliza actualmente en el taller de Xocolatl. Estas ofrecen un proceso de molienda lento y suave, lo que permite controlar el proceso de manera precisa, evitando el sobrecalentamiento y preservando los sabores y aromas del cacao. Procesos más modernos utilizan máquinas de bolas de acero que son más rápidas y eficientes reduciendo el tamaño de la partícula para obtener una textura suave y refinada.

Tras el conchado se continúa con la etapa de templado. Es un proceso de enfriamiento controlado que permite obtener una textura brillante y fácilmente quebradiza, características de la calidad del chocolate bean to bar.

Por último, se procede con el moldeado, enfriado, y empaquetado. El chocolate se vierte en moldes para darle su forma final y una vez enfriados se desmolda y está listo para ser empaquetado. El chocolate, al no contener apenas agua, puede ser almacenado por un largo periodo, controlando las condiciones de humedad y temperatura.

Actualmente, en el taller de Xocolatl se elaboran distintos productos de chocolate a través del proceso industrial común. En este trabajo se estudiarán las intervenciones necesarias para la implementación del proceso bean to bar descrito.

## ***1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE XOCOLATL***

Actualmente, Xocolatl se dedica a la elaboración de productos de chocolate utilizando cacao industrial. Aunque este cacao es económico y de calidad aceptable, su sabor es plano y carece de perfiles distintivos. La gama de productos actuales incluye también algunas referencias más elaboradas, a base de chocolate industrial combinado con ingredientes de origen local (como chile cobanero, cardamomo, etc.).

Estos productos se elaboran a partir de chocolate ya procesado, que llega al taller en forma de cobertura y se funde para ser moldeado, decorado o combinado con ingredientes locales. El proceso productivo actual, por tanto, se centra en la transformación y personalización de una materia prima preelaborada, sin intervenir en las etapas iniciales de producción del chocolate. La propuesta de valor del producto final reside en el diseño de formas, el grado de personalización y, especialmente, en el propósito social que respalda la marca, que aporta un fuerte componente ético y diferenciador frente a otros productos del mercado.

Con el objetivo de diversificar su catálogo y acceder a nuevos segmentos de mercado, la chef chocolatera ha propuesto desarrollar una línea de productos bean to bar, elaborados mediante un proceso artesanal que prioriza la calidad y la complejidad del sabor. Esta nueva

línea exige un sistema de producción diferenciado y aislado del actual, ya que el chocolate bean to bar no puede mezclarse ni compartir maquinaria con el chocolate industrial sin comprometer su perfil de sabor y aroma.

La integración del proceso productivo bean to bar descrito en el apartado 1.1 requerirá la adaptación de espacios de trabajo y la adquisición de maquinaria específica para las etapas propias del proceso bean to bar, asegurando un producto de calidad.

La introducción de este nuevo producto representa una oportunidad estratégica para Xocolatl: no solo permitirá diversificar su oferta y acceder a nuevos segmentos de clientes, sino también aumentar los ingresos destinados a sostener y ampliar el impacto del proyecto educativo Futuro Vivo. Al mismo tiempo, ofrece la posibilidad de poner en valor el cacao guatemalteco, reconocido entre los mejores del mundo, pero aún poco conocido fuera del país. Su comercialización puede servir como vehículo para proyectar la identidad y la tradición cacaotera de Guatemala en el mercado internacional.

### ***1.3 MOTIVACIÓN DEL AUTOR***

Mi motivación para hacer este Trabajo Fin de Máster surge del deseo de ayudar y ponerme a disposición del proyecto, ya que creo firmemente en el impacto positivo que tiene en la comunidad y en que la educación es la mejor herramienta para transformar vidas. Mi objetivo es demostrar que es posible unir la experiencia universitaria con el impacto social, ejemplificando cómo la ingeniería con propósito puede mejorar la vida de las personas, especialmente en contextos de vulnerabilidad.

Como estudiante del Máster en Ingeniería Industrial, tengo la oportunidad y el objetivo de generar un impacto social aplicando los conocimientos técnicos adquiridos durante mi formación. Este trabajo me permitirá no solo contribuir con mi esfuerzo y habilidades, sino también poner en práctica lo aprendido sobre optimización de procesos, gestión de producción y evaluación de inversiones. Además, el TFM pretende dar visibilidad al

proyecto y sensibilizar sobre su impacto en los habitantes de Concepción Las Lomas, lo que refuerza mi motivación de llevarlo a cabo.

Sin duda mi implicación con Xocolatl Futuro Vivo, es una buena oportunidad para aprender y crear un impacto positivo en un proyecto que representa y pone de manifiesto muchos de mis valores y principios y que se enmarca en mi misión y objetivos como estudiante y profesional.

## ***1.4 OBJETIVOS***

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es diseñar el nuevo taller y sistema de producción de Xocolatl para la elaboración de chocolate bean to bar. El diseño busca implantar una línea de producción diferenciada de la actual, sentando las bases necesarias para que el taller pueda iniciar su actividad. Para ello, se dimensionan aspectos clave como la capacidad productiva esperada y la dotación de personal requerida. Asimismo, el proyecto pretende reforzar la autosostenibilidad del programa educativo Futuro Vivo y amplificar su impacto social en la comunidad de Concepción Las Lomas.

Para la consecución de este objetivo principal será necesario llevar a cabo los siguientes objetivos secundarios:

1. Analizar el proceso actual de producción y su organización: Comprender el funcionamiento del sistema productivo vigente en Xocolatl, incluyendo la organización de tareas, flujos de trabajo y roles del personal. Calcular la capacidad productiva del proceso actual y contrastarla con los datos operativos reales para interpretar la estrategia de producción. Evaluar sus fortalezas y debilidades mediante un análisis estructurado y proponer mejoras orientadas a aumentar la eficiencia y la calidad.
2. Identificar los elementos necesarios para la implementación del taller bean to bar: Elaborar un listado detallado de los recursos, equipos, maquinaria y adecuaciones necesarias para establecer una línea de producción bean to bar. Evaluar la inversión

requerida para su adquisición e instalación, y comprender el papel que cada equipo jugará dentro del nuevo flujo productivo.

3. Diseñar el nuevo taller y sistema de producción de Xocolatl para la elaboración de producto bean to bar: Diseñar un sistema de producción optimizado que asegure la eficiencia operativa y la utilización eficaz de los recursos. Esto incluye la organización de los espacios, el uso de la maquinaria, la asignación de recursos humanos y el análisis de la capacidad productiva con el nuevo proceso.
4. Sensibilizar acerca de la situación de la comunidad a la que sirve el proyecto Futuro Vivo y del valor de la ingeniería con propósito: Generar conciencia sobre la importancia de la educación y de un entorno de desarrollo seguro, en el contexto de vulnerabilidad del barrio de Concepción Las Lomas y de las familias a las que apoya Futuro Vivo. Este proyecto pone en valor cómo la ingeniería puede contribuir a mejorar la calidad de vida de comunidades en riesgo, sentando las bases para que en el futuro se pueda involucrar a stakeholders, como distribuidores, minoristas, inversores de impacto o consumidores, en el apoyo y la sostenibilidad del modelo.

## **1.5 METODOLOGÍA**

Para la elaboración del trabajo se han consultado distintas fuentes primarias y secundarias, así como bases de datos públicas y se emplearán métodos de Ingeniería Industrial de diseño y optimización de Sistemas de Producción y Fabricación. Las etapas del desarrollo del trabajo incluyen:

1. Diagnóstico del taller y sistema productivo actual: se utilizarán fuentes primarias para conocer el propio taller y sistema de fabricación actual. La metodología tras recoger la información necesaria consistirá en elaborar un análisis DAFO del taller actual, identificando las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del sistema productivo. Será necesario describir el flujo de trabajo actual y evaluar la capacidad productiva, analizando los recursos actuales y usando KPIs de producción y eficiencia para definir mejoras.

2. Evaluación de la inversión necesaria para la introducción del producto bean to bar: de nuevo se consultarán fuentes primarias, además de fuentes secundarias para conocer el proceso de elaboración del producto bean to bar, la maquinaria necesaria y las etapas. Será necesario identificar la maquinaria que se debe incorporar al taller, estimar los costes de acondicionamiento del espacio y elaborar el análisis financiero teniendo en cuenta la inversión inicial, los recursos disponibles y las posibles fuentes de financiación.
3. Diseño del nuevo taller y sistema productivo: Para esta fase del proyecto se han empleado herramientas de Organización Industrial y Sistemas de Producción y Fabricación para diseñar flujos de trabajo eficientes y proponer una distribución adaptada al proceso bean to bar. Se han definido los flujos de producto, la dotación necesaria de personal y maquinaria, y se ha calculado la capacidad productiva. La metodología incluye la elaboración de Value Stream Mapping, el análisis de cuellos de botella y la evaluación de productividad y uso de recursos.
4. Sensibilización sobre el impacto social de Xocolatl: se sentarán las bases para generar materiales informativos que expliquen la propuesta de valor de Xocolatl y el beneficio social que reporta en el proyecto Futuro Vivo. Para ello será necesario medir el impacto de la introducción del nuevo producto en las ventas de Xocolatl y la mejora en la eficiencia de la producción con las modificaciones implementadas, como parte de una línea de trabajo futura una vez esté operativa la línea bean to bar.

Para llevar a cabo la metodología descrita se utilizarán fuentes primarias y secundarias:

Las fuentes primarias incluyen:

- Entrevistas con la jefa de producción de Xocolatl para entender el sistema de producción actual y las intervenciones necesarias para introducir el producto bean to bar. En estas entrevistas se irá recabando toda la información como las etapas del proceso, las máquinas existentes en el taller, los recursos financieros o las restricciones operativas.

- Observaciones del equipo de trabajadores del taller para identificar fortalezas y debilidades de los flujos de trabajo.
- Informes de costes y presupuestos de Xocolatl para la evaluación de la inversión.
- Planos del espacio y el taller productivo para el acondicionamiento del espacio y organización del nuevo sistema de fabricación.
- Métricas del sistema de producción actual y resultantes de las pruebas del nuevo proceso que se lleven a cabo en el taller productivo.

Fuentes secundarias y bases de datos de acceso público:

- Informes y artículos sobre el proceso bean to bar.
- Estudios sobre optimización de procesos en pequeñas empresas manufactureras.
- Informes sobre la maquinaria empleada en procesos bean to bar.
- Estudio de casos de otras empresas con un proceso o modelo de negocio similar al de Xocolatl.
- Páginas webs de tiendas online de productos bean to bar.
- Entrevistas con personas especializadas en el diseño de sistemas de producción y fabricación.
- Material de la asignatura Sistemas de Producción y Fabricación del segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de Comillas – ICAI.

## ***1.6 PLANIFICACIÓN***

A continuación, se expone un diagrama de Gantt que muestra la cronología y organización del trabajo:

Actividad	MESES																					
	SEP		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL	
	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30	1-15	15-30
1. Asignación del proyecto	█		█																			
2. Investigación preliminar bean to bar			█		█		█		█													
3. Diagnóstico del taller y sistema actual							█		█		█											
4. Evaluación de intervenciones e inversión									█		█		█									
5. Diseño del layout y el flujo de producción											█		█		█		█					
6. Cálculo de la capacidad bean to bar																	█		█		█	
7. Conclusiones																			█		█	
8. Defensa del TFM																					█	

*Tabla 1: Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto*

## **Capítulo 2. DIAGNÓSTICO DEL TALLER Y SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL**

Una vez entendido el proceso de elaboración genérico del chocolate Bean to bar, descrito en el apartado 1.1, el primer objetivo es entender el sistema de producción actual de chocolate industrial de Xocolatl para entender el punto de partida, analizar sus fortalezas y debilidades y proponer algunas mejoras orientadas a optimizar la producción existente.

### ***2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL***

Para comprender el proceso productivo actual del taller de Xocolatl, por el cual se producen productos de chocolate de tipo industrial, se han llevado a cabo una serie de entrevistas a la jefa del taller. A continuación, se detalla el flujo de producción actual, junto con sus especificaciones y los tiempos estimados para cada etapa.

El proceso productivo comienza con la **recepción de la materia prima** con una frecuencia quincenal. Se trata de chocolate industrial ya elaborado, que se recibe en bloques grandes preprocesados y listos para ser troceados y fundidos. En cambio, en un proceso bean to bar se reciben granos de cacao crudos, previamente seleccionados, que tendrán que ser tostados y tratados al comienzo del proceso. Los bloques de chocolate recibidos se almacenan en una bodega organizada por sabores y se seleccionan e introducen en el flujo productivo según la producción planificada para cada día.

El tamaño del lote se define en 5 libras (equivalente a 2,27 kg), que corresponde a la capacidad individual de cada máquina atemperadora. No obstante, dado que el taller cuenta con tres atemperadoras que se utilizan simultáneamente según lo recogido en entrevistas con la jefa del taller, en los cálculos de capacidad productiva se considerará un volumen equivalente a 15 libras por lote. Sin embargo, los tiempos descritos a continuación en cada etapa corresponden al procesamiento de un lote unitario de 5 libras, por lo que posteriormente se ajustarán proporcionalmente al tamaño total de producción.

1. **Troceado del chocolate:** El proceso comienza con el troceado manual de los bloques de chocolate en piezas más pequeñas, para facilitar su posterior fusión. Esta tarea, realizada sobre mesas de acero inoxidable, con una dedicación 100% manual, tiene una duración aproximada de 10 minutos por lote.
2. **Fusión del chocolate:** Los trozos de chocolate se colocan en recipientes hondos y se derriten utilizando un microondas en intervalos de 30 segundos, removiendo entre cada ciclo para garantizar una fusión uniforme. Durante esta etapa se controla la temperatura que alcanza el chocolate, que debe superar los 40°C, pero no exceder los 55°C. El tiempo total requerido para fundir un lote de 5 libras de chocolate es de aproximadamente 10 minutos. De ese tiempo, el 50 % requiere intervención manual para supervisar el proceso y remover el chocolate de forma periódica, asegurando un fundido homogéneo.
3. **Atemperado:** Una vez fundido, el chocolate se transfiere a una máquina atemperadora, que lo enfría y mantiene a una temperatura estable entre 28 °C y 35 °C, rango necesario para trabajar el chocolate con facilidad y asegurar un acabado uniforme. Cada atemperadora tiene capacidad para procesar 5 libras de chocolate por ciclo, con una duración de 30 minutos. Aunque en el resto de las etapas los tiempos se presentan sobre la base de un lote de 5 libras, el taller dispone de tres máquinas, lo que permite atemperar hasta 15 libras en paralelo en el mismo tiempo de proceso (30 minutos). En la etapa de atemperado solo se precisa una dedicación manual estimada del 20% ya que únicamente es suficiente meter y sacar el chocolate una vez transcurrido el tiempo correspondiente.
4. **Moldeado:** Con el chocolate ya atemperado, se procede al llenado manual de moldes de acetato o policarbonato previamente limpiados. Los moldes con chocolate se colocan en una mesa vibradora para eliminar burbujas de aire y conseguir una textura fina y uniforme. Esta etapa de moldeado del chocolate tiene una duración de 30 minutos por lote y precisa una dedicación manual del 100% del tiempo.
5. **Cristalización:** A continuación, los moldes se colocan en una cava de vino, donde las tabletas cristalizan y adquieren firmeza. Este equipo permite mantener una temperatura constante y un nivel de humedad controlado, lo que evita la formación

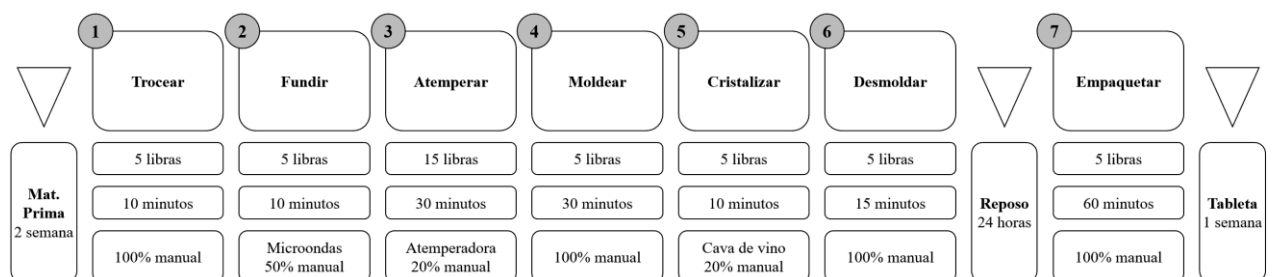
de condensación y contribuye a obtener un acabado brillante y uniforme. El proceso de cristalización tiene una duración aproximada de 10 minutos. Esta etapa tiene una dedicación manual del 20% ya que únicamente es necesario meter y sacar el chocolate de la cava de vino.

- Desmoldado:** Una vez cristalizado, el chocolate se desmolda por gravedad, volteando los moldes sobre un paño limpio. Las tabletas se colocan en bandejas de aluminio, separando si es necesario las distintas capas con plástico. La etapa de desmoldado tiene una duración de 15 minutos y precisa una dedicación 100% manual.

Tras el desmoldado, las tabletas se dejan reposar en las bandejas durante al menos 24 horas antes de ser empaquetadas. Este reposo garantiza la estabilización de los cristales de manteca de cacao y mejora la textura final.

- Empaquetado:** Finalmente, se realiza el empaquetado en dos fases: primero se envuelve cada tableta en papel laminado y luego se coloca la etiqueta externa, que cumple tanto función estética como normativa, ya que incluye la fecha de producción y el lote. Esta etapa requiere aproximadamente 60 minutos por lote y precisa también una dedicación manual del 100% del tiempo.

Tras la descripción de todas las etapas del sistema productivo actual de Xocolatl, en la Ilustración 6 se muestra el *Value Stream Mapping* del proceso.



*Ilustración 6 – Value Stream Mapping del proceso industrial*

En resumen, el proceso industrial se caracteriza por requerir una dedicación manual casi total en la mayoría de sus etapas. Las únicas operaciones en las que interviene una máquina corresponden al uso del microondas para la fusión, las máquinas atemperadoras para

controlar la temperatura del chocolate y la cava de vino empleada en la fase de cristalización. El resto de las etapas dependen íntegramente del trabajo manual del personal del taller.

Además de las distintas etapas del proceso productivo, el diagrama muestra los stocks de materia prima y de producto terminado. La materia prima se dimensiona para mantener un inventario equivalente a dos semanas de producción, ya que los insumos se reciben con una frecuencia quincenal, lo que permite asegurar la continuidad operativa ante posibles retrasos o incidencias en el suministro y ajustarse a la demanda. El stock de producto terminado se calcula para cubrir aproximadamente una semana de demanda, facilitando una respuesta ágil a los pedidos. Asimismo, se representa el stock intermedio correspondiente al reposo obligatorio de 24 horas antes del empaquetado final.

Cabe destacar que, en un proceso bean to bar, la elaboración comienza con la selección y el tostado de los granos de cacao, seguido de etapas propias de este método, como el descascarillado, la molienda y el conchado. Estas fases adicionales permiten un control más directo sobre el sabor y la calidad final del chocolate, pero también implican una mayor complejidad técnica y la necesidad de equipos especializados. Una vez obtenida la pasta de cacao en el proceso bean to bar, el proceso de transformación hasta la barra empaquetada es equivalente al que actualmente se emplea con chocolate industrial. Sin embargo, no es posible utilizar la misma maquinaria ni el mismo espacio, ya que los aromas y perfiles únicos del chocolate bean to bar pueden contaminarse fácilmente por contacto con el entorno, comprometiendo su calidad final.

Aunque el proceso de elaboración de chocolate en el taller de Xocolatl sigue un flujo secuencial de etapas, no se considera una línea de producción en sentido estricto, ya que el desplazamiento del producto entre operaciones no es continuo ni automatizado. En su lugar, se trabaja mediante lotes que avanzan manualmente de una fase a otra, con pausas o acumulación intermedia, como ocurre durante el reposo de 24 horas. Sin embargo, el proceso permite cierta simultaneidad de actividades, de modo que, mientras un lote se encuentra en atemperado o en reposo, las operarias pueden iniciar tareas de preparación o troceado del siguiente lote. Por este motivo, se clasifica como un proceso por lotes con flujo ordenado y

operaciones parcialmente solapadas, que combina organización secuencial con flexibilidad en la gestión de tiempos y alta intervención manual. Como se verá más adelante en el cálculo de la capacidad productiva, el rendimiento total del proceso depende directamente del tiempo de trabajo disponible por parte de las operarias.

El sistema de planificación de la producción tiene como principio fabricar contra pedido, generando bajos niveles de inventario. Esto va en línea con la naturaleza del producto y la demanda, que requiere un bajo volumen de producción con cierto nivel de personalización. Los pedidos se fabrican generalmente por orden de llegada, a excepción de aquellos que requieren un plazo menor al estándar que pueden adelantarse en la planificación, valorando el beneficio económico que se obtiene por este.

