



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ingeniería Química

Colegio de Ingeniería Química



TESINA: Gestión de costos e implementación de una plataforma tecnológica en una cervecería artesanal para el proyecto de escalamiento de producción.

Presentada para obtener el grado de:

Licenciatura en Ingeniería Química

Presenta:

José Miguel Tirado Baez

Director de tesina:

M. C. César Luna Ortega

Asesor de tesina:

M. C. César Luna Ortega

Fecha de presentación: marzo de 2022

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
CAPÍTULO 2. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	10
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 ¿QUÉ ES UN PROYECTO?	12
3.2 ¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE COSTOS?	13
3.3 ¿QUÉ ES UN ESTIMADO DE COSTOS?	15
3.4 ¿QUÉ ES UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y PARA QUE SIRVE EN ESTE PROYECTO?	17
3.5 ¿QUÉ ES LA CERVEZA?	17
3.6 CERVEZA ARTESANAL E INDUSTRIAL	18
3.6.1 PRODUCCIÓN.	19
3.6.2 INGREDIENTES.....	19
3.6.3 VARIEDAD DE RECETAS.....	20
3.6.4 FILTRADO.....	22
3.6.5 SABOR, AROMA Y CUERPO	22
3.6.6 PROXIMIDAD AL CLIENTE, COMERCIO LOCAL.....	22
3.7 ESPECIES DE CERVEZA.	22
3.8 PROCESO PRODUCTIVO PARA CERVEZA ARTESANAL.	25
4. MARCO METODOLÓGICO	28
4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	28
4.1.2 GASTO ENERGÉTICO.....	28
4.1.2.1 GAS.....	28
4.1.2.2 ENFRIAMIENTO	32
4.1.3 COSTO Y RENDIMIENTO DE MATERIA PRIMA.....	32

4.1.3 UTILIDADES ACTUALES	37
4.2 PROPUESTA DE PROYECTO	41
4.2.1 Modelo de negocio	41
4.2.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS.	42
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA.....	49
4.3.1 Presentación de opciones para implementación de plataformas tecnológicas.	50
4.3.2 Evaluación de opciones para plataformas tecnológicas.	56
4.3.3 Nuevos procedimientos de producción con base en la plataforma tecnológica elegida.	58
4.3.3.1 Procedimiento de programación de producción.	58
4.3.3.2 Procedimiento de producción exacta.	60
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
5.1 GESTIÓN DE COSTOS (COTIZACIÓN DE EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN)	63
5.1.2 Dimensionamiento de equipo.	63
5.1.2 Volumen del calentador	63
5.1.3 Volumen del macerador	64
5.1.4 Cálculo de volumen del hervidor	67
5.1.5 Volumen del fermentador	68
5.2 Requisición de equipamiento	69
5.3 Estimado de costos clase III	73
5.4 Actualización de utilidades.	80
5.5 Cálculo de VAN, Tasa de descuento y TIR	82
CONCLUSIONES.....	85
ANEXOS.....	87
A. Diagrama de distribución en planta (LAYOUT)	87
B. Diagrama de Flujo de Proceso (DFP)	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89

Índice de figuras.

Figura 1. Consejos de elaboración de cerveza artesanal.	7
Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto.	13
Figura 3. Línea base y grados de libertad de un estimado de costo.	16
Figura 4. Apertura de cervecerías por año.	21
Figura 5. Bultos de cebada malteada para procesamiento cervecero.	25
Figura 6. Relación entre costo de inversión contra utilidades parciales.	40
Figura 7. Costos de inversión contra utilidades parciales porcentuales.	40
Figura 8. Interfaz de usuario para opción 1: Brew Mate.	50
Figura 9. Interfaz de usuario Nubea Brew.	51
Figura 10. Interfaz de usuario de Cyberbrau.	53
Figura 11. Interfaz de usuario de Brewtarget.	54
Figura 12. Pantalla de inicio en plataforma tecnológica.	59
Figura 13. Despliegado de documentos para apertura de receta Pale Ale.	60
Figura 14. Requerimientos de materia prima y criterios de producción.	61
Figura 15. Molturación de malta.	64
Figura 16. Llenado de malta molturada.	64
Figura 17. Humidificación de malta.	64
Figura 18. Estimación de densidad de grano húmedo.	64
Figura 19. Cantidad de malta requerida para un proceso de 300 Litros.	65
Figura 20. Distribución normal de erogaciones entre periodos.	76
Figura 21. Estimación de TIR por método gráfico.	83

Índice de tablas.

Tabla 1. Apertura de cervecerías por año.	21
Tabla 2. Índice de precio de gas.	29
Tabla 3. Relación materia, masa y costo de producción tipo Pale Ale.	34
Tabla 4. Relación de materia, masa y costo tipo Porter.	34
Tabla 5. Gasto energético por consumo de gas y hielo como servicios auxiliares.	37
Tabla 6. Costo de producción para cerveza Pale Ale por lote.	38
Tabla 7. Costo de producción para Porter.	39
Tabla 8. Cálculo de utilidades para junio 2021.	39
Tabla 9. Análisis FODA de las condiciones actuales de la empresa.	43
Tabla 10. Estrategias de mejora para cervecera artesanal 9 ojos.	44
Tabla 11: Reporte de identificación de riesgo en el proyecto.	46
Tabla 12. Tabla de impacto y probabilidad de ocurrencia del riesgo.	47
Tabla 13. Distribución de índices.	48
Tabla 14. Pros y contras de Brew Mate.	50
Tabla 15. Análisis de pros y contras. Nubea Brew.	52
Tabla 16. Análisis de pros y contras de Cyberbrau.	53
Tabla 17. Análisis de pros y contras del software Brewtarget.	55
Tabla 18. Evaluación de plataformas tecnológicas.	56
Tabla 19. Demanda de cerveza Pale Ale octubre y junio de 2021.	58
Tabla 20. Cálculo de densidad de grano húmedo por método experimental.	65
Tabla 21. Catálogo de requerimientos mínimos de equipo.	70, 71
Tabla 22. Estimado de costos clase III con monto por contingencia.	73
Tabla 23a. Primera sección opinión de expertos.	74

Tabla 23b. Segunda sección de opinión de expertos.	75
Tabla 24. Calendarización de erogaciones mensuales.	76
Tabla 25. Índice de inflación histórico en México desde 2011.	77
Tabla 26. Escalamiento de costos en función de tiempo e inflación.	78
Tabla 27. Predicción de utilidades esperadas.	80
Tabla 28. Estimación de TIR y VAN bajo una tasa de descuento del 12%.	82
Tabla 29. Tabulación de VAN respecto a Tasa de Retorno variable.	83

INTRODUCCIÓN.