En la variedad de productos hay algunos que se fabrican durante todas las épocas del año, pero varían según las temporadas en formas y colores. Por otra parte, hay productos específicos para cada mes o para determinados clientes, como por ejemplo cafeterías y tiendas gourmet o productos para regalos corporativos.

La producción media del taller es de aproximadamente 1.000 barras a la semana, aunque la capacidad de las máquinas permitiría elaborar un volumen mayor si fuese necesario. La cantidad efectivamente producida se ajusta en función de la demanda real, la disponibilidad de mano de obra y la planificación de pedidos. Durante picos de consumo estacional, como San Valentín, Navidad o el Día de la Madre, se organizan estrategias de anticipación, elaborando ciertos productos o componentes con antelación. Por ejemplo, para atender la demanda navideña, parte de la producción se inicia ya en octubre, lo que permite responder de forma ágil y asegurar la disponibilidad sin sobrecargar al equipo en los momentos de mayor actividad.

## ***2.2 RECURSOS HUMANOS Y ORGANIZACIÓN DEL PROCESO ACTUAL***

En el proceso productivo actual hay 4 funciones que deben ser cubiertas: producción, pedidos, facturación y ventas.

En primer lugar, el proceso actual cuenta con una persona que está permanentemente dedicada a la función de producción, es decir, es la chocolatera que elabora directamente los distintos productos, de acuerdo con el proceso descrito anteriormente. La jefa del taller, con formación más especializada, se involucra en el proceso de producción cuando el producto es más exclusivo, ya sea para elaborarlo ella misma o dotar a la trabajadora de la capacitación necesaria para elaborar ese producto.

En segundo lugar, hay una persona encargada de la organización de la producción. Las funciones de esta trabajadora son las siguientes:

- Identificación de la prioridad con la que se deben elaborar los productos que conforman los pedidos y asignar consecuentemente el trabajo a la chocolatera
- Solicitud de materia prima a los proveedores y registro de estas compras en el sistema contable
- Registro de los pedidos de los clientes. Estos provienen de distintos canales: comunicación directa al taller de Xocolatl, kiosco de venta al público y redes sociales
- Empaquetado de productos
- Distribución y despacho de pedidos
- Organización de la bodega en la que se almacena el inventario: control de existencias y registro de incidencias

Aunque esta trabajadora desempeña funciones logísticas y administrativas, también participa activamente en el empaquetado y apoyo a la producción, por lo que se la puede contabilizar como un recurso disponible para las tareas productivas.

En tercer lugar, hay una persona encargada de la facturación y de realizar labores decorativas en el chocolate y el empaquetado. Además, atiende a los clientes por las redes sociales y se encarga de la venta al público en el kiosco una vez a la semana. Dado que colabora de forma regular en las fases finales de producción (decoración y empaquetado), también puede considerarse parte del equipo operativo en ciertos momentos.

En cuarto lugar, hay una persona encargada de atender el kiosco de venta al público de viernes a miércoles.

Además, la jefa del taller tiene las siguientes funciones:

- Administración
- Supervisión de la contabilidad
- Administración de cuentas bancarias
- Elaboración de presupuestos
- Cálculo y gestión de costes de productos
- Diseño de nuevos productos
- Elaboración de moldes personalizados
- Decoración de chocolates
- Estandarización de recetas

En resumen, Xocolatl cuenta con cinco trabajadoras fijas: una chocolatera principal, una coordinadora de producción e inventario, una responsable de facturación y soporte administrativo, una vendedora y la jefa del taller. En la práctica, hasta **tres de estas personas participan de manera directa en las operaciones de producción y empaquetado**, especialmente en momentos de alta carga de trabajo.

Durante fechas de alta demanda, como la Navidad o festividades señaladas, se incorpora personal adicional durante 2 o 3 días semanales. En Navidad, por ejemplo, colaboran tres personas extra tres días a la semana para reforzar la capacidad productiva y de empaquetado.

Además de las 5 trabajadoras fijas y el personal extra para cubrir los picos de demanda, hay trabajadores asociados que realizan tareas auxiliares:

- Una persona encargada de las redes sociales y las campañas publicitarias
- Una persona encargada de la contabilidad que proviene de la administración del colegio de Futuro Vivo, pero cuyo salario depende de la dedicación mensual necesaria a la contabilidad de Xocolatl.

- Un transportista de Futuro Vivo que, de igual forma, recibe parte de su salario de Xocolatl en función de su dedicación mensual.

La duración de los turnos de trabajo es la siguiente:

- La chocolatera trabaja 5 días a la semana durante 8 horas (de 7:30 a 15:30)
- El kiosco está abierto de 9:00 a 18:00 los lunes, martes, miércoles y viernes. Los sábados y domingos está abierto de 10:00 a 18:00.
- El resto del personal trabaja 5 días a la semana durante 10 horas (de 7:30 a 17:30). De estas 10 horas se puede estimar que 8 horas se destinan a producción y empaquetado y 2 horas a labores administrativas.

El flujo de producción descrito, junto con la organización de los recursos humanos, permite a Xocolatl atender de manera eficiente una demanda aproximada de 1.000 barras a la semana, que se distribuyen a través de cuatro canales de venta principales:

1. Venta directa en el taller: El taller productivo de Xocolatl está ubicado junto al colegio Futuro Vivo en Ciudad de Guatemala. Esto permite vender chocolate sin incurrir en costes de transporte o logística.
2. Kiosco en centro comercial: Xocolatl dispone de un punto de venta en Plaza Variedad, Ciudad de Guatemala. El chocolate es transportado hasta el kiosco, donde una vendedora se encarga de la atención al público y la venta directa al consumidor final.
3. Tienda online: Xocolatl cuenta con una tienda en línea a través de su página web y redes sociales. Los clientes pueden realizar pedidos, que son entregados mediante un servicio de reparto de Xocolatl. Actualmente, el alcance de este canal se limita a la Ciudad de Guatemala.
4. Ventas a empresas (B2B): Este canal está dirigido a clientes corporativos que realizan pedidos en volúmenes mayores y, en algunos casos, con requisitos específicos. Estos pedidos pueden ser recogidos directamente en el taller o enviados mediante el repartidor de Xocolatl.

## **2.3 CÁLCULO DE CAPACIDAD DEL PROCESO INDUSTRIAL**

En las entrevistas realizadas con la jefa del taller se recoge que la capacidad estimada del proceso de producción de tabletas de chocolate industrial es de aproximadamente 1.000 barras a la semana. En este capítulo se presenta el cálculo detallado de la capacidad a partir del Value Stream Mapping mostrado en la Ilustración 6. Este análisis permitirá identificar la estrategia de producción empleada por Xocolatl y proponer posibles áreas de mejora.

El primer paso para dimensionar la capacidad es determinar el cuello de botella del proceso, ya que este factor condiciona la capacidad teórica, es decir, la máxima producción alcanzable con los recursos y la maquinaria disponible. Para este cálculo, y dado que el taller cuenta con tres atemperadoras de 5 libras cada una, se define un tamaño de lote equivalente a 15 libras en todas las etapas del proceso.

Los tiempos de duración de cada fase se han estimado considerando una relación lineal con respecto al tamaño del lote de 5 libras mostrado en el VSM de la Ilustración 6. En las etapas que son 100% manuales, esta relación lineal refleja de manera fiel la duración real. En cambio, en las operaciones que utilizan el microondas y la cava de vino para la cristalización, se ha adoptado una estimación conservadora basada en el supuesto de que el tiempo aumenta proporcionalmente con la cantidad procesada. Este enfoque se justifica porque no se dispone de datos específicos sobre los tiempos necesarios para procesar 15 libras en lugar de 5. Sin embargo, es importante señalar que estas dos máquinas no presentan limitaciones de capacidad por tamaño de lote y que, en la práctica, el aumento del tiempo probablemente no sea lineal, ya que no se requeriría el triple de tiempo para fundir o cristalizar el triple de cantidad. A pesar de ello, se considera que esta aproximación lineal es una hipótesis adecuada y representativa para estimar la capacidad del proceso de manera orientativa.

A continuación, se muestran en la Tabla 2 los tiempos estimados de cada etapa para un lote de 15 libras, así como el porcentaje de dedicación manual asociado a cada una de ellas.

Tabla 2: Identificación del cuello de botella del proceso industrial

	Trocear	Fundir	Atemperar	Moldear	Cristalizar	Desmoldar	Reposo	Empaquetar
Tamaño lote (libras)	15	15	15	15	15	15	15	15
Duración (mins)	30	30	30	90	30	45	1.440	180
% Manual	100%	50%	20%	100%	20%	100%	0%	100%
Mins Manuales	30	15	6	90	6	45	0	180
Libras/mins	0,500	<b>0,500</b>	<b>0,500</b>	0,167	<b>0,500</b>	0,333	-	0,083

Como se puede observar, el cuello de botella está equilibrado entre las tres máquinas que intervienen en el proceso, es decir, el microondas, las atemperadoras y la cava de vino, todas con una capacidad estimada de 0,5 libras por minuto. Esta capacidad representa el cuello de botella del proceso, ya que determina la capacidad máxima teórica que se podría alcanzar con la maquinaria disponible, siempre que en el resto de las etapas manuales se disponga del número de personas necesario para su operación

Teniendo en cuenta 360 minutos útiles de trabajo sobre un turno de 8 horas, y considerando un factor de eficiencia del 75% como margen de concesión para el personal y para contemplar posibles incidencias o tiempos de limpieza (OEE), se puede calcular la capacidad de la siguiente manera:

$$Capacidad\ Productiva = 0,5 \frac{libras}{min} \cdot 360 \frac{min}{turno} = 180 \frac{libras}{turno}$$

Es decir, la **capacidad teórica máxima del proceso definida por la maquinaria disponible es de 180 libras por turno.**

El siguiente paso es calcular el work content, es decir, el tiempo total de trabajo manual que se requiere para procesar un lote de 15 libras, con el fin de determinar cuántas personas serían necesarias para producir ese volumen. El work content se calcula sumando los minutos manuales de todas las etapas, y se obtiene un total de 372 minutos por lote de 15 libras. Con este dato, se puede escalar el trabajo necesario para producir 180 libras en un turno mediante la siguiente proporción:

$$Work\ Content\ (180\ libras) = \frac{372\ minutos}{15\ libras} \cdot 180\ libras = 4.464\ minutos$$

A partir de este work content, se puede calcular el número de personas requeridas para producir 180 libras por turno:

$$\text{Personas necesarias} = \frac{4.464 \frac{\text{minutos}}{180 \text{ libras}}}{360 \frac{\text{minutos}}{\text{persona}}} = 12,4 \frac{\text{personas}}{180 \text{ libras}}$$

Es decir, serían necesarias 13 personas para producir 180 libras en un turno. Este resultado pone de manifiesto la alta intensidad de mano de obra de este proceso: aunque la capacidad de la maquinaria sea elevada, se requeriría un volumen importante de personal si se quisiera producir al máximo rendimiento.

Según las entrevistas realizadas con la jefa del taller, y como se ha explicado en el capítulo 2.2, se pueden contabilizar tres personas dedicadas a las funciones de producción durante 8 horas en cada turno. De este modo, teniendo en cuenta el work content calculado, puede estimarse cuál sería la producción equivalente a esta dotación de personal:

$$\text{Producción con 3 personas} = \frac{180 \text{ libras}}{12,4 \text{ personas}} \cdot 3 \frac{\text{personas}}{\text{turno}} = 43,5 \frac{\text{libras}}{\text{turno}}$$

Por tanto, **con tres personas se pueden producir aproximadamente 43,5 libras por turno.** Este cálculo es consistente con la estimación previa de producción, como puede comprobarse a continuación:

$$\text{Prod. semanal} = 43,5 \frac{\text{libras}}{\text{turno}} \cdot 5 \frac{\text{turnos}}{\text{semana}} \cdot 453,592 \frac{\text{gramos}}{\text{libras}} \cdot \frac{1 \text{ tableta}}{90 \text{ g}} = 1.097 \frac{\text{tabletas}}{\text{semana}}$$

De este modo, se valida el dato aportado en las entrevistas, en las que se estimaba una producción semanal aproximada de 1.000 tabletas.

Este análisis sugiere que la estrategia operativa de Xocolatl se basa en ajustar la dotación de personal en función de la demanda: en condiciones normales, tres personas resultan suficientes para cubrir la producción de 1.000 barras semanales, mientras que, en picos de demanda, se incorpora personal adicional aprovechando que la capacidad de las máquinas

es superior. Así, la cantidad efectivamente producida viene determinada principalmente por el número de personas disponibles, y no por la capacidad teórica de la maquinaria. De hecho, aunque se disponga de tres máquinas atemperadoras, bastaría con utilizar una para cubrir esta producción, sin que llegara a constituir un cuello de botella.

Si se calcula la capacidad real a la que opera el proceso para alcanzar esta producción semanal, se obtiene:

$$\text{Capacidad real} = \frac{43,5 \frac{\text{libras}}{\text{turno}}}{360 \frac{\text{mins}}{\text{turno}}} = 0,121 \text{ libras/min}$$

Es decir, la capacidad real operativa corresponde a 0,121 libras por minuto, un valor incluso inferior a la capacidad de una sola atemperadora, que sería de 0,167 libras por minuto.

Esta capacidad real también indica el ritmo mínimo al que deben trabajar las etapas manuales. Como puede observarse en la Tabla 2, la única operación manual cuya capacidad individual es menor que este valor es el empaquetado (0,083 libras/min), por lo que la producción alcanzable por turno depende directamente del tiempo que las personas dediquen a esta fase, siempre que el resto de las operaciones no se conviertan en una limitación. De este modo, puede calcularse el número de personas que deberían estar dedicadas al empaquetado para sostener una capacidad de 0,121 libras por minuto:

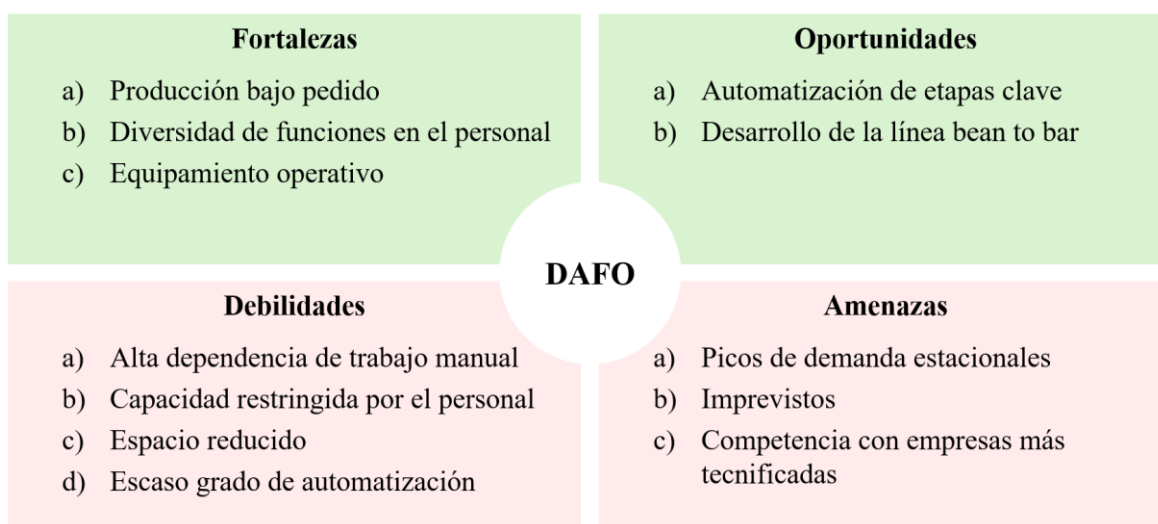
$$\text{Personas empaquetado} = \frac{0,121 \frac{\text{libras}}{\text{min}}}{0,083 \frac{\text{libras}}{\text{min} \cdot \text{persona}}} = 1,45 \text{ personas}$$

Es decir, sería necesario que, de las tres personas disponibles, una trabajara exclusivamente en empaquetado y una segunda dedicara aproximadamente el 45% de su jornada, lo que equivale a 216 minutos (unas 3 horas y 35 minutos) por turno. Esta organización también podría realizarse de forma acumulada a lo largo de la semana, destinando jornadas completas exclusivamente al empaquetado según las necesidades.

Todo lo anterior es coherente con lo recogido en las entrevistas, donde se indicaba que hay una persona dedicada en exclusiva a la producción y otras que aportan apoyo parcial según disponibilidad.

En conjunto, estos cálculos validan la producción estimada por la jefa del taller y permiten dimensionar de forma precisa la capacidad real del proceso, cuantificando tanto el número de personas necesarias como la capacidad efectiva con la que opera actualmente Xocolatl en la elaboración de productos de chocolate industrial.

## 2.4 ANÁLISIS DAFO DEL SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL



*Ilustración 7 - Resumen del análisis DAFO del sistema actual*

Para elaborar un diagnóstico del sistema productivo actual del taller de Xocolatl, se analizarán las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presenta el taller.

### 1. Fortalezas:

- a. Producción bajo pedido: La estrategia de fabricación contra pedido permite bajos niveles de inventario y la adaptación a las necesidades del cliente, lo que resulta ideal para un taller como Xocolatl, donde los recursos son limitados. Este enfoque evita la producción innecesaria facilitando la planificación y alineando los recursos con la demanda real. De esta manera,

se evita el uso excesivo de los insumos y se optimiza el uso del tiempo y la maquinaria disponible, haciendo el sistema más eficiente y reduciendo costes de almacenamiento. Además, al producir bajo demanda, se garantiza la frescura de los productos, se minimiza el riesgo de deterioro y se facilita la personalización, lo que incrementa la satisfacción de los clientes y aporta al taller un elemento de diferenciación en un mercado competitivo.

- b. Diversidad de funciones: El personal tiene la capacidad de realizar tareas diversas, lo que permite una gestión integral del proceso, desde la producción hasta la venta directa. De esta manera, los recursos humanos del proceso son versátiles y pueden adaptarse a las necesidades de la producción y la demanda, dotando al sistema de flexibilidad para asumir picos de demanda y facilitando la optimización de recursos. Además, la jefa del taller y la chocolatera tienen experiencia y capacitación para elaborar productos exclusivos, añadiendo elementos de diferenciación ante otros competidores.
- c. Equipamiento operativo: El taller dispone de la maquinaria esencial para elaborar el producto, y estas cuentan con capacidad suficiente para asumir incrementos de producción en periodos de alta demanda. Además, las tres principales máquinas del proceso (microondas, atemperadoras y cava de vino) están equilibradas en términos de capacidad, por lo que ninguna representa un cuello de botella crítico al escalar la producción. Este equilibrio facilita mantener un flujo productivo estable, con margen de adaptación ante variaciones en el volumen de pedidos.

## 2. Debilidades:

- a. Alta dependencia de trabajo manual: Gran parte del proceso depende de operaciones manuales (troceado, fundido, moldeado y empaquetado), lo que limita la capacidad de escalar la producción y genera riesgo de variabilidad entre lotes.
- b. Capacidad restringida por el personal disponible: Aunque la capacidad teórica de la maquinaria permitiría producir más, la producción real está limitada por el número de personas trabajando en el taller, lo que hace que

cualquier incremento de volumen dependa directamente de contratar más mano de obra.

- c. Espacio reducido: El área de producción es limitada, lo que dificulta trabajar con volúmenes grandes o varios pedidos en paralelo sin comprometer la organización y la limpieza del entorno. Esto limita también la cantidad de personas que es posible contratar, ya que el espacio disponible no permite incrementar la dotación de personal sin generar interferencias operativas, riesgo de contaminación cruzada o problemas de coordinación durante la producción.
- d. Escaso grado de automatización y maquinaria doméstica: La utilización de microondas domésticos y la falta de equipos más industriales exigen supervisión constante por parte de las trabajadoras, ralentizando el flujo productivo y limitando la capacidad de respuesta ante picos de demanda sin aumento de personal.

### 3. Oportunidades:

- a. Automatización de las etapas clave: La incorporación de maquinaria especializada como fundidoras industriales, dosificadoras o empaquetadoras, permitiría aumentar la capacidad productiva, reducir tiempos y disminuir la dependencia del trabajo manual, asegurando mayor homogeneidad entre lotes.
- b. Desarrollo de la línea bean to bar: La implantación de un proceso bean to bar ofrece la oportunidad de diferenciar la oferta y captar nuevos segmentos de clientes interesados en productos artesanales de alto valor añadido. Esto justificaría inversiones en equipamiento específico y en adecuación de espacios productivos separados.

### 4. Amenazas:

- a. Picos de demanda estacionales: en los periodos de alta demanda, el sistema actual puede no ser capaz de satisfacer todos los pedidos a tiempo, generando posibles pérdidas de ventas. Además, al requerir estos periodos contratación

de personal extra, la organización del taller y la producción requiere mayor esfuerzo, pudiendo conllevar una reducción en la calidad.

- b. Imprevistos: al tratarse de un proceso en línea, un fallo en alguna de las máquinas puede conllevar la parada del proceso completo si este no se ha planificado con suficiente cantidad de inventario *work in progress*. Además, otras situaciones incontrolables como la pérdida de electricidad o problemas en la recepción de materia prima pueden afectar a la producción.
- c. Competencia con empresas más tecnificadas: Otros productores con procesos más automatizados pueden ofrecer precios más competitivos, menores plazos de entrega y una calidad más constante, dificultando la diferenciación basada únicamente en el factor artesanal.

## **2.5 MEJORAS PROPUESTAS PARA EL PROCESO INDUSTRIAL**

### **Aumento de la utilización de las atemperadoras**

Actualmente, el taller dispone de tres máquinas atemperadoras, cuya capacidad combinada es más de tres veces superior al volumen medio de producción semanal. La jefa del taller indica que habitualmente se utilizan las tres de forma simultánea a lo largo de la jornada; sin embargo, este uso no responde a una planificación detallada del flujo, sino a una organización que tiende a elaborar lotes independientes mientras se aprovecha el tiempo sobrante en otras tareas, con poca coordinación entre las tres personas que operan el proceso. Este enfoque deriva en una tasa de utilización promedio baja de los equipos (un 24% en el microondas, la cava de vino y el conjunto de las tres atemperadoras) y en una distribución del esfuerzo humano que no siempre permite aprovechar todo el potencial de los recursos.

Una primera mejora consistiría en reorganizar la planificación de la jornada para optimizar el uso de las atemperadoras y utilizar solo una, que es suficiente para cubrir la demanda de 1.000 barras a la semana. Sería recomendable definir claramente qué porcentaje del turno se debe dedicar a cada tarea, estableciendo un cronograma detallado que asigne bloques de tiempo a las operaciones críticas (troceado, fundido, atemperado, moldeado, empaquetado)

y minimice tiempos muertos, asignando tareas concretas a cada operario en todo el tiempo disponible por turno. Esta programación permitiría concentrar la producción en al menos una atemperadora trabajando a su capacidad nominal, que hoy alcanza un 73 % de utilización si se considera una sola máquina, y sólo un 24 % si se utilizan las tres en paralelo.

El objetivo del taller debería ser optimizar la capacidad de al menos una atemperadora, lo que permitiría incrementar la capacidad de 0,121 a 0,167 libras por minuto, es decir, un aumento del 38%. Incorporar una persona adicional facilitaría alcanzar este nivel y sacar todo el partido a la maquinaria disponible. Sin embargo, antes de tomar esta decisión, conviene analizar si realmente compensa producir más. Para ello, sería necesario valorar si el taller puede generar una mayor demanda mediante acciones comerciales que permitan vender ese volumen extra de forma constante, o si resultaría más rentable producir y almacenar stock que cubra los picos estacionales de pedidos y así evitar la contratación de personal temporal en esas épocas. En definitiva, habría que comparar el coste de mantener un trabajador fijo adicional con el coste de recurrir a refuerzos puntuales y con el riesgo de no aprovechar completamente la producción extra si no existe una demanda estable que la absorba.

En definitiva, dado que la capacidad teórica actual supera con creces la demanda regular y que el aprovechamiento efectivo de las tres máquinas resulta muy bajo, podría valorarse la opción de reducir el número de atemperadoras, por ejemplo, manteniendo sólo dos en funcionamiento y liberando espacio o recursos financieros mediante la venta de la tercera. Esta medida permitiría simplificar la planificación, reducir el consumo eléctrico y facilitar el control del proceso, sin riesgo de que la capacidad disponible se convierta en una restricción relevante a corto plazo.

### **Reducción del work content**

Por otro lado, este proceso podría aumentar su capacidad con una reducción del work content, es decir, el tiempo manual que requiere cada lote. Para ello se podría:

- Estandarizar los métodos de trabajo en cada fase, elaborando instrucciones detalladas sobre la secuencia de tareas y las mejores prácticas.
- Reducir tiempos de manipulación durante el troceado y el llenado de moldes, preparando la materia prima con antelación y agrupando operaciones repetitivas.
- Optimizar la disposición del espacio y la ubicación de materiales y herramientas, minimizando desplazamientos y esperas.
- Aprovechar los tiempos de ciclo de las máquinas (por ejemplo, mientras se atempera un lote) para preparar moldes, etiquetar envases o realizar actividades de limpieza, de forma que estas tareas no interrumpan la producción.

Es importante tener en cuenta que estas mejoras podrían implicar que, en determinados turnos, los operarios estén asignados a una única tarea durante varias horas, haciendo su trabajo más repetitivo, pero aumentando la eficiencia y reduciendo los tiempos de transición entre actividades. No obstante, la planificación de las tareas asignadas a cada persona podría organizarse de forma diferente cada jornada o cada semana, de manera que se preserve cierta rotación y se mantenga la polivalencia del equipo.

### **Automatización parcial de operaciones críticas**

Otra línea de mejora consiste en automatizar parcialmente algunas de las etapas que concentran más trabajo manual, como una medida adicional para reducir el work content de un lote y aumentar la capacidad. Entre las opciones que pueden considerarse destacan:

- Sustituir el microondas doméstico por un fundidor industrial, con control automático de temperatura y capacidad para fundir mayores cantidades de chocolate de forma homogénea.
- Incorporar una dosificadora automática o semiautomática para el llenado de moldes, que permitiría reducir el tiempo manual de moldeado, mejorar la consistencia y disminuir desperdicios.
- Introducir una enfajadora o selladora de envases que agilice la fase de empaquetado, hoy en día el principal cuello de botella manual cuando la producción crece.

Adicionalmente, podría valorarse la posibilidad de subcontratar a un proveedor externo el servicio de empaquetado de las tabletas, especialmente en periodos de alta demanda, como alternativa a la inversión en maquinaria o al incremento de personal. Esta solución permitiría liberar tiempo de las operarias internas y concentrar los recursos del taller en las fases de elaboración que aportan mayor valor añadido.

En conjunto, las mejoras propuestas: aumentar la utilización de las atemperadoras, reducir el work content mediante una mejor organización y automatizar parcialmente las etapas más intensivas en mano de obra; permitirían incrementar la capacidad real del proceso, mejorar la eficiencia operativa y reducir la dependencia de personal adicional en picos de demanda, todo ello con un enfoque gradual y adaptable a las necesidades del taller.

## **Capítulo 3. INTERVENCIONES E INVERSIÓN NECESARIA PARA EL TALLER BEAN TO BAR**

En este capítulo el objetivo es, una vez se conoce el proceso de elaboración actual y en qué consiste un proceso de elaboración genérico de chocolate bean to bar (descrito en el apartado 1.1), describir el flujo productivo de bean to bar específico de Xocolatl. A partir de esta descripción, se identifican las principales diferencias técnicas y operativas respecto al sistema actual y se definen los elementos necesarios para poner en marcha este nuevo sistema de producción, que será completamente independiente del existente. Para ello, se determina la maquinaria requerida, se analizan sus funciones dentro del proceso y se estiman los costes asociados al acondicionamiento del nuevo espacio productivo. Además, se comparan las máquinas seleccionadas por Xocolatl con referentes del sector, con el fin de comprender sus características y el papel que desempeñarán en cada etapa del proceso.

Junto con la jefa de producción del taller, se ha elaborado la lista de tareas que es necesario llevar a cabo para la implementación del proceso bean to bar en Xocolatl:

1. Decidir el área para implementar el nuevo proceso
2. Elaborar un listado de intervenciones necesarias y establecer un orden de prioridad
3. Solicitar 3 presupuestos para cada elemento a instalar
4. Elegir el presupuesto adecuado según la calidad y el precio
5. Contactar con la empresa proveedora seleccionada y realizar los respectivos pedidos para llevar a cabo las intervenciones
6. Programar y ejecutar las intervenciones
7. Inaugurar la nueva área de trabajo

Para elaborar el listado de intervenciones es fundamental entender las diferencias entre los dos procesos productivos. Esto permitirá identificar las necesidades específicas del nuevo proceso y determinar con precisión las actuaciones requeridas.

### ***3.1 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO BEAN TO BAR DE XOCOLATL***

Para entender el equipamiento y la inversión necesaria para la habilitación del taller e implementación de la nueva línea de producción, es fundamental comprender en detalle el funcionamiento del proceso bean to bar que llevará a cabo Xocolatl. Mientras que el apartado 1.1 presenta una descripción genérica del proceso, este capítulo recoge la información obtenida en las entrevistas con la jefa de producción sobre el proceso específico que considera adecuado implementar, teniendo en cuenta su conocimiento sobre el producto y las características del espacio que se destinará a este nuevo proceso productivo.

El sistema productivo bean to bar implementado en el taller de Xocolatl responde a un modelo artesanal y controlado en cada una de sus etapas, lo que permite garantizar un producto final de alta calidad, con perfiles de sabor diferenciados. A diferencia del proceso industrial, donde se parte de chocolate ya elaborado, este sistema comienza desde la recepción del grano de cacao, implicando directamente al taller en la transformación del haba hasta obtener la barra de chocolate lista para la venta.

Dado que cada melanger tiene una capacidad de 10 libras y se dispone de dos unidades, se establecerá como tamaño de lote estándar 20 libras en todas aquellas máquinas o etapas que no presenten limitaciones específicas de capacidad. Este criterio de producción se adopta con el objetivo de aprovechar al máximo el rendimiento de las melangers, que representan los activos más costosos y especializados del proceso bean to bar. En cada melanger, las 10 libras de mezcla estarán compuestas por 70 % cacao y 30 % azúcar, en línea con la receta de tabletas de 70 % de cacao, que se considera el producto estándar durante las primeras fases de producción. Por tanto, para obtener las 14 libras netas de cacao descascarillado necesarias, será necesario comenzar con aproximadamente 20 libras de grano crudo, teniendo en cuenta que aproximadamente un 30 % del peso inicial se descarta en la etapa de descascarillado en forma de cáscara. De este modo, se optimiza la eficiencia operativa y se garantiza un uso equilibrado de los recursos disponibles.

A continuación, se detallan todas las etapas y sus especificaciones:

## **1. Clasificación**

El proceso se inicia con **el pesado y la clasificación de los granos de cacao crudos**. El cacao debe conservarse en cajas cerradas, correctamente identificadas con su procedencia, variedad y fecha de entrada, para asegurar la trazabilidad del producto. Al comenzar la elaboración de un lote, se selecciona un saco de cacao específico, el cual no puede mezclarse con otros tipos de cacao para mantener la pureza del origen. Una vez pesada la cantidad necesaria de cacao crudo, este se pasa por un cedazo, que permite realizar una primera clasificación al dejar pasar los granos más pequeños. Posteriormente, se revisan ambos grupos de forma manual: en los granos pequeños se verifica si ha quedado alguno de tamaño adecuado que pueda recuperarse, mientras que en los granos grandes se identifican y retiran aquellos defectuosos que deban descartarse. En esta etapa no se considera que haya mermas de materia, por lo que el tamaño del lote (20 libras) es el que debe quedar tras la etapa de cribado y tras descartar posibles granos defectuosos. Tras este control visual y de calidad, los granos se clasifican definitivamente por tamaño (grandes, medianos y pequeños), ya que cada categoría requiere un tiempo de horneado diferente. Una vez clasificados, se distribuyen en bandejas colocadas sobre un clavijero, quedando listos para la etapa de horneado.

## **2. Tostado**

La segunda etapa del proceso consiste en el **tueste u horneado de las semillas de cacao**, que se realiza en un horno de convección. Esta fase es clave para el desarrollo del perfil aromático del chocolate y su duración varía dependiendo de los sabores que se deseen resaltar. En general, temperaturas más bajas aplicadas durante un periodo prolongado permiten obtener una mayor complejidad aromática. La jefa del taller estima que una temperatura de 175 °C es la óptima para lograr un tueste equilibrado y desarrollar adecuadamente el perfil de sabor del cacao. El tiempo de horneado también se ajusta al tamaño de los granos, ya que los más pequeños pueden quemarse si se hornean demasiado tiempo, mientras que los más grandes podrían quedar crudos si no se exponen el tiempo

suficiente. Aunque se pueden hornear juntos en un mismo lote, se recomienda retirar los granos pequeños a los 60 minutos, los medianos a los 90 minutos y los grandes a los 110 minutos, para garantizar una cocción homogénea y evitar deterioros en la materia prima. El horno de convección permite procesar 5 libras de cacao por ciclo de horneado.

### **3. Enfriado**

Una vez tostadas, las semillas de cacao **se enfrían** sobre una superficie de mármol, utilizando una espátula para moverlas y distribuir uniformemente el calor residual. Este enfriamiento controlado permite estabilizar el grano y evitar una sobrecocción. Una vez frías, las semillas se introducen en bolsas de plástico, donde pueden almacenarse temporalmente en forma de granos de cacao tostados hasta la etapa de molienda en el molino, o bien procesarse de manera inmediata si se decide continuar con la elaboración sin pausas intermedias.

### **4. Molienda**

La cuarta etapa del proceso consiste en una primera **trituration o molienda** previa al descascarillado. En esta fase, los granos de cacao tostados se rompen para obtener trozos de tamaño grueso, lo que facilita significativamente la separación posterior de la cáscara. El molino manual utilizado cuenta con un embudo con capacidad aproximada de 1,5 libras. Esta etapa no siempre está presente en otros procesos bean to bar, donde en ocasiones se realiza directamente el descascarillado, posiblemente debido al uso de maquinaria más sofisticada que permite prescindir del triturado inicial.

### **5. Descascarillado**

Los trozos gruesos de grano de cacao obtenidos en la etapa de trituración se depositan en el embudo de la **descascarilladora**. Primero, todo el cacao se pasa una vez por la máquina para retirar la mayor parte de la cáscara. A continuación, la cáscara que resulta de la primera pasada se recoge y se vuelve a pasar una segunda vez, repitiendo este procedimiento hasta realizar al menos tres pasadas, lo que permite una separación más completa y eficaz. Aproximadamente el 30 % del peso inicial del grano corresponde a cáscara, que puede

desecharse o destinarse a usos alternativos, como la elaboración de infusiones, aprovechando así al máximo los subproductos del cacao.

## **6. Conchado**

La sexta etapa del proceso es el conchado, que se lleva a cabo en una melanger (también conocida como conchadora), de las que se dispone de dos unidades. En esta fase, en un primer paso, se introducen de manera gradual los nibs de cacao obtenidos tras la etapa de descascarillado. Estos se van triturando y mezclando lentamente hasta formar una masa líquida homogénea. Aproximadamente una hora después de iniciado el proceso, se añade el azúcar, la segunda materia prima fundamental.

En las primeras fases de producción y con el objetivo de simplificar los cálculos y la organización, se elaborarán tabletas con un 70 % de cacao y un 30 % de azúcar, que constituyen el producto estándar inicial. Esto implica que, de las 10 libras de capacidad de cada melanger, será necesario cargar 7 libras de nibs de cacao y 3 libras de azúcar por ciclo.

La duración del conchado varía entre 4 y 7 horas, en función de la textura y el perfil sensorial que se desee alcanzar. Un conchado más prolongado permite obtener una pasta sedosa, homogénea y brillante, mientras que un proceso más breve da lugar a una textura más rústica, con notas más intensas y una ligera percepción granulada. Esta etapa es crítica para el desarrollo del sabor, la fluidez y la calidad final del chocolate.

El resultado de esta fase es lo que se conoce como pasta de cacao, que se introduce en una caja de plástico para su almacenamiento temporal. Llegados a este punto, el proceso que sigue es idéntico al proceso industrial que ya se realiza actualmente en Xocolatl y que se describe en el capítulo 2.1. Esta pasta de cacao se desmolda de la caja, se trocea, se funde, se atempera, se moldea y se cristaliza. Tras un reposo de 24 horas, el producto final se desmolda y se empaqueta para su venta como chocolate bean to bar.

La diferencia principal radica en que, mientras en el proceso industrial la materia prima se compra ya preprocesada y corresponde a un cacao de menor calidad, en el proceso bean to bar esta pasta de cacao es elaborada en el propio taller y presenta una calidad superior,

reflejando perfiles de sabor específicos según el tipo de grano utilizado y las condiciones de tueste y conchado aplicadas.

Para el atemperado de la pasta de cacao, una vez que ha sido troceada y fundida (según se detalla en el capítulo 2.1), será necesario incorporar una máquina atemperadora, que se trasladará desde el área destinada al proceso industrial al nuevo espacio de elaboración bean to bar.

### **3.2 DIFERENCIAS ENTRE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS**

Teniendo en cuenta este proceso y el proceso actual descrito en el apartado 2.12.1, a continuación, se identifican las principales diferencias clave entre ambos procesos. Estas impactan directamente en la distribución del taller, la organización del espacio y el diseño del proceso productivo, por lo que será fundamental tenerlas en cuenta para garantizar el funcionamiento y la eficiencia de la nueva línea de producción.

1. Materia prima: la primera diferencia clave entre el proceso bean to bar y el proceso actual está en la tipología de la materia prima utilizada. En el proceso actual, al tratarse de un chocolate de tipo industrial, se compra la materia prima preparada. Los bloques de chocolate que se reciben contienen una mezcla de cacao (pasta de cacao y manteca de cacao), azúcar y, en algunos casos, leche en polvo o grasas vegetales. Es decir, es una materia prima procesada lista para ser fundida y moldeada. Por el contrario, en el proceso bean to bar la materia prima consiste en granos de cacao crudos previamente seleccionados ya que el sabor final de la tableta dependerá en gran medida del origen de los granos de cacao y las condiciones en las que han sido cultivados.  
Por ello, será necesario establecer un área exclusiva de almacenamiento en la nueva zona de producción. Este espacio deberá permitir la clasificación de los granos por origen y características, evitando mezclas o contaminaciones.
2. Procesamiento inicial del cacao: A diferencia del proceso industrial, donde los bloques de chocolate llegan listos para fundir, el proceso bean to bar requiere una

transformación completa del grano antes de poder utilizarlo. Esto implica etapas adicionales como el tueste, enfriado, triturado, descascarillado, molienda y conchado, todas ellas fundamentales para desarrollar los perfiles de sabor característicos de este tipo de chocolate.

Para ello, será necesario adquirir maquinaria específica y habilitar un espacio adecuado en el área asignada, que permita realizar estas operaciones de manera eficiente. Asimismo, el personal deberá ser capacitado en el uso de estas nuevas máquinas y en las técnicas asociadas, ya que su correcto manejo será esencial para garantizar la calidad del producto y la fluidez del proceso.

3. Método de producción y capacidad del taller: El proceso bean to bar se caracteriza por su naturaleza artesanal y mayor duración en comparación con el proceso industrial, que es rápido, estandarizado y basado en materias primas ya procesadas. Cada lote de chocolate bean to bar requiere más tiempo y un control más detallado en cada etapa, lo cual implica replantear la planificación de la producción y adaptar la capacidad operativa del taller a esta nueva realidad.

Será necesario reforzar los recursos humanos y distribuir de forma eficiente al equipo entre ambas líneas de producción. Además, en previsión de picos de demanda o para mantener un servicio constante, puede ser útil mantener un pequeño inventario de productos terminados. La capacitación en técnicas artesanales y control de calidad también será clave para asegurar la coherencia del producto final con los estándares de excelencia de la marca.

4. Control del sabor y la calidad: En el proceso industrial, el sabor viene predefinido por la materia prima y tiende a ser uniforme y plano. El control de calidad se limita, en muchos casos, a revisiones rutinarias. Por el contrario, el proceso bean to bar permite ajustar el sabor en cada etapa, ya que parámetros como temperatura, tiempo o proporciones influyen directamente en el perfil final del chocolate.

Esto exige un protocolo más riguroso de control de calidad, incluyendo catas sistemáticas en distintos puntos del proceso. Será necesario definir los perfiles de sabor objetivo de cada tableta y ajustar cada fase para alcanzarlos, alineando el producto con la estrategia de diferenciación de Xocolatl en el mercado gourmet.

5. Contaminación de sabores: En el caso del chocolate industrial, el producto es menos sensible a la absorción de olores o sabores del ambiente. Sin embargo, el chocolate bean to bar, al conservar los matices propios del grano, es altamente susceptible a la contaminación cruzada. Incluso pequeñas partículas de otro tipo de cacao o aromas ambientales pueden alterar su perfil sensorial.