Como es bien conocido, las bebidas alcohólicas han tenido un gran arraigo en las distintas culturas modernas desarrolladas por el hombre, y ocupan su espacio y momento en ocasiones festivas en muy diversas presentaciones: destilados como ron, tequila, whisky, vodka y mezcal o fermentados como vino, cerveza o sidra.

Es por ello que resulta bastante común coincidir con cualquier número de personas de un gran rango de edades, estatus socioeconómico y región geográfica que gusta del sabor de la cerveza tanto en ocasiones célebres como en reuniones sociales comunes, lo que ha catapultado a esta bebida como una de las más consumidas a nivel mundial.

Si bien el mercado cervecero ha sido acaparado por la producción industrial, en las últimas tres décadas la producción artesanal de la cerveza ha tenido una aceleración considerable gracias a la demanda de la bebida elaborada de este modo, que difiere en sabor, cuerpo, aroma y color de su competencia industrializada.

La producción de cerveza artesanal exige su constante actualización de procesos y fidelidad a las recetas maestras para garantizar que sus principales consumidores siempre encuentren el sabor que le distingue de cualquier otra cerveza. Pero, ¿Qué pasa cuando la producción de una pequeña empresa, limita el crecimiento y expansión de la misma? Esto representa un momento cúspide en la vida de una planta productora que recién inicia, pues es momento de tomar una decisión sumamente importante: el escalamiento de la producción. Este proceso de escalamiento constituye un proyecto completo, desde el momento de la idealización del mismo, y requiere el trabajo de especialistas que aseguren que la producción a la que se desea llegar sea adecuada para la expansión que se pretende, es decir, que pueda abastecer a nuevos clientes, que conserve las características que le distinguen y que este proyecto cumpla las características de calidad especificadas por el cliente, como lo es ajustarse al presupuesto y tiempo de vida del proyecto.

Para este caso de estudio, se trabajará en el proyecto de escalamiento de producción de una cervecera artesanal con sede en región noroeste del estado de Puebla. El presente trabajo estará centrado en la gestión de costos e implementación de plataformas tecnológicas para el proyecto de escalamiento de la producción, que cuenta con una producción actual de 30 litros por lote y se requiere escalar a 300 litros por lote , es decir de una planta piloto a una planta de mediana producción, con la finalidad de cubrir la

demanda de nuevos clientes e incrementar la eficiencia de proceso en consumo energético, así como permitir al cliente, realizar el escalamiento de la receta para producciones distintas a las establecidas por la receta maestra con la que actualmente se trabaja, puesto que se ha estado operando con un volumen constante de 30 litros y se requiere adquirir flexibilidad operativa, manejando al volumen como una posible variable, con la finalidad de reducir las existencias de almacén, reducir costos de almacenamiento y agilizar la movilidad del producto en el mercado.



Figura 1. Consejos de elaboración de cerveza artesanal.

Fuente: *Maltosa (2017)*

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, México vive el momento de mayor expansión de la industria cervecera artesanal desde las últimas décadas, contando con 630 cerveceras registradas hasta finales del 2017 (ACERMEX, 2017), sin embargo, esto representa también a un mercado demasiado competitivo y es obligación de cada empresa mantenerse a la vanguardia del mercado junto a sus principales competidores para posicionarse como un referente del mismo. Para este fin, la capacidad productiva de la empresa puede representar una oportunidad o una limitación al momento de pretender abrirse paso de un entorno local a uno estatal, nacional o internacional, pues de ello depende la posibilidad de cubrir la creciente demanda de nuevos clientes siendo fieles a los procesos artesanales que caracterizan a cada marca.

La problemática actual a la que se enfrenta esta cervecera artesanal consiste en una gran área de oportunidad que surge con el crecimiento de la demanda y los deseos de expansión, para los que la planta actual cuyo volumen de producción es de 30 litros por tanque resulta demasiado pequeña, y la producción insuficiente.

Cabe mencionar que, dentro de la región noroeste del estado de Puebla, es la primera planta productora de cerveza artesanal y esto le brinda la oportunidad de abarcar una gran parte de la demanda de la región debido a la facilidad de distribución del producto, además, hoy en día los proveedores de insumos con servicio a domicilio, permiten que la ubicación de estos proveedores deja de ser un factor limitante en la ubicación estratégica de la planta y facilite así la logística en el proceso productivo y de distribución.

Dada esta poca competencia a nivel regional y la oportunidad de acaparar este nicho del mercado local, la empresa se encuentra en un punto crucial donde debe decidir qué camino tomar: entre un proyecto de crecimiento que le permita ampliar sus horizontes comerciales o continuar con la producción actual, manteniendo la cartera de clientes con la que actualmente cuenta, pero limitando sus horizontes de expansión.

Una segunda área de oportunidad se encuentra en la optimización de los procesos productivos actuales. Como es bien sabido, aquello que no se puede medir, no se puede mejorar, y en este caso existen algunas variables del proceso que la planta desconoce y cabe la posibilidad de optimizar el proceso si se trabaja en ellas.

Una de los principales factores que generan esta área de oportunidad es el gasto energético actual de la planta, pues no se cuenta con registro de consumo de gas y energía eléctrica

para la producción de cada lote. En consecuencia, no se puede asegurar que este factor de consumo energético pueda ser mejorado hasta ser cuantificado.

El segundo factor que actualmente se presenta como una incógnita es el rendimiento de la materia prima y las utilidades generadas por litro, lote, caja o botella, según sea requerido.

El tercer factor que genera áreas de oportunidad en la empresa es que actualmente la cerveza se produce mediante una receta maestra establecida para trabajar con un volumen de 30 litros de agua, sin embargo, este volumen debe mantenerse constante para mantener las características del producto intactas. Es normal considerar que la receta pudiera escalarse para distintos volúmenes de producción de manera directa, mediante una extrapolación lineal de los parámetros productivos, sin embargo, hay factores de la fórmula que están en función de la exposición de ciertos insumos a temperatura específica y tiempos determinados, como lo es la adición del lúpulo que en función del tiempo de cocción durante el proceso puede otorgarle al producto mayor aroma en tiempos de exposición menores a 15 minutos o amargor para procesos de cocción mayores a 50 minutos.

Factores como estos, son los que limitan la maleabilidad de una receta diseñada para un volumen específico, pues deben respetarse los parámetros de temperatura y periodos de exposición para obtener los parámetros del producto esperados.

Es por ello que, al manejar un volumen menor al establecido, lo más natural es esperar un menor tiempo de producción y resulta sencillo estimar la cantidad de materia requerida, sin embargo, debido a las propiedades antes mencionadas de la cerveza artesanal y su proceso productivo, se vuelve indispensable analizar cada parte del proceso para garantizar la extracción de cada elemento en tiempo, cantidad y calidad que formará parte del producto terminado.

Haciendo énfasis en estas áreas de oportunidad, el proyecto se enfocará en realizar el escalamiento de la producción de 30 a 300 litros por lote, haciendo uso de una plataforma tecnológica que permita optimizar el proceso y realizar las estimaciones correctas en el dimensionamiento de los equipos requeridos para dicho proceso de escalamiento.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la gestión de costos e implementación de una plataforma tecnológica para el proyecto de escalamiento de la producción en una cervecería artesanal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las variables de proceso conocidas y calcular las incógnitas del mismo.
2. Evaluar los riesgos del modelo de negocio del proyecto y contrastarlos con las oportunidades del mismo.
3. Investigar y comparar las principales plataformas tecnológicas dedicadas a la producción de cerveza artesanal y seleccionar aquella que se ajuste mejor al proyecto para su implementación.
4. Diseñar el escalamiento de la producción con apoyo esta plataforma tecnológica.
5. Evaluar la factibilidad del proyecto mediante el desarrollo de un estimado de costos clase III.

2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con la realización del presente proyecto, se pretende incrementar la capacidad de producción de la empresa, para permitirle abrir paso con nuevos clientes y mercados, con la finalidad de posicionarse como un referente de la cerveza artesanal en el mercado estatal y nacional.

Con esta ambiciosa premisa, se pretende incrementar 10 veces la producción actual de la planta, cumpliendo los objetivos de tiempo, presupuesto y calidad planteados por el cliente.

Asimismo, se recabará información acerca de los factores de gasto energético, factor de rendimiento de la materia prima y utilidades generadas durante la producción actual; deducir si estos pueden ser mejorados y predecir estos factores para el proyecto de escalamiento, mismos que se tendrán como punto de meta.

Además, mediante la implementación de una plataforma tecnológica que mejore el control de producción dentro de la planta, se prevé optimizar el proceso actual y favorecer a la mejor utilización de materia prima, servicios auxiliares y agilizar la rotación de inventarios dentro la empresa.

Con ello se asegurará tener un inicio consolidado en el proyecto y un directriz sobre la cual guiar los pasos para llegar a un punto final establecido.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ¿QUÉ ES UN PROYECTO?

De acuerdo con lo mencionado por el Project Management Institute (PMI, 2013): “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto”.

Un proyecto consta de distintas áreas de conocimiento que varían según el punto de vista del que sean contempladas, estas pueden abarcar desde el momento en que es concebida la idea del proyecto, como el caso de las etapas FEL (Front End Loading) y gestión de riesgos del IPA (Independent Project Analysis inc.), el momento de procura del proyecto con la gestión de costos y gestión de adquisiciones de PMI o el área de lecciones aprendidas del CII (Construction Industry Institute) para la etapa posterior al desarrollo y puesta en marcha de un proyecto, solo por mencionar algunas áreas en sus respectivos momentos de mayor influencia.

De acuerdo a lo mencionado, queda entendido que un proyecto cuenta con una fecha de inicio y una fecha de término. Este periodo de tiempo conforma al ciclo de vida de un proyecto, que, a la vez, se segmenta en diferentes etapas (Planeación, ingenierías, contratación, procura, construcción, operación y evaluación) que cuentan en sí mismas con áreas del conocimiento específicas (Ingeniería básica, Ingeniería conceptual, FEL I, FEL II, FEL III, etc.).

Es importante identificar cada etapa del ciclo de vida de un proyecto para tener conocimiento del punto temporal sobre el que se encuentra el proyecto a cada momento, e identificar las áreas de oportunidad sobre las que es posible ejercer una acción importante, y evitar modificaciones que pudieran ser perjudiciales para el mismo. La Figura 2 muestra el ciclo de vida de un proyecto según lo establecido por el Sistema Integral de Desarrollo de Proyectos (SIDP) de PEMEX (2016)

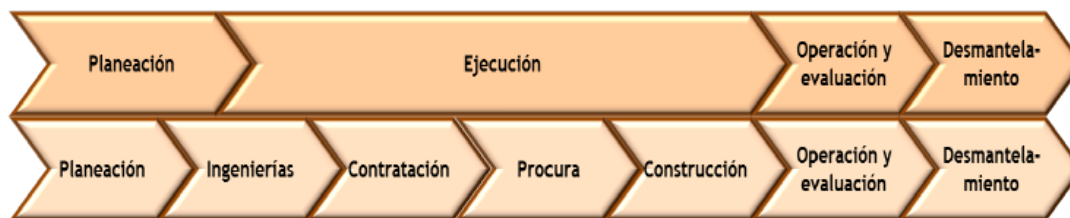


Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto.

Fuente: *Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos PEMEX. 2013*

Actualmente, son estas 3 organizaciones (PMI, IPA y CII) los principales referentes para la gestión de proyectos, y con base en ellas es que se ha desarrollado el actual trabajo, haciendo alusión a las áreas de conocimiento de gestión de costos fundamentada en las mejores prácticas del Project Management Institute y aplicando la gestión de implementación de plataformas tecnológicas.

3.2 ¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE COSTOS?

La gestión de costos de un proyecto es un área de conocimiento fundamental en la administración, dirección y gestión de proyectos que involucra el análisis de las todas las tareas requeridas para llevar a cabo un proyecto desde su inicio hasta su término y su impacto en el costo del mismo. En ese sentido, la gestión de costos puede analizar el impacto de una modificación en la definición del alcance realizado durante la etapa de planeación del proyecto (respecto al ciclo de vida de un proyecto) y la misma modificación realizada durante la ejecución del mismo, pues esta acción repercutirá en diferente magnitud al costo del proyecto de acuerdo al momento en que sea ejecutada.

Un ejemplo claro de lo anterior se muestra en el actual caso de estudio:

La situación se da en una junta con el cliente durante la etapa final de planeación del proyecto de escalamiento de producción de la cervecera artesanal 9 ojos, para dar paso a la etapa de ingenierías. El cliente define como alcance del proyecto la requisición de una planta de producción de 70 litros por lote, sin embargo, al reconsiderar la creciente

demanda del producto y la exigencia de sus nuevos clientes, toma la decisión de modificar el alcance del proyecto en cuanto a producción de 70 a 300 litros por lote.