Por ello, es imprescindible que la producción bean to bar se realice en un espacio exclusivo y aislado, con sistemas de ventilación y almacenamiento independientes. Esta separación permitirá preservar la pureza y autenticidad del sabor de cada lote, asegurando que el consumidor reciba un producto fiel a su origen y calidad esperada.

Estas diferencias entre los procesos productivos de ambos tipos de chocolate dan lugar a consideraciones específicas para el diseño de un nuevo taller de productos bean to bar.

### ***3.3 EQUIPAMIENTO Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO BEAN TO BAR***

En este apartado se presenta la lista de elementos, máquinas e intervenciones identificadas para implementar el nuevo taller bean to bar de Xocolatl.

La lista ha sido elaborada tras un análisis detallado del proceso productivo y en estrecha colaboración con la jefa de producción, quien aportó su conocimiento tanto del área seleccionada como de los recursos actualmente disponibles. La primera tabla incluye los recursos ya existentes en el taller de Xocolatl que serán destinados exclusivamente a esta nueva línea de producción artesanal. La segunda recoge todos los elementos, intervenciones y adquisiciones necesarias para poner en marcha el nuevo sistema productivo. Además, en las tablas se incluye el valor asociado (en Quetzales guatemaltecos, GTQ) a cada elemento con el objetivo de evaluar la inversión necesaria posteriormente en el capítulo 3.4.

*Tabla 3: Elementos disponibles en Xocolatl destinados al nuevo proceso Bean to bar*

#	Equipamiento o intervención	Categoría	Descripción y utilidad	Valor (GTQ)
1	Área de trabajo	Infraestructura existente	Espacio físico delimitado exclusivamente para el proceso bean to bar	-
2	Estanterías (4)	Equipamiento	Almacenamiento de materias primas, utensilios o producto terminado	4.396
3	Horno microondas	Maquinaria	Se utiliza para derretir chocolate previamente procesado, pero no moldeado en forma de tableta, con el fin de volver a atemperarlo y moldearlo adecuadamente.	479
4	Descascarilladora	Maquinaria	Separa la cáscara del nib de cacao tras el triturado mediante sistema de aspiración	1.000
5	Cámara refrigerada	Maquinaria	Almacenamiento en frío para ingredientes extra que pueden contener las tabletas. Esta máquina no tiene control de humedad, a diferencia de la cava de vino	400

*INTERVENCIONES E INVERSIÓN NECESARIA PARA EL TALLER BEAN TO BAR*

6	Melanger 10 libras	Maquinaria	Máquina para la etapa de conchado clave para obtener la textura y sabor del chocolate bean to bar	5.147
7	Molino	Maquinaria	Tritura los granos tostados para obtener nibs de cacao	300
8	Bandejas (4)	Utillaje	Usadas para la clasificación de granos de cacao y productos intermedios	180
9	Horno de convección	Maquinaria	Tuesta el grano de cacao de forma uniforme y controlada	4.933
10	Fregadero	Equipamiento	Para asegurar la limpieza constante del equipo y los utensilios	899
11	Basurero	Equipamiento	Gestión de residuos para mantener el área de trabajo limpia	899
12	Tablero de mármol	Equipamiento	Superficie para atemperado o enfriado del cacao	1.500

*Tabla 4: Elementos e intervenciones necesarias para implementar el nuevo taller Bean to bar*

#	Equipamiento o intervención	Categoría	Descripción y utilidad	Valor (GTQ)
---	-----------------------------	-----------	------------------------	-------------

*INTERVENCIONES E INVERSIÓN NECESARIA PARA EL TALLER BEAN TO BAR*

1	2 puertas de PVC vidrio	Intervención	Permiten aislar el área de producción para evitar contaminación cruzada y controlar temperatura y humedad	7.607
2	Voltear puerta de metal	Intervención	Ajuste necesario para el acceso correcto al nuevo espacio productivo	800
3	Cambio de cielo falso	Intervención	Mejora las condiciones de aislamiento, evitando posibles contaminaciones causadas por humedades, filtraciones u otros problemas	2.600
4	Pintura	Intervención	Adecuación estética e higiénica del espacio	700
5	Cava de vinos	Maquinaria	Permite la cristalización del chocolate con humedad controlada, fundamental para su textura final.	5.999
6	Arreglo cámara refrigerada	Intervención	Reparación de equipo existente para almacenamiento de ingredientes extra	250

*INTERVENCIONES E INVERSIÓN NECESARIA PARA EL TALLER BEAN TO BAR*

7	Aire acondicionado (2)	Equipamiento	Esencial para mantener una temperatura estable crítica para la manipulación del chocolate	4.725
8	Instalación de aire acondicionado	Intervención	Instalación técnica necesaria para operar los equipos de climatización	1.700
9	Melanger 10 libras	Maquinaria	Máquina para la etapa de conchado clave para obtener la textura y sabor del chocolate bean to bar	5.147
10	Impuesto melanger	Coste asociado	Coste fiscal asociado a compra de la melanger	1.227
11	Mesas de acero inoxidable (3)	Equipamiento	Superficies higiénicas y resistentes para manipular el chocolate, para el empaquetado y para soporte de algunas máquinas	5.880
12	Mesa de trabajo de mármol	Equipamiento	Habilitación del tablero de mármol del que dispone Xocolatl para su uso como mesa de trabajo. Permite el enfriamiento y atemperado manual del chocolate	3.800

13	Clavijero pequeño	Equipamiento	Soporte para colocar bandejas	805
14	Bandejas (10)	Utillaje	Usadas para tueste, almacenamiento y manipulación del cacao	450
15	Termómetro infrarrojo	Instrumento de control	Mide la temperatura del chocolate sin contacto, clave para la fase de atemperado en la que se precisa que el chocolate este entre 29 y 31°C	480
16	Pistola de calor	Instrumento auxiliar	Usada para precalentar los rodillos de granito de la melanger antes de echar el cacao, para asegurar una fricción adecuada	240
17	Pistola de pintura	Instrumento auxiliar	Usada para decoración o acabado de productos especiales, es usará en fases más avanzadas de implementación	280

Para comprender en profundidad el proceso bean to bar y analizar sus posibles adaptaciones a contextos con distintos niveles de recursos, como el caso del taller artesanal Xocolatl, resulta esencial estudiar el funcionamiento técnico de las principales máquinas involucradas en las etapas de producción: el horno tostador, el molino, la descascarilladora y la melanger. A lo largo de este apartado se detallarán sus principios de operación, capacidades, ventajas

y limitaciones, contrastando las soluciones utilizadas en sistemas más sofisticados y automatizados con aquellas que se emplearán en el entorno artesanal de menor escala de Xocolatl.

### **1. Horno tostador: tueste de las semillas de cacao**

El proceso de tueste es una de las etapas más críticas en la elaboración de chocolate bean to bar, ya que define el desarrollo aromático y la complejidad sensorial del producto final. Según reportes especializados, los talleres más avanzados trabajan con tostadores de tambor con control digital de temperatura y ventilación, que permiten tostar el grano de forma uniforme y reproducible. Un ejemplo representativo es el Selmi Roaster, un horno profesional que combina tambor giratorio, sistema de ventilación para evacuación de humedad y sensor térmico en tiempo real, lo que permite programar perfiles de tueste personalizados. Estos equipos están diseñados para trabajar con lotes pequeños (entre 2 y 5 kg) y permiten realizar curvas de tueste lentas o rápidas según el tipo de cacao, logrando extraer el máximo potencial aromático sin sobrecalentamientos ni puntos muertos en el grano. Esta capacidad de control fino convierte al tostador en una herramienta estratégica para diferenciar perfiles por origen y garantizar la calidad del chocolate en procesos artesanales de alta gama. En la Ilustración 8 se puede mostrar esta máquina de Selmi.



*Ilustración 8 - Roaster de Selmi*

En el caso de Xocolatl, se utiliza un horno de convección de encimera CookRite CTCO-100. Este tipo de horno, aunque no está diseñado específicamente para cacao, permite adaptar el proceso de tueste a partir de un control manual de temperatura, el uso de termómetros adicionales y la rotación periódica de las bandejas. Este horno cuenta con capacidad para cuatro bandejas, temperatura regulable entre 65 °C y 300 °C, y un sistema de convección por ventilador interno que garantiza una distribución uniforme del calor. Permite tostar diferentes calibres de grano en bandejas separadas, retirando cada una en función del tamaño y el perfil de tueste deseado (por ejemplo, 60 min para granos pequeños, 90 min para medianos y hasta 110 min para grandes), como se describe en el protocolo de producción de Xocolatl. Además, se complementa con un termómetro analógico externo que permite verificar manualmente la temperatura interna del horno, reforzando el control del proceso. En la Ilustración 9 se muestra una imagen del horno que utilizará Xocolatl para la etapa de tostado.



*Ilustración 9 - Horno de convección utilizado por Xocolatl para el tueste del cacao*

Aunque no ofrece la precisión de los tostadores de tambor, este tipo de horno resulta adecuado para un taller artesanal con producción limitada. Permite mantener una operación flexible y de bajo coste, con la posibilidad de mejorar progresivamente el control del proceso mediante fichas de tueste, registro de temperaturas internas del grano y ajustes por tipo de origen. En el futuro, si la línea bean to bar se expande, podría considerarse la adquisición de un tostador especializado con tambor rotatorio y perfiles programables, que permita una mayor estandarización y trazabilidad entre lotes.

## **2. Molino: etapa de trituración previa al descascarillado**

En el proceso bean to bar, el molino, también denominado *cracker*, desempeña una función fundamental tras el tueste y enfriado de los granos de cacao: romper las semillas tostadas, para obtener fragmentos gruesos denominados nibs. Esta trituración inicial es crítica para facilitar el posterior proceso de descascarillado, ya que permite separar mecánicamente la cáscara del grano útil sin comprometer la integridad de los nibs. En el contexto de un taller artesanal, esta etapa resulta especialmente relevante dado que, en muchos casos, no se dispone de equipos industriales que integren en una sola máquina tanto la trituración como el descascarillado, por lo que ambos procesos deben realizarse por separado utilizando un molino manual y una descascarilladora independiente.

Un ejemplo representativo de este tipo de soluciones integradas es la Winnower de Selmi, una máquina ampliamente utilizada en procesos bean to bar que combina en un solo equipo

la trituración del grano de cacao y la separación de la cáscara mediante aspiración. Este diseño compacto y eficiente permite procesar directamente el grano tostado, obteniendo nibs limpios listos para el refinado, lo que reduce tiempos de manipulación, mejora la eficiencia operativa y asegura una mayor consistencia en el tamaño de partícula. Según lo observado en reportes expertos, este tipo de máquinas integradas representa una de las soluciones más comunes y valoradas en la industria bean to bar, especialmente en talleres con una escala semiindustrial que buscan mantener un alto control sobre la calidad del producto final. En la Ilustración 10 se muestra una imagen de esta máquina.



*Ilustración 10 - Winnower de Selmi para la trituración y descascarillado de los granos de cacao*

Por otro lado, existen procesos bean to bar de menor escala o con un enfoque más artesanal que optan por utilizar molinos más sencillos sin función de descascarillado integrada, como los modelos de CocoaTown (por ejemplo, el CocoaT Power Cracker). Estos equipos se limitan exclusivamente a la trituración del grano tostado, generando nibs de tamaño medio (4–6 mm) que luego deben ser procesados en una descascarilladora independiente. Este enfoque modular es habitual en micro-talleres o marcas artesanas en fase inicial, ya que permite adaptar la capacidad de cada etapa según las necesidades y recursos disponibles

Este molino funciona mediante rodillos dentados horizontales que giran en sentidos contrarios, cuyas superficies dentadas fragmentan el grano con precisión aplicando fuerza de cizalla, sin llegar a pulverizarlo.

En la Ilustración 11 se muestra una imagen del molino de CocoaTown mencionado.



*Ilustración 11 - Molino comúnmente utilizado en procesos bean to bar*

Las especificaciones técnicas de este tipo de modelos son:

- Capacidad: entre 10 y 28kg/h según el modelo y el tipo de grano. Hay modelos manuales que tienen una menor capacidad, pero suficiente para lotes pequeños, y modelos automáticos como el de la imagen anterior que tienen una mayor capacidad.
- Velocidad de operación: típicamente por debajo de 150 rpm para evitar sobrecalentamiento y preservar los compuestos volátiles y la manteca de cacao.
- Tamaño de partícula final: nibs de entre 4 mm y 6 mm, adecuados para su posterior paso por la descascarilladora.
- Ajuste de apertura (gap): regulable entre 0,6 mm y 1,2 mm, según el tipo de cacao y la humedad del grano.
- Materiales de fabricación: acero inoxidable de grado alimentario con recubrimientos antiadherentes y piezas fácilmente desmontables para limpieza.

Este tipo de molino permite operar de forma continua o por lotes, y puede integrarse con dosificadores o sistemas de alimentación manual. Reportes de expertos en producción bean to bar, destacan la importancia de esta etapa y recomiendan un control estricto del tamaño de partícula, la velocidad de trituración, asegurando que los granos no superen los 35°C para no comprometer la manteca de cacao, y la limpieza del equipo como factores determinantes para asegurar la calidad final del chocolate.

El taller de Xocolatl cuenta actualmente con un molino de rodillos manual, de dimensiones reducidas, adaptado a una capacidad operativa inferior. Este molino, aunque básico en comparación con los estándares industriales o de fábricas bean to bar de mayor escala, cumple adecuadamente su función en la etapa de trituración previa, permitiendo obtener nibs de tamaño adecuado para el proceso de descascarillado. Su diseño es simple: dos rodillos metálicos con superficie estriada que giran mediante tracción manual con una manivela. El embudo en el que se introducen los granos de cacao tiene una capacidad de 1,5 libras, por lo que para producir un lote de cacao de 10 libras será necesario dividirlo en pequeños lotes (entre 6 y 7). En la Ilustración 12 se observa el tipo de molino manual del que dispone Xocolatl.



*Ilustración 12 - Molino manual utilizado en el taller de Xocolatl*

Sin embargo, este molino presenta ciertas limitaciones:

- Al no contar con sistemas de control de velocidad o ajustes milimétricos de apertura, los nibs pueden presentar variabilidad de tamaño entre ellos. Especialmente puede darse este problema cuando se procesan cacaos con alto contenido de humedad o con cáscaras más frágiles.
- Mayor generación de polvo y partículas finas lo que puede afectar al rendimiento posterior de la descascarilladora.
- Requiere intervención manual constante, lo que incrementa el tiempo de procesamiento por lote y puede suponer un cuello de botella, tanto en tiempo, como en la limitación del tamaño de los lotes. Además, aumenta la dependencia de operarias con experiencia.

Aunque presenta ciertas limitaciones, este tipo de molino permite a Xocolatl reducir sus costes de inversión, aprovechar sus recursos disponibles y evitar la realización de mantenimientos frecuentes. Este molino es una solución adecuada para la fase inicial de adopción del modelo de producción bean to bar en un taller de escala reducida como el de Xocolatl.

### **3. Descascarilladora: etapa de separación de cáscaras**

La descascarilladora, también conocida como *winnower*, permite separar la cáscara del grano útil de cacao tras la etapa de trituración. El resultado son nibs limpios y homogéneos que puedan pasar a la etapa de refinado o conchado sin impurezas ni residuos. En procesos industriales, como se mencionaba anteriormente, esta separación suele realizarse con maquinaria integrada que combina trituración y aspiración en un solo sistema. Sin embargo, en el contexto de talleres artesanales o de pequeña escala, como el de Xocolatl, ambas etapas se realizan con equipos independientes.

El principio de funcionamiento de una descascarilladora se basa en la diferencia de densidad entre los nibs y las cáscaras. El producto triturado entra en una cámara donde una corriente de aire regulable arrastra las cáscaras, más livianas, hacia un sistema de ciclón o filtros, mientras que los nibs, que son más pesados, caen por gravedad a un compartimento separado. Este proceso puede requerir varias pasadas (habitualmente entre tres y cuatro),

especialmente en el caso de cacao de origen fino o con cáscaras más frágiles, para asegurar una limpieza óptima.

En el mercado existen distintas configuraciones de winnowers, que van desde equipos fabricados artesanalmente con componentes sencillos hasta sistemas más avanzados como el Selmi Winnower, que ofrecen control digital de flujo de aire, ciclones de acero inoxidable y calibración automática. Una opción diferente de la mostrada anteriormente del fabricante Selmi es la del fabricante Nemisto, que se muestra en la Ilustración 13. Sin embargo, esta también tiene incluida la fase previa de trituración.



*Ilustración 13 - Descascarilladora de Nemisto*

En el caso concreto de Xocolatl, se emplea una descascarilladora artesanal construida con una estructura de madera y metacrilato, que funciona mediante gravedad y aspiración mediante una aspiradora doméstica conectada a una cámara inclinada. Los granos triturados ingresan por la parte superior, y a medida que caen por una rampa en zigzag, las cáscaras son succionadas hacia la parte superior mientras los nibs son recolectados en la parte inferior. Este diseño, aunque rudimentario, permite operar con lotes pequeños de forma eficiente y es funcional para los volúmenes iniciales de producción previstos para el taller. No obstante, presenta ciertas limitaciones: el flujo de aire es difícilmente ajustable, el rendimiento varía según la humedad del grano y la precisión depende en gran parte de la destreza del operario.

En la Ilustración 14 se muestra el tipo de descascarilladora que es utilizada en el taller de Xocolatl.



*Ilustración 14 - Descascarilladora utilizada en el taller de Xocolatl*

Existen soluciones intermedias entre modelos altamente profesionalizados como los de Selmi o Nemisto y los diseños artesanales autoconstruidos como del que dispone Xocolatl. Se trata de la CocoaT Deluxe Winnower de CocoaTown que mantiene un enfoque modular y accesible, pero incorpora mejoras clave en términos de eficiencia, higiene y facilidad de operación: cuenta con un sistema de aspiración calibrable, tolvas de alimentación controlada, materiales aptos para contacto alimentario (acero inoxidable y policarbonato), y una estructura compacta diseñada específicamente para cacao. A diferencia de los sistemas industriales integrados, esta máquina permite conservar la flexibilidad operativa y seguir utilizando el molino actual o uno más avanzado por separado. Su capacidad de procesamiento (10–15 kg/h) y su diseño intuitivo la convierten en una opción muy adecuada para talleres bean to bar en fases posteriores de profesionalización, permitiendo mejorar la calidad del proceso sin requerir una inversión elevada ni alterar drásticamente el flujo de trabajo existente. En la Ilustración 15 se muestra esta máquina.



*Ilustración 15 - Descascarilladora de CocoaTown*

Sin embargo, el tipo de descascarilladora del que dispone Xocolatl representa una solución económicamente viable para este emprendimiento social, donde los recursos son limitados y la autoconstrucción de maquinaria permite reducir la inversión inicial. Su mantenimiento es sencillo, las piezas pueden repararse localmente, y el diseño puede adaptarse progresivamente en función del aumento de capacidad. Asimismo, este tipo de instalación permite valorizar subproductos como la cáscara de cacao, que puede ser recolectada en estado limpio para su uso en infusiones, lo que se alinea con el enfoque sostenible del proyecto.

#### **4. Melanger: etapa de refinado del cacao**

La melanger, también conocida como conchadora artesanal, es uno de los equipos clave en el proceso bean to bar, ya que en ella se lleva a cabo la transformación de los nibs en una pasta homogénea, brillante y sensorialmente equilibrada. Este equipo cumple múltiples funciones: muele, refina y concha la mezcla de cacao y azúcar, desarrollando tanto la textura final del chocolate como buena parte de su perfil aromático.

En procesos semiindustriales más avanzados estas funciones se encuentran distribuidas entre varias máquinas especializadas, cada una optimizada para una etapa concreta del refinado. Así, tras el descascarillado, el cacao pasa por un grinder (trituration gruesa), un ball refiner

(reducción rápida y uniforme del tamaño de partícula), un sieve (tamizado de seguridad) y una conche (aireación prolongada con control térmico). Estas máquinas, como las de la línea profesional de Selmi, permiten una gran precisión, control automático del proceso, mayor volumen por hora y resultados consistentes en entornos con elevados estándares técnicos y de productividad.