Los especialistas de costos realizan un ajuste en los cálculos preliminares realizados en este punto, que, hasta ahora alcanzan a ser considerados como un estimado clase IV; el tiempo invertido en gestión de costos hasta este punto es mínimo y no se ha realizado ninguna instalación ni adquisición de equipo, tubería o servicios auxiliares, por lo que el cambio en el alcance representa un impacto mínimo sobre la gestión de costos del proyecto, que se soluciona con recalcular factores de costos para otorgar un primer presupuesto requerido.

Si el cliente realiza exactamente la misma modificación del alcance del proyecto durante etapas posteriores, el impacto en el costo del proyecto incrementaría proporcionalmente al tiempo que se deje transcurrir, de este modo es sencillo comprender que, si esta modificación se realiza durante el periodo de construcción, el impacto será muy grave, pues todos los cálculos realizados para una producción de 70 litros serían insuficientes para una producción de 300 litros.

En este punto del ciclo de vida del proyecto, será necesario desinstalar redes de servicios auxiliares, cimentación para el equipo, soportes, tanques de almacenamiento e incluso el mismo reactor y macerador, adicional a ello, será necesario realizar nuevas instalaciones y adquisiciones de todo lo mencionado pues los equipos ya adquiridos se volverán obsoletos para la nueva necesidad del cliente.

De la misma manera, la gestión de costos se encargará de mantener el proyecto dentro de los objetivos económicos establecidos en el presupuesto inicial, cuidando la gestión de las adquisiciones durante el proceso de procura, que implica la adquisición de servicios y bienes, como son: mano de obra, servicios de instalación eléctrica, hidráulica, sanitaria, adquisición de equipo, tubería, material y demás consumibles que serán requeridos para el proceso de construcción durante la ejecución del proyecto.

Es por ello que la gestión de costos, es un área de conocimiento primordial de la administración del proyecto, pues acompaña al mismo desde su etapa de idealización hasta el momento de ser finalizado en la operación y puesta en marcha, restringiendo los factores de costos para que estos sean más apegados al presupuesto conforme transcurre el ciclo de vida de un proyecto.

3.3 ¿QUÉ ES UN ESTIMADO DE COSTOS?

En algunas ocasiones prevalece la idea errónea acerca de que un proyecto inicia con un presupuesto que se mantiene y debe ser estrictamente fijo desde su idealización hasta su etapa final. Sin embargo, es natural que, durante etapas tempranas de diferentes proyectos, la aproximación de un presupuesto sea muy baja, lo que significa que puede tener variaciones que no es posible apreciar desde esta etapa tan lejana.

Debido a esta situación, es necesario realizar estimaciones constantes a lo largo del ciclo de vida del proyecto, cuyo objetivo es afinar progresivamente la estimación de costos (presupuesto), con la finalidad de concluir cabalmente el proyecto en los lineamientos requeridos.

Según lo mencionado por el Project Management Institute (2008), “un estimado de costos es una evaluación del costo aproximado que tendrán los recursos necesarios para realizar las actividades de un proyecto, es decir, una predicción económica que se basa en la cantidad de información con la que se cuenta en distintos puntos temporales del proyecto”.

Un estimado de costos debe considerar la mayor cantidad de escenarios posibles de prever y cuya probabilidad de ocurrencia o impacto pueda afectar considerablemente a los objetivos del proyecto, es por ello que se define como una predicción. Dentro de estas previsiones, se deberán considerar los riesgos que se han elegido correr y el respectivo impacto económico. Por ejemplo: costos por devolución, retrabajo, demora en tiempo, costos por modificación en el alcance del proyecto y demás factores que se agregan de acuerdo a la evolución del proyecto.

Debido a la variación de la información con la que se cuenta a lo largo del proyecto y el consecuente cambio en la exactitud de cada estimado, es necesario clasificar estos estimados de acuerdo a las dos variables que los rigen: La información poseída y la exactitud del estimado.

Estos estimados se clasifican en clase V, IV, III, II y I. Cada uno tiene una variación aceptable de acuerdo al momento en que sean realizados, mismo que suele variar conforme a la organización que se toma como referencia, por ejemplo: PEMEX, IPA, CII, etc. Para fines prácticos, se hará uso de las bases de PEMEX para determinar los grados de libertad de cada estimado de costos.

- ESTIMADO DE COSTOS CLASE V: Variación de +50% a -30%
- ESTIMADO DE COSTOS CLASE IV: Variación de +35% a -20%
- ESTIMADO DE COSTOS CLASE III: Variación de +25% a -15%
- ESTIMADO DE COSTOS CLASE II: Variación de +15% a -10%
- ESTIMADO DE COSTOS CLASE I: Variación de +10% a -5%

Estas distribuciones pueden ser representadas en un gráfico que muestre la aproximación de cada estimado de costos a lo largo del del ciclo de vida del proyecto desarrollado, tal como se hace referencia en la figura 3, donde también se señalan las etapas del proyecto a las que corresponde cada estimado de costos, por ejemplo, un estimado de costos realizado durante el desarrollo de la ingeniería básica del proyecto podrá alcanzar valores de un estimado de clase III debido al grado de definición del proyecto en ese momento, sin embargo conforme avanza esta definición junto al desarrollo del proyecto y se obtienen datos de valor adicional hasta llegar a una etapa de ingeniería básica extendida o ingeniería de detalle, es posible desarrollar estimados de costos de clase II, donde el valor de los grados de libertad respecto a la línea base del estimado de costos se ajusta de un 15% a un -10%.(Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos PEMEX. 2013)