Una de las máquinas destacadas en este tipo de líneas semiindustriales es la Selmi Conca 100, una conchadora diseñada específicamente para productores bean to bar que trabajan a mayor escala, pero que desean mantener el control sensorial característico de los procesos artesanales. Esta máquina permite realizar el conchado de forma separada del refinado, con una capacidad de hasta 100 kg por lote, y ofrece funciones de aireación continua, control preciso de temperatura, y eliminación automática de volátiles, facilitando así una mejora significativa en el perfil aromático y la textura del chocolate. Su tambor basculante y su diseño cerrado aseguran una operación limpia, eficiente y constante, ideal para garantizar un acabado brillante, sedoso y libre de notas ácidas. Aunque su escala y coste exceden las necesidades de talleres pequeños, la Conca 100 representa una referencia clara de hacia dónde puede evolucionar una línea bean to bar que busca profesionalizarse sin renunciar al carácter distintivo del cacao de origen. Una imagen de esta máquina se muestra en la Ilustración 16.



*Ilustración 16 - Máquina conchadora de Selmi*

Sin embargo, este nivel de especialización responde a una escala productiva diferente a la de talleres artesanales como Xocolatl. En estos contextos, el enfoque se basa en simplificar el flujo y mantener un control manual del proceso, sin renunciar a la calidad sensorial. Por ello, es común el uso de melangers de piedra, que integran en un solo equipo las funciones de refinado y conchado. Estas máquinas trabajan con dos piedras de granito que giran sobre un tambor de acero inoxidable, triturando progresivamente los nibs y reduciendo el tamaño de partícula por debajo de las 20 micras, mientras la fricción libera la manteca de cacao y favorece la evaporación de compuestos volátiles no deseados. Este tipo de melanger se considera una herramienta fundamental en el proceso bean to bar, ya que permite al productor intervenir activamente en el desarrollo sensorial del chocolate y adaptar el proceso a las características del grano de origen. Tal como señalan diversos expertos, las melangers de piedra permiten preservar de forma más completa los aromas primarios del cacao fino, ofreciendo una mayor riqueza sensorial frente a procesos industriales más agresivos.

Xocolatl dispone actualmente de dos melangers artesanales con capacidad para 10 libras (aproximadamente 4,5 kg por lote). Se trata del modelo Premier Chocolate Refiner del fabricante Diamond Custom Machine, ampliamente utilizado en el ámbito bean to bar. Estas máquinas están equipadas con tambores de acero inoxidable, motores de baja potencia

(alrededor de 200 W) y piedras de granito, lo que permite procesar pequeños lotes durante 4 a 7 horas sin sobrecalentamiento, manteniendo la temperatura de trabajo entre 45 °C y 60 °C.

La principal ventaja de estas melangers es su versatilidad: permiten a las trabajadoras del taller refinar y conchar en un solo paso, sin necesidad de tamizado posterior ni intervención adicional, y con una intervención manual reducida. Además, el modelo de diseño inclinado (tilting) facilita el vaciado del tambor al finalizar el proceso, optimizando la higiene y la manipulación en un entorno sin automatización. En la Ilustración 17 se muestra una imagen de la melanger utilizada en Xocolatl y en la Ilustración 18 una imagen de las ruedas de granito presentes en este tipo de máquinas.



*Ilustración 17 - Melanger utilizada por Xocolatl*



*Ilustración 18 - Ruedas de granito de la melanger*

Estas melangers, aunque de capacidad limitada, son perfectamente adecuadas para el nivel de producción actual de Xocolatl, y encajan con su enfoque artesanal, centrado en la calidad

del producto y la intervención directa de un equipo local. De cara al crecimiento futuro del taller, se recomienda establecer una hoja de control de lote que documente variables clave como tiempo de conchado, temperatura ambiente, tipo de cacao y proporción de azúcar, lo que permitirá asegurar la trazabilidad, la formación de nuevas operarias y la estandarización del producto.

A medida que aumente la demanda o se busque diversificar perfiles de chocolate, podría considerarse la incorporación de equipos adicionales como un pre-grinder o una melanger de mayor capacidad (por ejemplo, modelos de Spectra o CocoaTown de 10–20 kg), sin necesidad de dar el salto inmediato a una línea industrial. Esta evolución permitiría mantener el carácter artesanal del chocolate de Xocolatl mientras se mejora la eficiencia productiva y la flexibilidad operativa.

### **3.4 *EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN NECESARIA***

La inversión total para la implementación del nuevo taller de producción de chocolate bean to bar en Xocolatl asciende a 62.824 quetzales (aproximadamente 7.539 euros al tipo de cambio actual). Esta cifra se desglosa en dos componentes: por un lado, los activos ya disponibles en el taller, valorados en 20.133 quetzales (2.416 euros), que corresponden a maquinaria, utensilios y mobiliario y que están presentados en la Tabla 3 en el apartado anterior. Estos constituyen una inversión en especie, es decir, son bienes tangibles que ya posee la empresa y que aportan valor directo al nuevo sistema productivo sin requerir una salida de efectivo. De esta manera, el CAPEX es menor que el total de la inversión necesaria para la implementación del taller. Por otro lado, los elementos que deben adquirirse o las intervenciones que es necesario realizar presentadas en la Tabla 4, tienen un valor o coste asociado de 42.690 quetzales (5.123 euros). Estos fueron financiados íntegramente mediante una donación del Club Rotario de Guatemala. Dado que esta donación se destinó a la adquisición de activos a largo plazo sin generar deudas ni compromisos financieros futuros, debe contabilizarse como una aportación al patrimonio neto, aunque no provenga del equipo fundador. En la Tabla 5 se presenta el resumen de la inversión necesaria total para la implementación del nuevo taller.

*Tabla 5: Resumen de la inversión necesaria*

<b>Equipamiento o intervención</b>	<b>Valor en quetzales</b>	<b>Valor en euros</b>
Activos disponibles de Xocolatl	Q 20.133	2.416 €
Inversión adicional necesaria (CAPEX)	Q 42.690	5.123 €
<b>TOTAL</b>	<b>Q 62.824</b>	<b>7.539 €</b>

Desde una perspectiva de evaluación financiera, esta inversión inicial resulta especialmente eficiente: al aprovechar activos existentes y contar con una financiación externa no reembolsable, se elimina la necesidad de endeudamiento o aportación directa de capital por parte del proyecto. Además, la inversión cubre todos los requerimientos para el arranque operativo de la línea bean to bar, lo que garantiza la autosuficiencia del nuevo sistema productivo desde el inicio. Esta estructura de financiación contribuye a la sostenibilidad del proyecto educativo Futuro Vivo al generar nuevas fuentes de ingreso sin comprometer la liquidez de la empresa, siendo coherente con su misión social y el contexto económico de la comunidad.

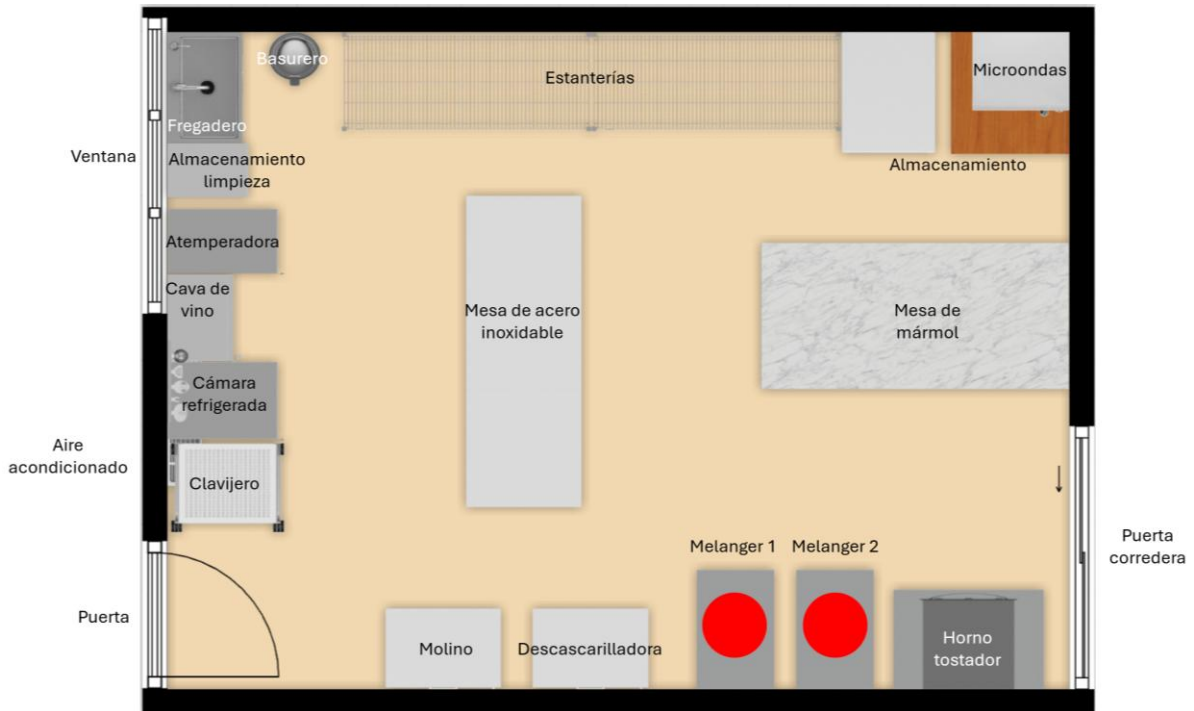
## **Capítulo 4. DISEÑO DEL NUEVO TALLER Y SISTEMA PRODUCTIVO**

En este capítulo se desarrolla el diseño del nuevo taller productivo para la elaboración de chocolate bean to bar en Xocolatl, a partir de los elementos definidos previamente. Se plantea una distribución en planta y se define el flujo de trabajo del nuevo sistema, diferenciando entre las etapas primarias (transformación del grano en pasta de cacao) y las etapas secundarias (transformación de la pasta de cacao en tabletas). Asimismo, se calcula la capacidad productiva esperada y la dotación de personal necesaria para operar.

### ***4.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL NUEVO TALLER BEAN TO BAR***

A continuación, en la Ilustración 19, se presenta el diseño del nuevo taller de producción de chocolate bean to bar. El plano ha sido codiseñado junto con la jefa del taller, incorporando su conocimiento sobre el proceso y las necesidades específicas de operación para estas primeras fases de arranque y establecimiento de la producción.

Para su elaboración se ha utilizado la herramienta online Floorplanner, que permite definir las dimensiones reales del espacio y distribuir el mobiliario de forma visual e intuitiva. Esta herramienta ofrece, además, la posibilidad de visualizar el taller en tres dimensiones, lo que facilita la comprensión del entorno de trabajo propuesto. Cabe señalar que algunas de las máquinas específicas del proceso bean to bar, como el molino, la descascarilladora o las melangers, no se encuentran disponibles en el catálogo de esta herramienta, dado que no está especializada en entornos de producción industrial. No obstante, en el capítulo 3.3 se detallan con precisión las características técnicas y modelos de las máquinas que empleará Xocolatl en su nuevo sistema productivo.



*Ilustración 19 - Plano del nuevo taller bean to bar*

El diseño inicial del taller corresponde a un diseño start up orientado a garantizar la robustez en la fase de arranque. La disposición contempla la creación de buffers intermedios que permiten asegurar disponibilidad de producto en todo momento, incluso ante posibles incidencias o variaciones en la demanda. Para ello, se ha organizado el taller con la zona de almacenaje en la parte trasera, destinada a conservar materia prima, producto intermedio y producto terminado, mientras que las máquinas principales se concentran en la zona delantera, facilitando un flujo operativo ordenado y continuo. Este enfoque permite mantener la producción estable mientras se recopila información suficiente para ajustar gradualmente la capacidad y los volúmenes de fabricación a la demanda real.

### **1. Área de almacenamiento de materias primas y producto final**

En la parte trasera del taller, en la zona norte, se ubican dos **estanterías metálicas**, que cumplen numerosas funciones de almacenamiento:

- Almacenamiento del cacao en grano, recibido en sacos y etiquetados con su origen, variedad y fecha de entrada, para asegurar trazabilidad.
- Almacenamiento del azúcar, en recipientes herméticos, evitando la humedad y la contaminación cruzada
- Almacenamiento de productos intermedios como cacao tostado sin descascarillar o nibs de cacao descascarillados
- Almacenamiento de pasta de cacao procesada en la melanger y contenida en cajas grandes de plástico
- Almacenamiento de producto terminado en reposo previo al empaquetado
- Almacenamiento del producto terminado (tabletas empaquetadas) y de subproductos reutilizables, como la cáscara del cacao obtenida tras el descascarillado.

Esta disposición al fondo del taller permite una gestión eficiente del inventario y asegura que la materia prima o productos intermedios estén accesibles durante el proceso sin interferir con las zonas de manipulación activa del chocolate.

## **2. Clasificación del cacao**

Antes del tueste, el cacao se clasifica por tamaños y se deposita en bandejas que se colocan en el **clavijero**, situado en la parte oeste del taller, junto a la puerta. Para facilitar esta clasificación, se utiliza la **mesa de acero inoxidable** donde se utiliza el cedazo, antes de pasar al clavijero una vez clasificados los granos de cacao. La ubicación del clavijero permite mantener la materia prima ordenada y accesible sin interferir con las zonas de manipulación activa del chocolate, garantizando así un flujo de trabajo fluido.

## **3. Tueste y enfriado**

El **horno tostador** se ubica junto a la puerta corredera, lo que facilita la ventilación del área y la evacuación de olores durante el proceso de tueste. A su lado se ha dispuesto la **mesa de mármol**, destinada al enfriado inmediato del grano tostado, una operación esencial para estabilizar el cacao y evitar sobrecocciones. Es fundamental que esta mesa esté situada muy próxima al horno, ya que el producto sale a alta temperatura y no debe trasladarse a través

del taller, tanto por razones de seguridad como para preservar la calidad. Dado que el tueste se realiza en varios ciclos consecutivos para completar lotes, tal y como se detalla en el flujo productivo del capítulo 3.1, esta disposición cercana optimiza la eficiencia del proceso y minimiza tiempos de manipulación entre etapas.

Una vez enfriado, el cacao puede pasarse directamente al molino o almacenarse temporalmente en bolsas ubicadas en las estanterías del fondo, lo que pone de manifiesto la versatilidad y efectividad de la distribución en planta.

#### **4. Triturado, descascarillado y conchado**

Las máquinas específicas para el procesamiento del chocolate bean to bar se encuentran agrupadas en la zona sur del taller, dispuestas de izquierda a derecha siguiendo el orden lógico del proceso productivo. Esta disposición en forma de **célula de trabajo** permite mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de procesado y minimizar el movimiento de materiales y de producto. El conjunto está compuesto por:

- **Molino:** rompe los granos de cacao previamente tostados, obteniendo nibs de tamaño grueso que facilitan el proceso posterior de descascarillado. A medida que se procesan los pequeños lotes para los que tiene capacidad el molino, los nibs se depositan directamente en el embudo de la descascarilladora, por lo que resulta fundamental que ambos equipos se encuentren contiguos.
- **Descascarilladora:** separa nibs y cáscara, permitiendo un uso eficiente de ambos. Una vez completado este paso, los nibs pueden almacenarse temporalmente o trasladarse directamente a las melangers para continuar con el procesamiento.
- **Melangers 1 y 2:** se encargan del conchado, la etapa en la que se incorporan los nibs y el azúcar, y donde se desarrollan la textura, el aroma y la fluidez del chocolate. La ubicación de las melangers en el extremo derecho del conjunto facilita la incorporación de ingredientes, que pueden pesarse previamente en la mesa de acero inoxidable situada a pocos pasos, optimizando la secuencia de trabajo.

Esta distribución concentra las operaciones principales (molienda, descascarillado, conchado y tueste) en un único lateral del taller, permitiendo a la operaria supervisar y controlar todas las etapas críticas del proceso bean to bar de forma eficiente desde un mismo punto de trabajo.

### **5. Proceso secundario bean to bar**

La pasta de cacao resultante de la etapa de conchado se almacena temporalmente en las estanterías, conservada en cajas de plástico identificadas por lote y fecha de elaboración. A partir de este punto comienza el proceso secundario bean to bar, que abarca desde la pasta de cacao hasta la obtención de las tabletas empaquetadas y que, en términos operativos, es equivalente al proceso industrial actual de Xocolatl. Dado que esta fase es predominantemente manual, la mayor parte de las operaciones se concentran en torno a la mesa de acero inoxidable, que funciona como superficie principal de trabajo. En esta etapa intervienen únicamente el microondas, la atemperadora y la cava de vino, equipos destinados respectivamente al fundido, atemperado y cristalización del chocolate. Como puede observarse en la distribución del taller, estas máquinas se encuentran físicamente separadas de la célula productiva del proceso primario, lo que permite diferenciar claramente ambos circuitos y facilita una gestión más ordenada y flexible del flujo de producción.

### **6. Troceado, moldeado, desmoldado, empaquetado y apoyo (zona central)**

La mesa de acero inoxidable, situada en el centro del taller, es un espacio versátil y accesible desde todos los puntos del taller que combina:

- El troceado de la pasta de cacao procedente del proceso primario bean to bar, como etapa inicial del proceso secundario.
- El moldeado de tabletas
- El desmoldado de tabletas
- El empaquetado final
- El pesado, la inspección y otras tareas auxiliares que requieren una superficie limpia y de fácil manipulación.

Su ubicación central facilita la fluidez del trabajo, especialmente en esta fase inicial en la que se opera con buffers de producto intermedio. Este emplazamiento intermedio entre la zona de almacenamiento y los equipos de procesamiento garantiza que los materiales se puedan recibir, procesar y almacenar de forma ágil y ordenada, optimizando los desplazamientos y reduciendo tiempos muertos.

### **7. Limpieza y soporte**

El fregadero constituye el área principal de limpieza del taller, permitiendo mantener en condiciones higiénicas tanto los utensilios como las superficies de trabajo utilizadas durante el proceso. Junto a él se encuentra el basurero, que facilita una gestión eficiente y ordenada de los residuos generados en cada etapa.

Por otro lado, en la esquina superior derecha del taller, justo al lado y debajo del microondas, se ubica un segundo espacio de almacenamiento auxiliar. Este se emplea para conservar materiales de empaquetado y otros elementos de apoyo al proceso productivo, como utensilios, etiquetas o moldes de repuesto, facilitando su acceso sin interferir en la zona de trabajo activa o en el inventario de las estanterías.

### **8. Condiciones ambientales**

El taller está equipado con un sistema de aire acondicionado y una ventana que permiten regular la temperatura y favorecer la ventilación natural del espacio. El aire acondicionado se ha instalado estratégicamente sobre la zona de refrigeración (cava de vino y cámara), con el fin de mantener una temperatura ambiente estable en el área más sensible del taller. Asimismo, se ha evitado su colocación sobre fuentes de calor como el horno o el microondas, para reducir la carga térmica y optimizar su eficiencia operativa.

Este control térmico es esencial no solo para garantizar el confort de las trabajadoras, sino también para preservar la estabilidad y calidad del chocolate durante las distintas etapas del proceso de elaboración.

### **Conclusión sobre la distribución del taller *as is***

La distribución propuesta para el nuevo taller bean to bar de Xocolatl ha sido diseñada para maximizar la eficiencia operativa en un espacio compacto siguiendo el flujo del proceso productivo desde la recepción de materias primas hasta el empaquetado final. La disposición secuencial y zonificada de los elementos evita en cierta medida cruces de flujos, reduce desplazamientos innecesarios y mejora la ergonomía del trabajo.

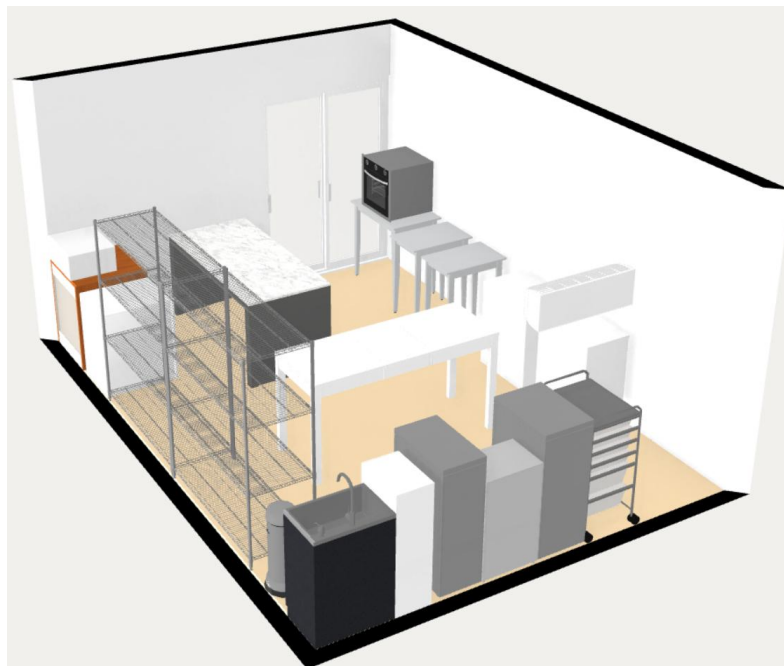
Las máquinas clave del proceso productivo se agrupan en una célula funcional en el lateral sur del taller, lo que permite centralizar las operaciones mecánicas y facilitar su supervisión. Las zonas de apoyo, como el almacenamiento, limpieza, enfriamiento y empaquetado, se distribuyen en los extremos del espacio, permitiendo su uso sin interferencias con las áreas activas. Elementos reutilizables como la mesa de mármol o la de acero inoxidable cumplen funciones en distintas etapas, optimizando el uso del mobiliario y adaptándose a la variabilidad del proceso.

Asimismo, se han tenido en cuenta aspectos clave como el control térmico, la ventilación y la higiene, que son esenciales para garantizar tanto la calidad del producto como unas condiciones laborales adecuadas. El resultado es un diseño compacto y funcional que permite a Xocolatl introducir una línea de producción bean to bar artesanal con criterios profesionales de eficiencia, orden y calidad.

A continuación, se presentan imágenes en tres dimensiones del diseño del taller, en las que se aprecia cómo, a pesar de tratarse de un espacio reducido, la distribución está cuidadosamente optimizada. El diseño permite un aprovechamiento eficiente del área disponible y garantiza un acceso cómodo a todos los equipos y elementos de trabajo, sin interferencias ni obstáculos, facilitando así el desarrollo fluido de las distintas etapas del proceso productivo.



*Ilustración 20 - Imagen en tres dimensiones de la distribución del taller Bean to bar*



*Ilustración 21 - Imagen en tres dimensiones de la distribución del taller Bean to bar*

### **Diseño objetivo optimizado *to be***

Desde una perspectiva de Organización Industrial, la evolución natural de esta distribución tenderá hacia un flujo tenso, caracterizado por la reducción progresiva de buffers intermedios, manteniendo únicamente el inventario mínimo necesario para asegurar que no se detenga el proceso en el cuello de botella productivo. En este escenario optimizado, el taller adoptará un diseño en U, en el que la materia prima acceda por un extremo, recorra de forma secuencial todas las fases de producción y salga por el lado opuesto ya convertida en producto terminado. Este enfoque permitirá disponer de pequeños almacenamientos intermedios justo delante de cada máquina, reforzando la continuidad del flujo, minimizando tiempos de transporte, evitando cruces y facilitando el seguimiento visual del proceso. Además, este modelo creará las condiciones para introducir, en fases posteriores, niveles crecientes de automatización, con el fin de incrementar la productividad y mejorar la trazabilidad del producto de forma integral.

## **4.2 DIAGRAMA DE FLUJO EN PLANTA DEL PROCESO BEAN TO BAR**

Una vez definida la distribución en planta del taller de producción de chocolate bean to bar, se puede representar el diagrama de recorrido que muestra el flujo del producto en cada etapa. Para facilitar la comprensión del proceso, el ciclo completo bean to bar se ha dividido en dos fases diferenciadas.

Por un lado, el proceso primario, descrito en detalle en el capítulo 3.1, comprende todas las operaciones que transforman el grano de cacao crudo en pasta de cacao. Este es el segmento más característico y diferenciador del modelo bean to bar, y por ello recibe la denominación de proceso primario, representado en la Ilustración 22.

Por otro lado, se identifica el proceso secundario, que engloba la transformación de la pasta de cacao en tabletas de chocolate listas para la venta. Este tramo del flujo productivo es idéntico al proceso industrial que actualmente se lleva a cabo en Xocolatl, con la diferencia

de que parte de la pasta de cacao elaborada internamente mediante el proceso primario. Esta segunda fase recibe el nombre de proceso secundario y se muestra en la Ilustración 23.

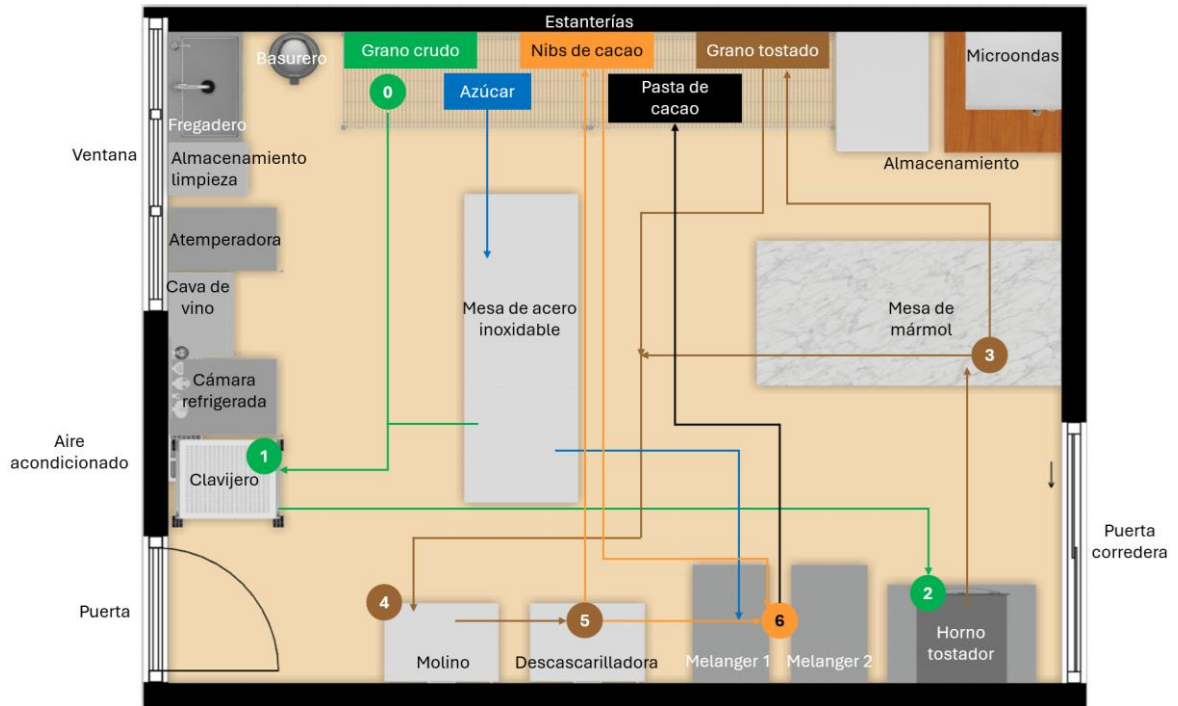


Ilustración 22 - Diagrama de flujo de producto en el taller – Proceso primario bean to bar

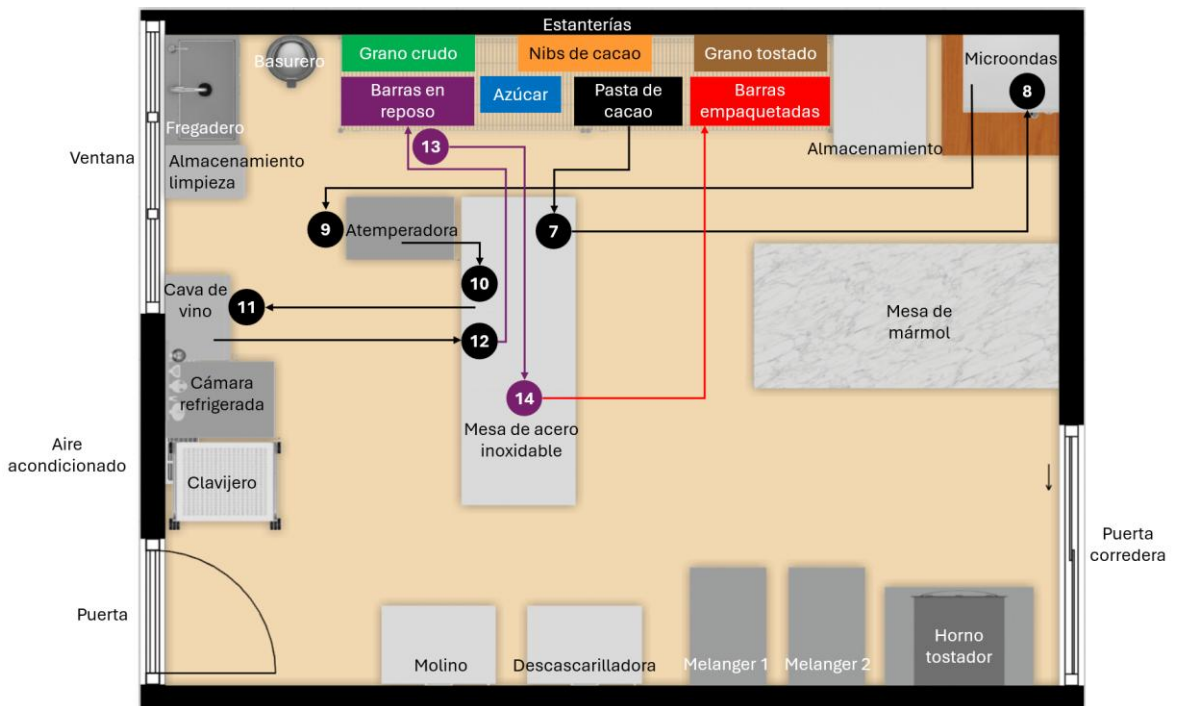


Ilustración 23 - Diagrama de flujo de producto en el taller – Proceso secundario bean to bar

Este diagrama representa gráficamente el movimiento del cacao y sus transformaciones a lo largo del proceso bean to bar en el taller de Xocolatl con el objetivo de clarificar el flujo productivo y evidenciarlo sobre la distribución en planta.

### **Proceso primario bean to bar**

La Ilustración 22 muestra el proceso primario bean to bar, que abarca desde la recepción del grano crudo hasta la obtención de la pasta de cacao lista para su posterior transformación en tabletas. Tal como se ha mencionado anteriormente, el almacenamiento intermedio de cada producto se concentra en su totalidad en las estanterías traseras, donde se identifican y segregan los lotes para mantener la trazabilidad.

Cada número en el diagrama corresponde a una etapa del proceso descrito en el capítulo 3.1 y cada color indica un producto intermedio que, en su caso, puede almacenarse antes de continuar con la fase siguiente.

El punto de partida es la materia prima en forma de grano crudo (color verde), que se pesa y clasifica inicialmente en la mesa de acero inoxidable, para posteriormente depositarse en el clavijero, donde se organiza por tamaño y procedencia. Una vez clasificados, los granos pasan al horno tostador (etapa 2), donde se someten a un perfil térmico adaptado según el tamaño del grano que permite el desarrollo de los aromas característicos del cacao. Finalizado el tostado, los granos se enfrían manualmente sobre la mesa de mármol, garantizando que la temperatura descienda de manera homogénea y controlada.

En este punto, el cacao se puede almacenar como grano tostado (color marrón) en las estanterías, constituyendo el producto intermedio que alimenta la cuarta etapa, que comienza en el molino, donde se realiza la trituración previa que facilita el proceso de descascarillado. Aunque podría existir un almacenamiento intermedio tras el molino, este es menos habitual y por ello no se ha representado en el plano.

Desde el molino, el producto pasa directamente a la descascarilladora, donde se separa la cáscara y se obtienen los nibs de cacao (color naranja). Estos nibs pueden almacenarse nuevamente en la zona designada antes de ser introducidos en las melangers, donde tiene

lugar el conchado. En esta fase se incorpora el azúcar, representado por la flecha azul, que se pesa previamente en la mesa de acero inoxidable y se añade una vez iniciado el proceso de refinado y se mezcla con los nibs.

Una vez finalizado el conchado, se obtiene la pasta de cacao (color negro), que se almacena temporalmente en cajas plásticas en las estanterías. Este producto intermedio constituye el punto de partida del proceso secundario bean to bar.

En conjunto, la distribución propuesta permite un flujo secuencial claro y controlado de la materia prima a lo largo de todas las fases del proceso primario bean to bar, desde la clasificación inicial del grano hasta la obtención de la pasta de cacao almacenada como producto intermedio. La ubicación estratégica de las zonas de almacenamiento y de las máquinas garantiza que cada etapa pueda desarrollarse con mínimos desplazamientos y sin interferencias entre procesos, al tiempo que se preserva la trazabilidad y la higiene en todo momento. Además, la existencia de puntos de almacenamiento intermedio entre fases aporta la flexibilidad necesaria para gestionar lotes diferenciados, mantener buffers de seguridad durante la fase de arranque de la producción y adaptarse progresivamente a la demanda. Esta distribución constituye un diseño robusto que equilibra la necesidad de orden, eficiencia y adaptabilidad, y que sienta las bases para futuras mejoras orientadas a la reducción de inventario intermedio, la optimización del flujo y la posible automatización de operaciones.

### **Proceso secundario bean to bar**

La Ilustración 23 muestra el proceso secundario bean to bar, que es operacionalmente idéntico al proceso utilizado actualmente por Xocolatl para el chocolate industrial, aunque en este caso se realiza de forma independiente en el taller bean to bar para evitar contaminaciones cruzadas y mantener la trazabilidad del producto. Este proceso secundario parte de la pasta de cacao almacenada (color negro), resultante del conchado en las melangers durante el proceso primario.

La pasta se trocea en la mesa de acero inoxidable (etapa 7), que actúa como superficie de preparación previa. A continuación, el producto se funde en el microondas, ubicado en la

parte trasera derecha del taller (etapa 8), permitiendo devolver al chocolate la fluidez necesaria para continuar con su transformación.

El chocolate fundido se traslada a la atemperadora, colocada junto a la mesa de acero inoxidable, para lograr un control preciso de la temperatura de la manteca de cacao. Esta proximidad es clave, ya que una vez concluido el atemperado, es necesario moldear el chocolate inmediatamente para conservar su estructura cristalina óptima (etapa 10).

Durante el moldeado, se utiliza la mesa de acero inoxidable como superficie de apoyo y para la vibración manual de los moldes, con el fin de eliminar burbujas de aire y asegurar un acabado uniforme. Posteriormente, los moldes se depositan en la cava de vino, donde el chocolate cristaliza bajo condiciones controladas de temperatura y humedad (etapa 11).

Una vez cristalizadas, las tabletas se desmoldan nuevamente en la mesa de acero inoxidable (etapa 12) y se almacenan durante al menos 24 horas en las estanterías (color morado) en forma de barras terminadas no empaquetadas (etapa 13). Al día siguiente, estas barras se empaquetan en la misma zona de trabajo (etapa 14) y finalmente se almacenan como producto terminado listo para la venta (color rojo).

Este proceso, aunque manual en gran parte, está diseñado para ser ágil, ordenado y con tiempos bien definidos, garantizando que las etapas de fundido, atemperado y moldeado se realicen de forma secuencial y sin demoras que comprometan la calidad. La separación física de este flujo respecto al proceso primario contribuye a mantener la integridad del producto bean to bar, al tiempo que facilita un control estricto sobre la higiene y la diferenciación de lotes.

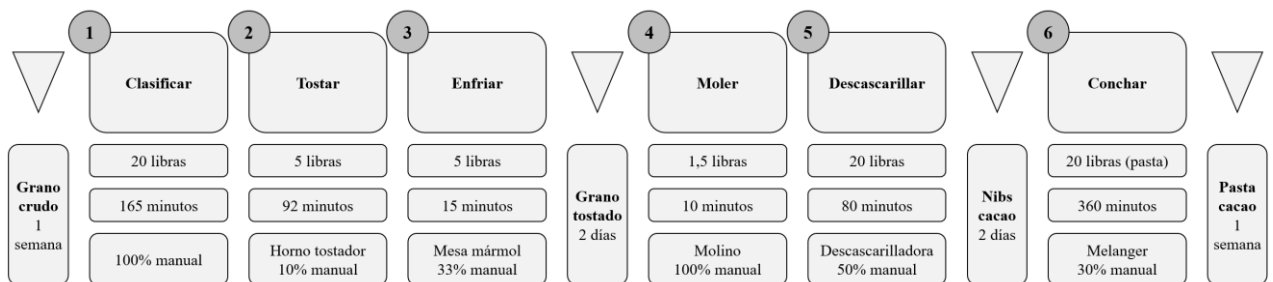
### ***4.3 CÁLCULO DE CAPACIDAD ESTIMADA DEL PROCESO BEAN TO BAR***

Para el cálculo de la capacidad estimada del proceso bean to bar, partiendo de una comprensión del flujo de producción y de las operaciones que lo integran detalladas en capítulos anteriores, es necesario determinar la duración aproximada de cada una de las

etapas. Para el cálculo de la capacidad productiva, se procederá en dos etapas: en primer lugar, se estimará la capacidad del proceso primario, y a continuación, la del proceso secundario. Posteriormente, ambos resultados se integrarán para determinar la capacidad global del sistema de producción bean to bar.

### Cálculo de capacidad del proceso primario bean to bar

La información sobre la duración de las etapas, su tamaño máximo de lote y el porcentaje de dedicación manual del proceso primario bean to bar, se recoge de manera visual en el Value Stream Mapping que se muestra en la Ilustración 24.



*Ilustración 24 - Value Stream Mapping del proceso primario bean to bar*

Para aquellas etapas que no presentan una limitación específica en el tamaño del lote, como por ejemplo la etapa de clasificación, se ha definido un lote estándar de 20 libras, con el objetivo de optimizar la utilización de las melangers. La capacidad total disponible con las dos melangers es de 20 libras de producto, que, si se elaboran tabletas con un 70 % de cacao, equivale a 14 libras netas de cacao, ya que las 6 libras restantes corresponden al azúcar añadido. Para obtener esas 14 libras de cacao listo para el conchado, es necesario partir de aproximadamente 20 libras de cacao crudo, considerando la merma generada en la etapa de descascarillado del 30% del peso en cáscara.

Por este motivo, en las etapas de clasificación, descascarillado y conchado, los tiempos de proceso se estiman tomando como referencia este tamaño de lote de 20 libras. Cabe señalar que la melanger tardaría el mismo tiempo en refinar el chocolate, aunque no se llenase completamente, por lo que trabajar con el volumen máximo permitido resulta más eficiente.

Como se demostrará más adelante, este criterio de lote estándar maximiza la capacidad productiva del taller aprovechando al máximo las dos melangers disponibles.

En el primer bloque del Value Stream Mapping se identifica el stock de materia prima, correspondiente a los granos de cacao crudos procedentes de un origen o finca de cultivo determinada. Se estima necesario disponer de un inventario mínimo equivalente a una semana de producción, tanto para asegurar la continuidad del proceso ante posibles demoras en el suministro, como para permitir la gestión eficiente de varios SKUs con orígenes diferenciados. Este nivel de stock actúa además como inventario de seguridad, que protege frente a variaciones en la demanda o incidencias logísticas, garantizando que el proceso productivo pueda mantenerse estable sin riesgo de interrupciones.

En la primera etapa de clasificación de los granos, se requieren aproximadamente 165 minutos de trabajo 100% manual (equivalentes a 2 horas y 45 minutos) para realizar una clasificación exhaustiva con el apoyo del cedazo y garantizar que las 20 libras de cacao crudo queden preparadas y listas para la etapa de horneado.

En segundo lugar, el horno cuenta con una capacidad de 5 libras por ciclo, y el tiempo de horneado se ha estimado mediante una media ponderada, considerando el porcentaje aproximado de cada tamaño de grano presente en un lote y su correspondiente tiempo de cocción:

- 20% de los granos: tamaño pequeño, tiempo de horneado 60 minutos
- 40% de los granos: tamaño mediano, tiempo de horneado 90 minutos
- 40% de los granos: tamaño grande, tiempo de horneado 110 minutos.

A partir de estos valores, se obtiene un tiempo promedio de horneado de 92 minutos, que se emplea como referencia para el cálculo de la capacidad. Este valor podrá variar ligeramente según la distribución real de tamaños en cada lote, pero constituye una estimación representativa y suficientemente precisa para dimensionar el proceso productivo. Esta etapa requiere una dedicación manual estimada del 10 %, ya que el operario únicamente debe

cargar y descargar el horno al inicio y al final de cada ciclo, así como realizar revisiones puntuales durante el horneado para asegurar que no se produce ninguna sobrecocción.

En la etapa de enfriado, se considera igualmente un lote de 5 libras, en correspondencia con la capacidad del ciclo de horneado, dado que todo el producto que salga del horno debe enfriarse de manera inmediata sobre la mesa de mármol. Se estima que cada ciclo de horneado requiere aproximadamente 15 minutos de enfriado para estabilizar la temperatura del grano. Esta etapa implica una dedicación manual del 33 % del tiempo total (es decir, unos 5 minutos por ciclo), ya que durante el enfriado las habas deben removerse con una espátula para asegurar una distribución homogénea del calor y evitar que se produzcan sobrecocciones parciales.