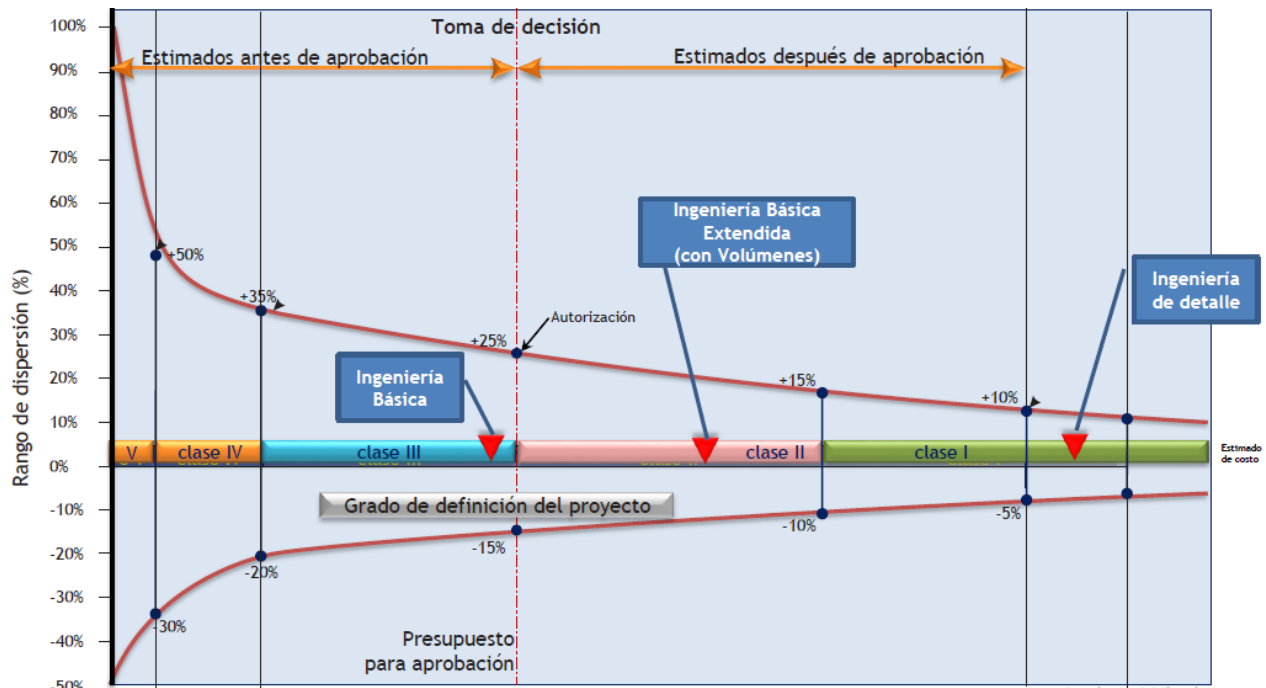


Figura 3. Línea base y grados de libertad de un estimado de costo.

Fuente: *Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos PEMEX. 2013*

3.4 ¿QUÉ ES UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA Y PARA QUE SIRVE EN ESTE PROYECTO?

A lo largo de las últimas décadas, la tecnología ha tomado parte esencial de nuestra vida diaria, a tal grado de volverse necesaria en la mayoría de las actividades que realizamos, desde el uso de un teléfono inteligente o un navegador satelital GPS, hasta el uso de herramientas específicas para distintos campos que conocemos como plataformas tecnológicas, como lo son los *softwares* especializados que abarcan todas las áreas profesionales, desde programas de diseño arquitectónico CAD, *software* para fines contables, sofisticados equipos de diagnóstico médico, simuladores de procesos químicos, estimadores de costos, etc.

Es por ello que estas plataformas tecnológicas también han tenido gran auge en el mundo de la producción a gran escala: el mundo industrial. Por lo que, la implementación de plataformas tecnológicas específicamente en una industria cervecera, puede ofrecer grandes beneficios para sus usuarios, ayudando a incrementar la eficiencia en la transformación de las materias primas, mejorar el control de inventarios, prever soluciones a futuras problemáticas, programar sesiones de mantenimiento de equipos, facilitar el control de nóminas, evaluar los parámetros de proceso, monitorizar temperatura y presión de operación, tiempos de residencia y demás factores que de hacerse manualmente llevarían a una operación lenta y poco eficiente de la empresa, sin mencionar que se requiere de contratar personal especializado para realizar tareas simples, por ejemplo, tomar lectura de manómetros y termómetros dentro de una planta.

3.5 ¿QUÉ ES LA CERVEZA?

Durante 800 años, la cerveza ha sido una bebida embriagante, a la que también se le confieren propiedades beneficiosas para la salud, se ha convertido en una lucrativa fuente de impuestos y en un negocio de alcance globalizador (Webb y Beaumont, 2013). Solo en los últimos años, debido a las guerras o la aprobación de leyes en su contra, experimentó un descenso de ventas, que en muchos casos provoco la pérdida de ciertas recetas especiales y diferentes a las que hoy se conocen. Pero se supo imponer y se ha convertido en una bebida para ser disfrutada y estudiada por derecho propio (Jackson, 1999).

La cerveza (del celto-latín *cerevisia*) es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se

fermenta en agua con levadura y se aromatiza a menudo con lúpulo, entre otras plantas (Coromias, 1997).

Esta bebida es obtenida usando como materia prima los ingredientes mencionados anteriormente, de los cuales el principal es la malta, pues en ella se define si se tratará de una cerveza rubia u oscura, dependiendo del tueste que conlleve el grano. La malta es producto del proceso de germinación del grano de cebada que se lleva a cabo a temperaturas cálidas y condiciones húmedas, una vez germinado el grano, pasa por un proceso de tueste que definirá el tipo de malta, que puede ser, pale ale, ale, chocolate, dark y demás variaciones que posteriormente tienden a ser mezcladas para producir cerveza de distintas especies. Como podrá comprenderse, de un lote de cebada procedente del mismo campo de cultivo, se podrán obtener distintos tipos de maltas variando las condiciones de tueste.

Como lo mencionan Webb y Bearmount (2013) en su libro, “de esta bebida se conocen múltiples variantes con una amplia gama de matices debido a las diferentes formas de elaboración y a los ingredientes utilizados. Generalmente presenta un color ambarino con tonos que van del amarillo al negro pasando por los marrones rojizos. Se la considera gaseosa (contiene CO² disuelto en saturación que se manifiesta en forma de burbujas a la presión ambiente) y suele estar coronada de espuma. Su aspecto puede ser cristalino o turbio. Su graduación alcohólica puede alcanzar hasta cerca de los 30 % vol., aunque principalmente se encuentra entre los 3 % y los 9 % vol.” Así que existe un amplio panorama de la gama de matices entre aromas, colores y sabores para degustar en una sola bebida: la cerveza.

3.6 CERVEZA ARTESANAL E INDUSTRIAL

Como se mencionó anteriormente, la cerveza industrial se encuentra en todas partes y con un costo más accesible al bolsillo. Pero cada vez son más los bares, restaurantes y establecimientos que cuentan con cerveza artesana en su oferta cervecera, nacionales o importadas, gracias a ello, actualmente existe un abanico cada vez más amplio para beber cerveza artesanal y poder elegir entre estas y las cervezas industriales. Pero, ¿Cuál es la diferencia entre estas dos?

3.6.1 PRODUCCIÓN.

La primera diferencia radica en el volumen de producción de la planta; para ser considerada una planta de producción artesanal, deberá mantenerse por debajo de los 100 mil hectolitros anuales, según lo anunciado por la COFECE (Comisión Federal de Competencia Económica), y esto es lo más cercano a la definición de artesanal sobre la que se rige este negocio en México, de acuerdo a lo mencionado por Benjamín Acosta (2015).

De la mano del volumen de producción se encuentra naturalmente un tipo de producción que denota por sí mismo la diferencia radical entre ambas; por un lado, la cerveza industrializada, como su nombre lo indica se elabora bajo procesos de producción en masa, e incluye procesos que la cerveza artesanal no contempla, por ejemplo, el proceso de pasteurización industrial, que representa un método de conservación de alimentos muy común y efectivo, sin embargo, termina por reducir propiedades organolépticas del producto, mientras que el proceso de enfriamiento de la cerveza artesanal (que es equiparable al proceso de pasteurización), es menos brusco con la bebida, pues el cambio de temperatura se realiza en un tiempo más prolongado, cuidando de estas propiedades.

3.6.2 INGREDIENTES.

La segunda característica que diferencia una cerveza artesanal de una industrial es la calidad y origen de los ingredientes con los que se fabrica. La producción industrial de cerveza contiene en su bebida elementos antioxidantes o conservadores artificiales. Adicional a ello, la búsqueda en la reducción de costos puede llevar a incluir elementos fermentadores de otra especie como maíz, mijo o arroz, que tienen un costo considerablemente menor respecto a la malta, pero la calidad del producto disminuye de la misma manera.

Una característica fundamental de la cerveza artesana es que no presenta agentes químicos adicionados al proceso tradicional (como conservadores). Solamente se compone el producto con agua, malta (en sus diferentes tipos), lúpulo y levadura, adicionando granos o especias de así requerirlo para cada especie de cerveza, pero siempre evitando incorporar químicos ajenos.

3.6.3 VARIEDAD DE RECETAS

La cerveza industrial es creada gracias a la receta de un maestro cervecero al igual que la cerveza artesanal; la diferencia radica en la variedad ellas, pues los grandes grupos cerveceros se dedican a la producción masiva de algunos tipos de cerveza, mientras que las cervecerías artesanales, desarrollan y modifican constantemente sus recetas para ofrecer una especie única (en cuanto a sabor, amargor, cuerpo y aroma) para el gusto de cada cliente. Esto conlleva inversión de tiempo y materia, que se refleja en el precio más elevado de la cerveza artesana en comparación con las marcas comerciales, sin embargo, cada día crece la demanda de esta bebida, por la cualidad de ser única.

Una idea más concreta respecto al tema de la variedad, la proporciona ACERMEX en su publicación “Estado de la industria de la cerveza artesanal”, en donde nos muestra el crecimiento del número de cervecerías artesanales en México, con una tendencia exponencial como se muestra a continuación en la figura 4 y tabla 1, donde, hasta 2017, se contaban 630 cerveceras artesanales registradas, cada una de ellas con una variedad de sabores únicos y personalizados al gusto de los maestros cerveceros que formulan cada receta (ACERMEX, 2017)

Gracias a la competencia y variedad de sabores y aromas que cada cerveza ofrece, este mercado se vuelve día con día más competente, y los consumidores de este ramo tienden a adquirir gustos más exigentes con el producto, calificando desde el envase hasta el sabor, aroma, cuerpo, volumen de alcohol, y acidez de la bebida. Respecto a ello, cabe destacar que actualmente se tiende a tomar en menor cantidad, pero con mayor frecuencia esta bebida artesanal, y es común alargar el tiempo de degustación de este néctar en lugar abusar del consumo del mismo.

Con esta información se puede tener una idea de la variedad de cervezas artesanales presentes en el mercado nacional, generadas gracias a la demanda del consumidor en busca de una bebida distinta con el toque artesanal que solo se obtiene cuidando la materia prima y los procesos desde su origen.

Aperturas de cervecerías por año

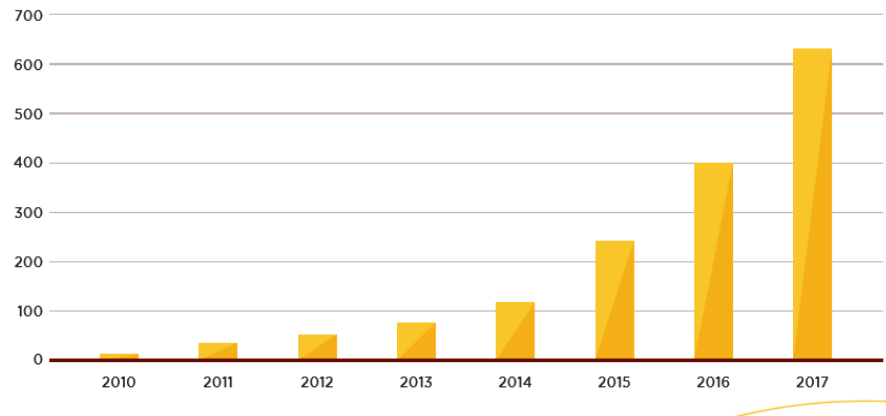


Figura 4. Apertura de cervecerías por año
Fuente: ACERMEX (2017).

Apertura de cervecerías por año								
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cervecerías	14	12	29	25	57	119	144	230
Acumuladas		26	55	80	137	256	400	630
%crecimiento			112%	45%	71%	87%	56%	58%

Tabla 1. Apertura de cervecerías por año
Fuente: ACERMEX (2017).

3.6.4 FILTRADO

El proceso de filtración de una cerveza artesana se realiza exclusivamente por separaciones mecánicas, como la utilización de filtros o procesos de sedimentación natural, mientras que la producción industrial incluye agentes coagulantes ajenos a la receta tradicional para favorecer la sedimentación y en algunos casos, se recurre a la aplicación de agentes oxidantes, que desintegran los residuos sólidos de la bebida para mejorar su aspecto, sin embargo, también se degradan azúcares y otros componentes que le dan sabor y aroma al producto.

3.6.5 SABOR, AROMA Y CUERPO

Gracias al mismo proceso y origen de la materia prima, la cerveza artesanal, se ve siempre favorecida en cuanto a cuerpo, aroma y sabor, en comparación de la cerveza comercial industrializada, esto se debe en muchas ocasiones a la adición de productos conservadores, a la gasificación artificial del producto y a la preocupación empresarial en la reducción de costos, lo que merma estas características de la bebida.

3.6.6 PROXIMIDAD AL CLIENTE, COMERCIO LOCAL

Generalmente, las cervecerías artesanales son Pymes, esto significa que tienen un trato más cercano con su consumidor final, los ciclos económicos son más cortos y favorece ampliamente a la economía nacional, sin embargo, esta misma característica los convierte en puntos flacos comparados con las grandes industrias cerveceras, en cuanto a oferta se refiere, pues, el costo de una cerveza elaborada con un proceso artesanal, siempre será más elevando que la producida en masa.