Tras esta etapa se genera el primer buffer de inventario de producto semiterminado, constituido por los granos de cacao ya tostados. Una vez enfriados, estos granos se almacenan como stock intermedio antes de pasar a la etapa de molienda, lo que aporta flexibilidad al flujo de producción y facilita la planificación de las operaciones. Se estima que este inventario debe cubrir al menos dos días de producción, ya que se trabaja con varios SKUs de orígenes diferentes y el tiempo de ciclo del conchado, que dura un día completo, hace imprescindible disponer de grano tostado suficiente para evitar paradas o desajustes en la programación de lotes.

En la etapa de molienda, el tamaño del lote viene determinado por la capacidad del pequeño embudo disponible en el molino manual. Este tiene una capacidad de 1,5 libras y para moler cada uno de estos lotes se necesitan 10 minutos de trabajo 100% manual.

En la etapa de descascarillado, se pueden procesar las 20 libras del lote estándar en su totalidad, de manera que el producto resultante quede listo para pasar directamente a la melanger en forma de nibs de cacao. El descascarillado de este volumen requiere aproximadamente 80 minutos de duración total, con una dedicación manual estimada del 50 %, ya que es necesario realizar al menos tres pasadas del material para asegurar una separación adecuada de la cáscara. Los nibs de cacao resultantes de esta etapa generan el

segundo buffer de inventario de producto semiterminado, que se almacena también durante al menos dos días antes de pasar a la etapa de conchado.

Por último, la etapa de conchado se realiza en las dos melangers, con una duración aproximada de 6 horas (es decir, 360 minutos). Cada melanger tiene una capacidad de 10 libras, considerando la mezcla de cacao y azúcar, tal y como se ha detallado anteriormente. La operación de estas máquinas requiere una dedicación manual estimada del 30 %, ya que es necesario incorporar el cacao de manera progresiva al inicio del proceso y añadir el azúcar una hora después de comenzar.

Tras la etapa de conchado se obtiene la pasta de cacao, que constituye un buffer de inventario intermedio como producto final del proceso primario y que posteriormente será transformado en el proceso secundario. Al tratarse de la materia prima esencial para la producción de tabletas, se considera necesario mantener un stock mínimo equivalente a una semana de producción, que incluye un inventario de seguridad que permite absorber variaciones de demanda y prevenir posibles interrupciones en caso de incidencias en la planificación o en el flujo de trabajo del proceso primario.

Cabe destacar que, además de los buffers de inventario que se mencionan explícitamente, también pueden existir puntos intermedios de almacenamiento temporal entre otras etapas, como entre la clasificación y el horneado o entre el molino y la descascarilladora. El buffer previo al horno (granos crudos) y el buffer de nibs preparados para la melanger son especialmente relevantes, ya que, como se analizará más adelante, el horno y la melanger constituyen los cuellos de botella del proceso productivo y por lo tanto no debe faltarles recursos nunca.

Una vez comprendido el Value Stream Mapping del proceso, puede calcularse el cuello de botella del proceso primario bean to bar. Para ello, se determina la capacidad de cada etapa dividiendo el tamaño del lote (en libras) entre la duración correspondiente. Es importante mantener la consistencia de las unidades a lo largo de todo el cálculo.

Hasta la etapa de descascarillado, el lote se mide en libras de cacao crudo con cáscara. Sin embargo, durante esta etapa se produce una merma aproximada del 30 %, de modo que las 20 libras de cacao crudo se convierten en unas 14 libras de nibs de cacao. Posteriormente, aunque la melanger procesa estas 14 libras de nibs, su producto final asciende a 20 libras de pasta de cacao, debido a la adición del azúcar en la proporción definida (70 % cacao – 30 % azúcar).

Para poder comparar las capacidades y calcular el cuello de botella de manera homogénea, es necesario expresar el rendimiento de cada etapa en libras por minuto en la misma unidad de medida. Por este motivo, se aplica el ratio cacao/nibs obtenido tras el descascarillado para convertir la capacidad de la melanger a unidades equivalentes de cacao crudo.

La Tabla 6 que se muestra a continuación recoge el detalle de estos cálculos, facilitando la identificación de la etapa con menor capacidad y, por tanto, el cuello de botella del proceso productivo.

*Tabla 6: Identificación del cuello de botella del proceso primario bean to bar*

<b>Etapas VSM</b>	<b>Clasificar</b>	<b>Tostar</b>	<b>Enfriar</b>	<b>Molino</b>	<b>Descascarillar</b>	<b>Melanger</b>
Tamaño lote (libras de cacao)	20	5	5	1,5	20	-
Tamaño lote (libras de nibs)	-	-	-	-	14	14
Tamaño lote (libras de pasta cacao)	-	-	-	-	-	20
Duración (mins)	165	92	15	10	80	360
Scrap	0	0	0	0	30%	0
<b>Libras/min</b>						
Cacao	0,121	<b>0,054</b>	0,333	0,150	0,250	<b>0,056</b>
Nibs	-	-	-	-	0,175	0,039
Pasta cacao	-	-	-	-	-	0,056
Ratio cacao/nibs	-	-	-	-	1,43	-

Como se puede observar, las etapas con menor capacidad y que, por tanto, constituyen el **cuello de botella** del proceso, son el **tostado** y el **conchado**, ambas con una capacidad promedio aproximada de **0,055 libras/minuto**. Se toma como referencia esta capacidad media, dado que las dos etapas son muy similares en limitación, y en particular la capacidad del horno puede variar ligeramente en función de la proporción de tamaños de grano en cada lote. Con esta capacidad productiva expresada en libras por minuto, y considerando 6 horas de trabajo efectivo dentro de una jornada de 8 horas (aplicando un factor de OEE del 75%

que incluye el factor de concesión a los operarios, adecuado en este tipo de procesos artesanales), es posible calcular la capacidad del proceso en libras por turno:

$$\text{Capacidad productiva} = 0,055 \frac{\text{libras}}{\text{min}} \cdot 360 \frac{\text{min}}{\text{turno}} = \mathbf{20 \frac{\text{libras}}{\text{turno}}}$$

El siguiente paso para dimensionar el proceso productivo consiste en calcular el número de personas necesarias para alcanzar la capacidad máxima del sistema, que viene determinada por los equipos críticos, en este caso el horno y la melanger. Para ello, es imprescindible calcular el work content de un lote estándar de 20 libras, es decir, el tiempo total de dedicación manual necesario para completar todas las etapas del proceso.

En las etapas de clasificación, descascarillado y conchado, ya se dispone de la duración específica para un lote de 20 libras. En el resto de las etapas, se ha estimado el tiempo mediante proporciones en función de la capacidad de cada ciclo. Por ejemplo, en la etapa de horneado, se calcula el tiempo total considerando 4 ciclos completos de 92 minutos cada uno, que son necesarios para procesar las 20 libras. En las etapas de enfriado y molienda, se aplica el mismo criterio, dividiendo el volumen total entre la capacidad por ciclo indicada en la tabla anterior.

A partir de estas duraciones y de los porcentajes de dedicación manual de cada etapa (recogidos previamente en el Value Stream Mapping), se obtiene la cantidad de tiempo de trabajo efectivo que requiere cada fase. Finalmente, al sumar la dedicación manual de todas las etapas, se determina el work content total de un lote de 20 libras, que asciende a 503 minutos. La Tabla 7 que se muestra a continuación detalla estos cálculos.

*Tabla 7: Cálculo del Work Content del proceso primario bean to bar*

	Clasificar	Tostar	Enfriar	Molino	Descascarillar	Melanger	Work Content
Tamaño lote (libras de cacao)	20	20	20	20	20	20	
Duración total para 20 libras	165,00	368,00	60,00	133,33	80,00	360,00	
% Manual	100%	10%	33%	100%	50%	30%	
Mins manuales	165,00	36,80	19,80	133,33	40,00	108,00	<b>503</b>

Una vez se tiene el work content, se puede calcular el número de personas necesarias para producir un lote de 20 libras por turno:

$$\text{Personas Necesarias} = \frac{503 \frac{\text{mins}}{20 \text{ libras}}}{360 \frac{\text{mins}}{\text{persona}}} = 1,4 \frac{\text{personas}}{20 \text{ libras}}$$

El resultado obtenido indica que se requieren aproximadamente 1,4 personas para producir 20 libras por turno, que corresponde a la capacidad máxima de las máquinas. Si este fuera un proceso independiente, sería necesario redondear la dotación a 2 personas para cubrir toda la carga de trabajo de manera continua. No obstante, dado que este proceso debe integrarse posteriormente con el proceso secundario bean to bar, por el momento se contabilizan las 1,4 personas como referencia inicial para el dimensionamiento global de los recursos.

#### **Cálculo de capacidad del proceso secundario bean to bar**

El Value Stream Mapping del proceso secundario es idéntico al del proceso industrial y se muestra previamente en la Ilustración 6 del capítulo 2.1. La principal diferencia radica en el origen de la materia prima que aparece como stock al inicio del diagrama: en el proceso industrial, corresponde al chocolate adquirido externamente, mientras que en el proceso secundario bean to bar equivale a la pasta de cacao elaborada internamente durante el proceso primario. En el proceso industrial, esta materia prima se recibe con una frecuencia quincenal, por lo que el stock se dimensiona para cubrir dos semanas de producción. En cambio, la pasta de cacao que alimenta el proceso secundario bean to bar se produce en el propio taller, por lo que su inventario se calcula para abastecer aproximadamente una semana de elaboración.

Es importante destacar que, aunque el proceso industrial y el secundario bean to bar son equivalentes, su capacidad difiere. En el proceso industrial se dispone de tres máquinas atemperadoras, mientras que en el proceso secundario bean to bar se empleará únicamente una máquina atemperadora, lo que afecta directamente a la capacidad del proceso.

Para calcular la capacidad teórica del proceso, el primer paso consiste en identificar la máquina que actúa como cuello de botella. Para ello, se calcula la capacidad de cada etapa

dividiendo el tamaño del lote entre su duración estimada. Dado que este es un proceso altamente manual, la mayoría de las etapas no presentan una limitación real en cuanto al tamaño del lote, por lo que se adopta como referencia un lote estándar de 5 libras, que corresponde a la capacidad máxima de la máquina atemperadora. El resto de los equipos implicados, el microondas, utilizado en la etapa de fundido, y la cava de vino, empleada en la cristalización, no suponen restricciones significativas de capacidad, o al menos no más limitantes que la propia atemperadora.

Por este motivo, se establece un lote estándar de 5 libras para todas las etapas del proceso. De este modo, los tiempos de cada operación son equivalentes a los del proceso industrial, con la diferencia de que, en la etapa de atemperado, la capacidad por ciclo es menor, ya que en el proceso secundario bean to bar se utiliza una sola máquina, mientras que en el proceso industrial se emplean tres, lo que permite procesar en 30 minutos el triple de cantidad.

Los datos de cada etapa y el cálculo de su capacidad en libras por minuto se presentan de forma detallada en la Tabla 8.

*Tabla 8: Identificación del cuello de botella del proceso secundario bean to bar*

	Trocear	Fundir	Atemperar	Moldear	Cristalizar	Desmoldar	Reposo	Empaquetar
Tamaño lote (libras)	5	5	5	5	5	5	5	5
Duración (mins)	10	10	30	30	10	15	1.440	60
% Manual	100%	50%	20%	100%	20%	100%	0%	100%
Mins Manuales	10	5	6	30	2	15	0	60
Libras/min	0,500	0,500	<b>0,167</b>	0,167	0,500	0,333	-	0,083

En este caso, el cuello de botella está determinado por la etapa de atemperado, que presenta la menor capacidad productiva, con un rendimiento de 0,167 libras por minuto. Aunque en la tabla puede observarse que la etapa de empaquetado muestra una capacidad todavía menor (0,083 libras por minuto), esta diferencia se debe a que se trata de una actividad 100 % manual, cuya capacidad depende exclusivamente del número de personas asignadas a la tarea. Dado que el objetivo de este análisis es estimar la capacidad teórica del proceso, el cuello de botella se identifica únicamente entre aquellas etapas en las que intervienen equipos o maquinaria, en este caso, la fundición, el atemperado y la cristalización. Al tratarse de operaciones mecánicas, su capacidad es fija y no se puede aumentar simplemente

incorporando más operarios. Por el contrario, en el caso del empaquetado, la limitación de capacidad puede resolverse asignando más personal, por lo que no se considera un cuello de botella estructural. Así, siempre que se disponga del número de personas necesario, la capacidad teórica del proceso vendrá marcada exclusivamente por las máquinas, siendo el atemperado la operación más restrictiva.

Con la capacidad del cuello de botella, y los minutos disponibles por turno (aplicando el mismo factor del 75% a una jornada de 8 horas), es posible calcular la capacidad del proceso secundario bean to bar de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad productiva} = 0,167 \frac{\text{libras}}{\text{min}} \cdot 360 \frac{\text{min}}{\text{turno}} = 60 \text{ libras/turno}$$

Es decir, el proceso secundario bean to bar sería capaz de producir hasta 60 libras por turno, siempre que se aproveche al máximo la capacidad de la máquina atemperadora y se disponga de suficiente personal para las operaciones de empaquetado.

Para determinar el número de personas necesarias que permitan alcanzar esta capacidad teórica, es imprescindible calcular el work content del proceso. Este se obtiene sumando los minutos de trabajo manual de todas las etapas, tal y como se detalla en la Tabla 8 mostrada anteriormente. De acuerdo con esta tabla, el work content correspondiente a un lote de 5 libras es de 128 minutos. Por tanto, para producir 60 libras por turno, el work content total sería de 1.536 minutos, calculado de la siguiente forma:

$$\text{Work content (60 libras)} = \frac{128 \text{ mins}}{5 \text{ libras}} \cdot 60 \text{ libras} = 1.536 \text{ mins}$$

A partir de este valor, es posible calcular el número de personas necesarias para cubrir toda la carga de trabajo y alcanzar la capacidad productiva máxima:

$$\text{Personas necesarias} = \frac{1.536 \frac{\text{mins}}{60 \text{ libras}}}{360 \frac{\text{mins}}{\text{persona}}} = 4,3 \frac{\text{personas}}{60 \text{ libras}}$$

Es decir, para producir 60 libras por turno aprovechando al máximo la capacidad de la atemperadora, se necesitarían 4,3 personas. Si este fuese un proceso aislado

### **Cálculo de capacidad del proceso global bean to bar**

Una vez se han dimensionado por separado la capacidad del proceso primario y del proceso secundario, es necesario integrarlos para calcular la capacidad conjunta del sistema de producción bean to bar. Para ello, se ha elaborado un Extended Value Stream Mapping, que recoge la capacidad de cada etapa expresada en libras por turno de trabajo en la Tabla 9.

*Tabla 9: Extended Value Stream Mapping - Proceso global bean to bar*

	Proceso primario	Proceso secundario	Global
Tamaño lote (libras)	20	60	
Duración (mins)	360	360	
Libras/min	<b>0,056</b>	0,167	
Tamaño lote (libras)	20	20	
Duración (mins)	360	120	
Work content (20 libras)	503	512	<b>1.015</b>

Como se puede observar, la capacidad global del proceso está determinada por la capacidad del proceso primario, que permite producir 20 libras por turno, es decir, un tercio de la capacidad potencial del proceso secundario. Esto implica que, aunque en el proceso secundario la capacidad está definida por la máquina atemperadora, en la práctica no es necesario utilizarla de forma continua durante los 360 minutos de cada turno, sino que operará a aproximadamente un tercio de su capacidad disponible.

Por tanto, las máquinas que realmente marcan el ritmo de producción y condicionan la capacidad global del sistema son el horno y las melangers, que constituyen el cuello de botella del proceso primario.

Para calcular el work content correspondiente a 20 libras en el proceso completo, se utiliza el dato previamente estimado para el proceso primario y, en el caso del proceso secundario, se establece la proporción equivalente a 20 libras, a partir del work content calculado para los lotes de 5 libras o de 60 libras, según se explicó anteriormente.

La suma de ambos work content da como resultado un total de 1.015 minutos, que permite determinar el número de personas necesarias para producir 20 libras por turno:

$$\text{Personas necesarias} = \frac{1.015 \frac{\text{mins}}{20 \text{ libras}}}{360 \frac{\text{mins}}{\text{persona}}} = 2,8 \frac{\text{personas}}{20 \text{ libras}} \approx 3 \frac{\text{personas}}{20 \text{ libras}}$$

En conclusión, para el **proceso global bean to bar** es necesario contar con **3 personas por turno** a fin de aprovechar al máximo la capacidad de las melangers y el horno y obtener una **producción de 20 libras por turno**.

Cabe destacar que esta misma conclusión puede alcanzarse partiendo de las 4,3 personas que se estimó que serían necesarias en el proceso secundario bean to bar para producir 60 libras por turno. Si en lugar de 60 libras se desea producir únicamente 20 libras, limitadas en este caso por la capacidad del proceso primario, basta con dividir 4,3 personas entre 3, obteniendo así 1,4 personas necesarias para el proceso secundario en ese volumen de producción. Sumando este valor a las 1,4 personas requeridas en el proceso primario, se obtiene el mismo resultado de 2,8 personas, que se redondea a 3 personas como dotación necesaria para operar el proceso global bean to bar a su máxima capacidad.

### **Conclusión sobre el cálculo de la capacidad del proceso bean to bar**

La conclusión del cálculo de capacidad del proceso de producción bean to bar es que, con la maquinaria disponible actualmente y una dotación de 3 personas trabajando en turnos de 8 horas, la capacidad máxima es de 20 libras por turno.

Para asegurar que esta producción se alcanza de forma constante, es fundamental garantizar que los cuellos de botella, el horno y las melangers, nunca queden desabastecidos. Esto implica disponer en todo momento del producto entrante necesario en estas máquinas y contar con la presencia del personal requerido para su operación y supervisión. Al tratarse de los equipos más limitantes del sistema, cualquier interrupción en estas máquinas supone una pérdida directa de producción en todo el proceso y, en consecuencia, una reducción de la capacidad efectiva disponible en el turno. Por este motivo, la planificación, el control de

inventarios intermedios y la organización del trabajo deben orientarse a mantener la utilización continua y equilibrada del horno y las melangers como condición indispensable para cumplir los objetivos de producción establecidos.

El proceso tiene cierta flexibilidad, pero esta es limitada por la capacidad de los equipos clave. El cálculo de la capacidad y, en consecuencia, el tamaño de los lotes se ha realizado tomando como referencia la producción de tabletas con un 70% de cacao, lo que permite equilibrar el uso del horno y de las melangers. Si se quisiera producir tabletas con un 80% o 85% de cacao, sería necesario aumentar el lote inicial de cacao crudo que debe clasificarse y tostarse, ya que, al reducir la proporción de azúcar en la mezcla, se requieren más nibs de cacao para llenar la melanger a su capacidad máxima.

Esta necesidad plantea un problema operativo: con un lote de 20 libras de cacao crudo, el horno ya constituye un cuello de botella, puesto que su capacidad es insuficiente para producir más volumen en un turno (0,054 libras/minuto). Si se incrementara el volumen de cacao a tostar para alcanzar la carga completa de la melanger con formulaciones de mayor pureza, el horno pasaría a ser el cuello de botella dominante del proceso, y la melanger quedaría infrutilizada. En otras palabras, ya no se podría mantener el equilibrio actual, en el que ambos equipos limitan la capacidad de manera conjunta y proporcionada, sino que la producción total estaría condicionada exclusivamente por el rendimiento máximo del horno, que seguiría siendo de 20 libras de cacao por turno.

Para afrontar esta limitación existen varias alternativas, como invertir en bandejas de mayor capacidad que permitan procesar más cacao en cada ciclo de horneado, adquirir un horno adicional o aceptar una infrutilización de las melangers al producir tabletas con porcentajes más altos de cacao. No obstante, dado que el objetivo inicial es consolidar la puesta en marcha del taller con un proceso estable y equilibrado, se ha decidido que en las primeras etapas de operación se elaboren únicamente tabletas con un 70% de cacao, garantizando así que el flujo productivo se mantenga alineado con la capacidad del horno y las melangers.

Pese a esta restricción, el proceso mantiene una cierta flexibilidad, ya que la existencia de dos melangers independientes permite producir simultáneamente lotes de cacao de diferentes

orígenes. De este modo, si cada melanger procesa 10 libras de un tipo de cacao en lugar de 20 libras de un mismo tipo de cacao en las dos melangers, es posible diversificar la producción y elaborar tabletas con distintos perfiles de sabor, siempre que se extremen las precauciones para evitar cualquier mezcla de orígenes en las etapas de clasificación, tueste, molienda o conchado.