Esto es una clara analogía entre el comercio local y la globalización del mercado.

3.7 ESPECIES DE CERVEZA.

Las cervezas se clasifican en distintas especies dependiendo de factores como el tipo de fermentación, tiempo de maduración, adición de materias primas como el trigo y factores de amargor, acidez, cuerpo y carácter de la malta. Dentro de las más conocidas especies de

cerveza, destacan el tipo ale, mild, porter, bitter, pale ale, Brown ale, old ale, lager, cervezas de trigo y lambric.

TIPO ALE

Se utiliza para clasificar a las cervezas que se elaboran con levaduras de fermentación alta.

La fermentación en caliente se realiza a una temperatura de 25°C durante tres o cuatro días o hasta dos semanas, para pasar a un posterior proceso de maduración entre 13 y 16 °C por algunos días y puede tener incluso una segunda fermentación en la barrica o botella.

Este término se refiere al tipo de fermentación y no tiene nada que ver con el color, estilo o cuerpo. Pueden ser pálidas u oscuras, de mucho o poco cuerpo. De alta o baja graduación y pueden variar también su amargor; siempre que cumplan con el tipo de fermentación, se puede considerar una cerveza tipo ALE.

Dentro de este tipo de fermentación, podemos encontrar a las siguientes:

CERVEZA MILD

Con un carácter suave y poco amargo. Se trata de cervezas ligeras, poco menos secas que las bitter. Es uno de los estilos más antiguos de las ales (cervezas) de Inglaterra. Aunque originalmente el término se refería a una cerveza "joven" o no madura, hoy se refiere más bien a que tenga menos lúpulo y que se usa una cebada ligeramente malteada.

CERVEZAS BITTER

Con contenido alcohólico moderado entre 3.5 y 4%, de carácter seco y amargor marcado. Es una cerveza opuesta a la Mild. Es mucho más amarga, pero al igual que ellas suelen encontrarse en barril.

CERVEZAS PALE ALE

Ligeramente menos amargas y más densas que las bitter, su nombre significa "Ale pálida", nombre que se atribuye a la tonalidad de la cerveza de estilo británico.

BROWN ALE

Este nombre se debe al mismo color castaño, ámbar y tostado de la bebida. En general son fuertes, con buen sabor a malta, tintes afrutados y secos.

OLD ALE:

Cervezas de color oscuro, de mucho cuerpo y a veces poco dulces. Esta especie de cerveza se realiza siguiendo el método antiguo de elaboración, que consiste en el envejecimiento en barricas antes de su salida al mercado.

TIPO LAGER

Este término se utiliza para las cervezas elaboradas por fermentación baja. En la actualidad es considerada la forma más común de elaborar esta bebida. Los estilos más comunes de cerveza lager son la cerveza Pilsen, München, Viena, Dortmunder, Bock y doppelbock.

Este tipo de fermentación se realiza con una levadura que trabaja a baja temperatura en la parte baja del tanque, a la que se le deja madurar en frío a unos 0°C por un periodo entre 2 y 6 meses, dependiendo del carácter de la cerveza.

CERVEZAS DE TRIGO.

Son cervezas de fermentación alta, elaboradas con una mezcla de trigo y cebada, de carácter ácido, refrescante y espumoso, con aromas y tintes de pan recién horneado con mayor intensidad en trigo no malteado.

Las principales especies de cervezas de trigo son las Portes y Stout, ambas de densidades bajas y menor graduación de alcohol, ambas oscuras. La Stout es una cerveza más amarga que la Porter y de color casi negro.

CERVEZAS LAMBIC

Son cervezas de fermentación espontánea que se elaboran en Lambeek, Bruselas. Se trata de cervezas ácidas y poco amargas, debido al envejecimiento de los lúpulos para evitar este amargor.

3.8 PROCESO PRODUCTIVO PARA CERVEZA ARTESANAL.

MATERIA PRIMA

Como lo menciona Jackson (1999). “El proceso de producción artesanal de cerveza inicia con la obtención de la materia prima ya sea como malta o como cebada (figura 5) , en caso de obtener este grano como cebada, se debe maltear (germinar el grano de cebada), remojando el grano de cebada durante 36 a 48 horas manteniendo una temperatura específica para obtener la materia adecuada, posteriormente, la malta debe ser secada o tostada, según el destino que esta tenga, ya sea para una cerveza rubia (secado), una cerveza ámbar (cocido) o una cerveza oscura (tostado)”



Figura 5. Bultos de cebada malteada para procesamiento cervecero.

Fuente: *Jackson (1999)*

MOLIENDA

Una vez obtenida la malta para iniciar la producción, se continúa con el proceso de molienda de materia prima que unifica el tamaño de partícula para optimizar la extracción de mosto durante la maceración. Durante la molienda, no se pretende convertir el grano en harina; lo que se busca es romper el grano para liberar sus aromas al igual que se hace con el café, adicional a ello, el proceso de molienda sirve para utilizar la cáscara de la malta como filtrante en etapas posteriores, como lo menciona Alexandra Vera en su presentación “Desarrollo y formulación de cervezas artesanales”. Este proceso es de gran importancia,

pues en él recae la máxima obtención de producto terminado, es decir, que a partir de este punto se puede aumentar la producción de cerveza adecuando el tamaño de partícula al proceso de producción e incrementando el factor de rendimiento de materia prima.

MACERACIÓN

El siguiente paso en la producción de cerveza artesana consiste en el proceso de maceración del grano y consiste en calentar la malta en agua a una temperatura entre 60°C y 75°C con la finalidad de convertir los almidones de la malta en azúcares fermentables. El proceso dura entre 45 y 90 minutos y debe contar con una recirculación o lavado cada 10 minutos, con lo que se logra maximizar la eficiencia del proceso. El producto del proceso de macerado se llama mosto y se trata de un líquido de viscosidad apreciable con sabor dulce, resultado de la conversión de almidones en azúcares fermentables.

SEPARACIÓN Y COCCIÓN

Una vez obtenido el mosto, se debe separar de los residuos sólidos de la malta en un proceso de filtrado. Para la producción artesanal, es común utilizar bolsas de macerado que mantienen el grano en una bolsa de tipo filtro para facilitar la extracción del mosto y su separación de la torta de filtrado. Posteriormente, se procede con la cocción del mosto. En este paso, se agrega el lúpulo que le otorga características de aroma, amargor y sabor a la cerveza, el primero se consigue en la última adición de lúpulo, 5 minutos antes de terminar el proceso de cocción; el sabor se obtiene agregándolo 15 minutos antes de finalizar el proceso y para obtener el amargor característico, el lúpulo deberá cocerse durante 60 minutos.