Esto sugiere que el lote comercial de cada SKU no debería definirse únicamente en función del lote de producción, sino que, preferentemente, debería vincularse al lote de grano crudo de origen, que es el que determina las características sensoriales y la trazabilidad del producto final. De este modo, se garantiza al cliente una información clara y precisa sobre el origen y la calidad del cacao utilizado, reforzando la diferenciación del chocolate bean to bar frente a productos industriales.

Otra fuente de flexibilidad es la posibilidad de reorganizar los turnos de trabajo y la asignación de personas a cada turno. Gracias a que el proceso bean to bar se organiza en dos bloques diferenciados, el proceso primario (producción de pasta de cacao) y el proceso secundario (transformación en tabletas)—, es posible plantear una distribución flexible de turnos para incrementar la capacidad sin necesidad de adquirir nuevas máquinas. Por ejemplo, mientras que con 3 personas trabajando 8 horas se producen 20 libras de tabletas por turno, si fuese necesario se podría duplicar la producción hasta 40 libras mediante un enfoque escalonado. Esta organización consistiría en operar dos turnos con dos personas cada uno dedicados exclusivamente al proceso primario, de manera que en una jornada se generarían 40 libras de pasta de cacao. A continuación, en un tercer turno de 8 horas, se procesarían esas 40 libras en el proceso secundario, empleando aproximadamente 2,8 personas (3 personas).

Esta estrategia permite aprovechar al máximo la capacidad instalada, adaptando la carga de trabajo a la demanda estacional o a picos puntuales sin necesidad de realizar inversiones en maquinaria adicional. Además, trabajar por separado el procesado de pasta de cacao y la producción final de tabletas facilita la gestión de inventarios intermedios, aumentando la

flexibilidad del sistema productivo y permitiendo ajustar los ritmos de cada proceso a las necesidades comerciales y logísticas de la empresa.

Por último, considerando una capacidad de 20 libras por turno y trabajando 5 turnos por semana (es decir, 5 días), y estimando un peso medio de 70 gramos por tableta, se obtiene una capacidad productiva aproximada de 648 tabletas por semana, un volumen que parece adecuado para cubrir una demanda inicial de esta nueva línea de productos de Xocolatl.

A continuación, en la Tabla 10 se muestra un resumen de los principales parámetros del proceso bean to bar diseñado:

*Tabla 10: Parámetros clave del proceso bean to bar diseñado*

<b>Capacidad</b>	20	Libras/turno
	130	Tabletas/turno (tabletas 70 g)
	648	Tabletas/semana (5 turnos/sem)
<b>Work content</b>	1.015	Mins/20 libras
<b>% trabajo manual</b>	56%	-
<b>% trabajo automático</b>	44%	-
<b>Mano de obra</b>	3	Personas/turno
<b>Productividad</b>	43	Tabletas/persona/turno
<b>Takt time</b>	3,7	mins/tableta (8h)
<b>Tiempo de ciclo</b>	18,20	Mins/libra
<b>Lead time (lote 20 libras)</b>	12.386	Mins
	206	Horas
	25,8	Días

- La capacidad del proceso, definida por los cuellos de botella (el horno y las melangers), es de 20 libras por turno, lo que equivale a unas 130 tabletas por jornada y 648 tabletas por semana en un régimen de trabajo de cinco días. Esta capacidad constituye el volumen máximo sostenible sin necesidad de inversión en maquinaria adicional.
- El work content, de 1.015 minutos por lote de 20 libras, refleja la cantidad total de tiempo de trabajo manual necesario para completar todo el proceso, incluyendo la supervisión, la manipulación de producto y las operaciones auxiliares.

- La mano de obra requerida es de 3 personas por turno, una dotación que permite atender simultáneamente todas las tareas necesarias para mantener el flujo continuo.
- La productividad resultante se sitúa en 43 tabletas por persona y turno, un indicador adecuado para un proceso artesanal de pequeña escala y coherente con la capacidad global.
- El takt time, de 3,7 minutos por tableta, marca el ritmo de producción que debería alcanzarse de forma sostenida en 8 horas de trabajo para satisfacer la demanda prevista.
- El tiempo de ciclo, calculado por libra de producto, corresponde al ritmo definido por el cuello de botella del sistema y determina la cadencia máxima de procesamiento.
- El lead time incluye no solo los tiempos de procesamiento sino también los periodos de stock intermedio reflejados en los Value Stream Mapping y por lo tanto constituye el tiempo total necesario para convertir un lote de cacao crudo que entra en el taller en producto terminado que sale del taller para su venta.

Por último, en la Tabla 11 se presentan los porcentajes de utilización de las máquinas empleadas en el proceso

*Tabla 11: Utilización promedio de las máquinas del proceso bean to bar*

	<b>Máquina</b>	<b>Utilización</b>
Proceso primario	Horno	<b>100%</b>
	Mesa de mármol	16%
	Molino	36%
	Descascarilladora	22%
	2 Melangers	<b>100%</b>
Proceso secundario	Microondas	11%
	Atemperadora	33%
	Cava de vino	11%

Se observa que tanto el horno como las melangers operan con niveles de utilización del 100 %, lo que confirma que el proceso primario es el que determina la capacidad global del sistema, tal como se analizó anteriormente. En cambio, el proceso secundario muestra una

utilización más moderada en equipos, que disponen de margen operativo suficiente para absorber mayores volúmenes de pasta de cacao si fuera necesario. Esto implica que, en caso de invertir en un segundo horno y una melanger adicional, el proceso secundario tendría capacidad disponible para procesar el incremento de producción, siempre que se mantenga una organización acorde con estos nuevos volúmenes y con la disponibilidad de personal.

## **Capítulo 5. CONCLUSIONES, APRENDIZAJES Y PRÓXIMOS PASOS**

Este Trabajo de Fin de Máster ha permitido la aplicación de conceptos y conocimientos de ingeniería industrial a un caso real con un fuerte componente social. A lo largo de este proyecto, se ha diseñado un nuevo sistema productivo para Xocolatl Futuro Vivo, una empresa social guatemalteca comprometida con el desarrollo educativo de una comunidad en situación de vulnerabilidad. A través del análisis, diseño y planificación de su futura línea de producción bean to bar, se ha buscado no solo alcanzar la eficiencia y viabilidad del taller, sino también contribuir de forma tangible a la sostenibilidad económica del proyecto educativo Futuro Vivo. Esta experiencia me ha permitido integrar conocimientos técnicos con una visión humana del impacto que puede generar la ingeniería cuando se orienta hacia un propósito.

En el Capítulo 1, se establecen las bases del proyecto. Se describe el contexto social de Xocolatl y la relevancia del modelo bean to bar como propuesta de valor diferencial, alineada con la visión de calidad, sostenibilidad y comercio justo. También se definen los objetivos del trabajo y se plantea una metodología basada en técnicas de ingeniería industrial y diseño de procesos, así como el uso de fuentes primarias mediante entrevistas con la jefa del taller. Este planteamiento inicial resulta clave para mantener el enfoque a lo largo de todo el proyecto y garantizar que las soluciones propuestas sean realistas y coherentes con las capacidades y necesidades del taller y de la jefa de producción.

En el Capítulo 2, se realiza un diagnóstico del sistema de producción actual de Xocolatl, que elabora cacao industrial. A través del análisis del flujo de producción y el uso de indicadores como la capacidad productiva, los tiempos de ciclo y los cuellos de botella, se ha puesto de manifiesto la fuerte naturaleza manual del proceso y la estrategia consistente en la optimización de la contratación de personal para adaptarse a la demanda. Esta fase ha sido esencial para comprender el punto de partida del sistema y para identificar oportunidades de mejora. A partir de este análisis, se han propuesto acciones concretas como la optimización

del uso de maquinaria existente, una posible reducción del trabajo manual y la posibilidad de incorporar automatización parcial en etapas críticas del proceso.

En el Capítulo 3, se profundiza en el proceso bean to bar que se pretende introducir, detallando cada una de sus etapas y destacando las diferencias técnicas, operativas y logísticas con respecto al proceso actual. Se ha realizado un listado de los recursos necesarios y se ha estimado una inversión de aproximadamente 7.500 €, cubierta mediante una donación externa y activos existentes propios de Xocolatl. Además, se ha llevado a cabo una comparación entre la maquinaria y equipamiento que utilizará Xocolatl y los estándares habituales en la industria o en marcas bean to bar ya establecidas. Esta comparación y el estudio del funcionamiento de las máquinas ha permitido comprender la escala artesanal del proyecto, así como entender las limitaciones y particularidades de su flujo de producción.

El Capítulo 4 presenta el diseño final del taller y del sistema productivo bean to bar. A través de un diseño funcional y flexible, se ha organizado el espacio de forma que se garantice el flujo del producto, se minimicen desplazamientos y se eviten riesgos de contaminación cruzada. Se han definido zonas específicas para el proceso primario y secundario, así como áreas de almacenamiento intermedio que aportan flexibilidad operativa. Además, se ha calculado una capacidad de producción de 20 libras por turno y se ha dimensionado en 3 personas la dotación de personal requerida. Este diseño no solo responde a las necesidades actuales, sino que permite futuras adaptaciones, como el tránsito hacia un flujo en línea en forma de U o la incorporación de más automatización.

Este proyecto ha supuesto un proceso de aprendizaje en múltiples dimensiones. Desde el punto de vista técnico, ha sido una oportunidad para aplicar conocimientos teóricos en un contexto real, enfrentándose a limitaciones de espacio, recursos y tecnología, y buscando soluciones creativas pero viables. La aplicación de herramientas como el análisis DAFO, el cálculo de capacidad o el diseño de la distribución, ha reforzado la comprensión de su utilidad práctica y su impacto directo en la eficiencia de un sistema productivo.

Además, he aprendido a trabajar en estrecha colaboración con la responsable del taller, adaptando las propuestas al contexto cultural, económico y operativo de una organización

pequeña, artesanal y arraigada en su comunidad. Este ejercicio ha reforzado la importancia de diseñar sistemas no solo eficientes, sino también realistas y apropiados para el contexto de operación.

En lo personal, he podido confirmar que la ingeniería puede ser una herramienta poderosa al servicio del bien común, y que aplicar conocimientos técnicos con propósito es una forma de generar impacto tangible.

Aunque el sistema ha sido diseñado y planificado de manera que se sientan las bases para su implementación y primeras fases de operación, el proyecto abre nuevas líneas de trabajo que podrían explorarse en fases posteriores:

- **Evaluar el sistema para nuevos formatos de producto**, como tabletas de distintos tamaños y porcentajes de cacao o con ingredientes añadidos, bombones u otras elaboraciones que puedan diversificar la oferta de Xocolatl.
- **Adaptar los inventarios y stocks intermedios**, optimizando los puntos de almacenamiento para equilibrar flexibilidad y eficiencia.
- **Organizar las jornadas de trabajo**, de forma que se asigne el trabajo manual entre las trabajadoras asegurando la coordinación entre etapas y el cumplimiento de la capacidad estimada.
- **Mejorar la planificación de la producción y el seguimiento del proceso mediante herramientas de digitalización**, que faciliten la gestión operativa y permitan tomar decisiones basadas en datos. Actualmente, Xocolatl utiliza un sistema CRM conectado con su software de facturación para controlar inventarios y planificar la producción del proceso industrial, a través de la herramienta Odo. Con la introducción del nuevo proceso bean to bar, será necesario adaptar esta herramienta para incorporar las nuevas etapas productivas y sus requerimientos específicos, asegurando una trazabilidad adecuada y una planificación integrada.
- **Desarrollar protocolos de seguridad alimentaria y trazabilidad**, asegurando la calidad del producto, la higiene del entorno de trabajo y el cumplimiento normativo.

- **Estudiar la demanda real** una vez el sistema esté en marcha, lo que permitiría ajustar la capacidad productiva y la asignación de recursos a los ritmos del mercado.
- **Evolucionar progresivamente hacia un flujo en línea en forma de U**, tal como se ha planteado en el diseño, para ganar en eficiencia y coordinación entre etapas. Además, **explorar futuras inversiones** en maquinaria más avanzada, que permita escalar la producción manteniendo la calidad artesanal.
- **Medir el impacto de la línea bean to bar sobre los ingresos y sostenibilidad de Xocolatl**, y en consecuencia sobre la capacidad del proyecto Futuro Vivo de ampliar su labor educativa y social.

Estas líneas futuras de desarrollo abren la puerta a una colaboración continua y cercana con el equipo de Xocolatl y el proyecto Futuro Vivo. A medida que la nueva línea bean to bar entre en funcionamiento, será posible acompañar su evolución, adaptando el sistema productivo, resolviendo retos operativos y mejorando progresivamente el rendimiento del taller. Este proceso de mejora continua no solo fortalecerá la viabilidad del modelo, sino que también ampliará su capacidad de generar impacto real en la comunidad de Concepción Las Lomas. El trabajo realizado sienta así las bases para que Xocolatl diversifique su actividad, incremente sus ingresos y contribuya de forma más sólida a la misión educativa de Futuro Vivo: ofrecer una educación de calidad a más niños, en un entorno seguro y con oportunidades reales de futuro.

A nivel personal, este proyecto me ha permitido aplicar mis conocimientos en un contexto real, aprender y contribuir, desde mi formación como ingeniera, a una causa en la que creo profundamente. Ha sido una experiencia que conecta con mi vocación como profesional y con mi compromiso personal de poner la ingeniería y mis capacidades al servicio de las personas.

## Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

Asociación para el Fomento del Chocolate Bean to Bar de Tueste Artesano en España. (s.f.).

*¿Qué es el chocolate bean to bar?* Obtenido de  
<https://www.chocolatebeantobar.com/que-es-el-chocolate-bean-to-bar/>

Atosa. (s.f.). *CTCO-100 — Hornos de Convección de Encimera*. Obtenido de Atosa:

<https://atosausa.com/producto/ctco-100-hornos-de-conveccion-de-encimera/?lang=es>

Bean to Bar World. (2024). *Bean to Bar Videos*. Obtenido de Bean to Bar World:

<https://beantobarworld.com/videos>

Bean to Bar World. (2024). *What is Bean to Bar chocolate?* Obtenido de

<https://beantobarworld.com/what-is-bean-to-bar-craft-chocolate>

Cacao Venezuela Delta. (s.f.). *Molino manual para cacao y frutos secos*. Obtenido de

Maquinaria y recambios: <https://cacaovenezueladelta.com/producto/molino-manual/>

CBI Ministry of Foreign Affairs. (2022). *Entering the European market for tree-to-bar*

*chocolates*. Obtenido de Market Entry: <https://www.cbi.eu/market-information/cocoa-cocoa-products/tree-bar/market-entry>

CocoaTown. (s.f.). *CocoaT Deluxe Winnower*. Obtenido de CocoaTown:

<https://cocatown.com/collections/professional-kit/products/cocoat-deluxe-winnower>

CocoaTown. (s.f.). *CocoaT Power Cracker*. Obtenido de CocoaTown:

[https://cocatown.com/products/cocoat-power-cracker?\\_pos=1&\\_sid=540088b79&\\_ss=r](https://cocatown.com/products/cocoat-power-cracker?_pos=1&_sid=540088b79&_ss=r)

Diamond Custom Machines Corporation. (s.f.). *Premier Tilting Chocolate Refiner 10 lbs*

*with Stainless Steel Stone Holder*. Obtenido de Products, Melangers:

<https://www.melangers.com/products/premier-titling-chocolate-refiner-10-lbs-with-stainless-steel-stone-holder>

Exchange-Rates.org. (2025). *Conversor de Quetzales Guatemaltecos a Euros*. Obtenido de Tipos de cambio: <https://www.exchange-rates.org/es/conversor/gtq-eur>

Futuro Vivo. (s.f.). *Conócenos*. Obtenido de <https://www.futurovivoguatemala.org/>

Nemisto. (s.f.). *Cacao Winnower / Nibs Sorter 30 kg/h*. Obtenido de Nemisto: [https://nemisto.com/products/winnowing/cacao\\_winnower\\_nibs\\_sorter\\_30\\_kgh](https://nemisto.com/products/winnowing/cacao_winnower_nibs_sorter_30_kgh)

Ramírez, C. (2025). *Procesos productivos de Xocolatl*. (N. Fernández Freige, Entrevistador)

Real Seeds. (s.f.). *Open-Source, DIY Seed Cleaner Plans*. Obtenido de Real Seeds: <https://www.realseeds.co.uk/seedcleaner.html>

Sánchez Martín, P. (15 de March de 2025). *Análisis de la capacidad del proceso productivo*. (N. Fernández Freige, Entrevistador)

Scarf, R. (2024). *Bean to Bar - Craft Chocolate: The need for education, training and qualifications for an emerging and growing industry*.

Selmi. (s.f.). *Conca 100. Máquina para la oxigenación del chocolate Bean to Bar*. Obtenido de Línea Selmi Bean to Bar: <https://www.selmi-group.es/conca-100-bean-to-bar.html>

Selmi. (s.f.). *Roaster 106. Tostador de café, avellanas,, almendras, pistachos, futos secos, granos de cacao*. Obtenido de Selmi Group: <https://www.selmi-group.es/roaster-106-tostador-cafe.html>

Selmi. (s.f.). *Winnower. Trituración del grano de cacao tostado*. Obtenido de Selmi Group: <https://www.selmi-group.es/winnower-trituradora-cacao.html>

Spectra. (s.f.). *Spectra 11 Stone Melanger*. Obtenido de Spectra:  
<https://www.spectramelangers.com/melangers/spectra-11-chocolate-grinder-cocoa-stone-grinders/>

Xocolatl Futuro Vivo. (2025). *Inicio*. Obtenido de Xocolatl Futuro Vivo:  
<https://www.xocolatl-futurovivo.com/>

# **ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS**

Este Trabajo Fin de Máster se alinea con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

1. ODS 1 - Fin de la pobreza: El proyecto Futuro Vivo tiene como propósito mejorar la calidad de vida de los habitantes de Concepción Las Lomas, una comunidad que enfrenta altos niveles de pobreza y vulnerabilidad. A través del proyecto, los niños pueden acceder a una formación gratuita y de calidad mientras que los adultos pueden comprometerse en trabajos que benefician a la comunidad y les ayudan a superar situaciones adversas. Además, los beneficios de Xocolatl contribuyen a la independencia económica de la comunidad y reduce la dependencia de las donaciones, multiplicando los esfuerzos para combatir la pobreza.
2. ODS 2 - Hambre Cero: Los alumnos del proyecto Futuro Vivo no solo reciben educación, sino también dos raciones de alimentación diarias (desayuno y almuerzo), ya que esto se considera imprescindible para asegurar un buen rendimiento de los alumnos en las clases y actividades. De esta forma se apoya su desarrollo nutricional garantizando su bienestar físico y contribuyendo a una educación integral concienciándoles sobre la importancia de una adecuada nutrición. Con los beneficios de Xocolatl, se hace posible que más alumnos puedan recibir una alimentación adecuada, ayudando a combatir el hambre en la comunidad.
3. ODS 4 - Educación de calidad: El proyecto Futuro Vivo ofrece una educación integral, que abarca áreas académicas junto con actividades culturales y espirituales como la cocina, la danza, la música o el teatro. De esta manera, los alumnos pueden desarrollarse en un entorno seguro y enriquecedor, y adquieren las herramientas para poder decidir sobre su futuro, rompiendo así el círculo de vulnerabilidad que les rodea. Los trabajadores de Xocolatl también reciben la formación necesaria para realizar su trabajo y así poder contribuir con impacto en la comunidad.
4. ODS 5 - Igualdad de género: En el caso de Xocolatl, en el taller trabajan exclusivamente mujeres, en puestos de trabajo estables, lo cual contribuye al acceso

de la mujer al mercado laboral, algo esencial en un entorno marcadamente machista. Además, mediante la formación conjunta de hombres y mujeres, se promueve la importancia de la igualdad de padres y madres en la familia, y la independencia de las mujeres, equipando a las niñas con los conocimientos y habilidades necesarias para acceder al mercado laboral y poder tomar decisiones sobre su futuro.

5. ODS 8 - Trabajo Decente y Crecimiento Económico: El proyecto Futuro Vivo emplea a miembros de la comunidad y les garantiza condiciones mejores que las mínimas legales, algo no habitual en Guatemala. Además, el proyecto fomenta el espíritu emprendedor en los alumnos y familias, organizando actividades que impulsen la actividad económica de la comunidad.
6. ODS 9 - Industria, Innovación e Infraestructura: La modernización del sistema de producción en el taller de Xocolatl, mediante la implementación de nueva maquinaria y herramientas de digitalización como el CRM, fomenta la innovación y mejora la eficiencia de la producción. La introducción de una línea bean to bar no solo expande la capacidad productiva del taller, sino que también impulsa el desarrollo de una infraestructura local de fabricación, que ayuda a fortalecer la economía de la comunidad.