ENFRIAMIENTO Y FERMENTACIÓN

Ahora se procede a enfriar el producto y para ello existen muchas formas, ya sea por serpentines de enfriamiento, colocando capas de hielo alrededor del hervidor o colocando la mezcla hirviente en el envase fermentador y cerrando herméticamente para permitir el enfriamiento natural, en todo caso se busca alcanzar una temperatura de 25°C aproximadamente para seguir con el proceso de fermentación, que consiste básicamente en agregar levadura para fermentar los azúcares obtenidos del almidón y obtener el grado de alcohol que esta bebida requiere. El proceso de fermentación puede variar según el tipo de cerveza en dos principales vertientes:

- Cervezas tipo Ale, cuya fermentación dura entre 5 y 7 días a temperaturas de 17 a 25 °C y
- Cervezas tipo Lager, cuya fermentación se lleva a cabo a temperaturas entre 0 y 10°C y llega a durar hasta 28 días en este proceso.

Adicional al proceso de fermentación, se puede dar un proceso de maduración que puede llevar de 10 días hasta varios meses, según sea el carácter y gusto de cada especie de cerveza, para ser envasada posteriormente.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Como se ha mencionado con antelación en el apartado número dos, es necesario estudiar y evaluar las condiciones actuales de operación de la planta, haciendo énfasis en los factores de gasto energético, rendimiento de materia prima y utilidades generadas por unidad de producto.

Esto se realizará con la finalidad de obtener un punto de partida en la cual se base la meta del actual proyecto de escalamiento en la producción, y evaluar si estos factores pueden ser optimizados.

Para ello, será necesario evaluar los factores de gasto energético y rendimiento individualmente y posteriormente conjuntarlos para obtener la evaluación utilitaria de producción actual.

Además, el conjunto de variables anteriormente mencionado deberá considerar también que actualmente se producen dos especies de cervezas cuyas recetas, por ser distintas, implican también una divergencia en el valor obtenido para el factor de rendimiento de materia prima, que impacta al factor de utilidades generadas para cada especie (Porter y Pale Ale).

4.1.2 GASTO ENERGÉTICO.

A diferencia del factor de rendimiento de la materia prima, ambas especies de cerveza mantienen la misma línea de operación y gasto energético, es decir que ambas consumen la misma cantidad de energía eléctrica, gas y energía de enfriamiento para su proceso productivo, por lo que podemos establecer a esta variable como un factor constante de la producción actual.

4.1.2.1 GAS

En este punto, será necesario calcular el gasto energético para el gas natural utilizado en el proceso, haciendo uso de los siguientes datos obtenidos directamente del portal en línea

de la comisión reguladora de energía en el apartado: Índices de Precios de Gas Natural, evaluados en la región V para el mes de octubre de 2019.

REGIÓN	AÑO	MES	ÍNDICE (MXN/GJ)
V	2021	OCTUBRE	63.2833

Tabla 2. Índice de precio de gas.

Fuente: CRE (2021).

Es decir que el precio de cada gigajoule de energía proporcionado por gas natural tendrá un costo de 63.2833 pesos mexicanos. Para dar una idea más clara, un metro cúbico de gas natural (GN), posee un poder calorífico (PC) de 41338 Kilojoules, o su equivalente de 0.041338 gigajoules, valor con el que se procede a estimar el costo teórico por metro cúbico de este combustible en la ecuación 1;

Ecuación 1.

$$PC \text{ de Gas Natural (GN)} = 41,338 \frac{KJ}{m^3} = 0.041338 \frac{GJ}{m^3}$$

$$Tarifa \text{ de Gas Natural (GN)} = 63.2833 \frac{MXN}{GJ}$$

$$Precio \text{ por } m^3 \text{ GN} = (Tarifa \text{ de GN}) * (PC \text{ GN})$$

$$Precio \text{ por } m^3 \text{ GN} = \left(63.2833 \frac{MXN}{GJ} \right) * \left(0.041338 \frac{GJ}{m^3} \right)$$

$$Precio \text{ por } m^3 \text{ GN} = 2.5746 \frac{MXN}{m^3}$$

Sin embargo, la distribución y manejo de gas natural en la ciudad de Chignahuapan se encuentra concesionado a compañías privadas que agregan una comisión por este servicio, incrementando el costo del combustible de 2.5746 a 3.5746 MXN/m³.

El siguiente paso en el cálculo del gasto calórico será determinar el volumen de gas consumido por los quemadores durante el proceso de maceración y cocción para la producción de cerveza artesanal, en este caso, recurrimos al modelo del quemador de la planta actual; se trata de un quemador doméstico con un gasto máximo de 14,000 KJ/h. haciendo uso de los datos anteriores, podemos estimar el costo de calentamiento por hora haciendo uso de la ecuación número 2 para estimar el volumen de gas natural consumido por hora y multiplicarlo por el precio volumétrico de gas natural como se muestra en la ecuación 3.

Ecuación 2. Volumen de gas natural consumido por hora

$$\frac{V_{GN}}{H} = \frac{\text{Gasto calorífico de quemador por hora}}{PC_{GN}}$$

$$\frac{V_{GN}}{H} = \frac{14,000 \frac{KJ}{h}}{41,338 \frac{KJ}{m^3}}$$

$$\frac{V_{GN}}{H} = 0.3386 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 3. Cálculo de costo de calentamiento por hora

$$\frac{\text{Costo de calentamiento}}{h} = \left(\frac{V_{GN}}{h} \right) * \left(\frac{\text{Precio de gas natural}}{m^3} \right)$$

$$\frac{\text{Costo de calentamiento}}{h} = \left(0.3386 \frac{m^3}{h} \right) * \left(3.5746 \frac{MXN}{m^3} \right)$$

$$\frac{\text{Costo de calentamiento}}{h} = C_c = 1.2103 \frac{MXN}{h}$$

Una vez obtenido el costo de calentamiento por hora, se debe multiplicar este factor por el tiempo de calentamiento total por ciclo, que considera el tiempo de calentamiento para maceración y cocción y, de este modo obtener el gasto económico generado en estas dos etapas del proceso.

Tiempo de calentamiento (T_c)= Tiempo de maceración (t_m) + Tiempo de cocción (t_c)

Como se mencionó anteriormente, la bibliografía sugiere una maceración de entre 45 y 90 minutos. De la misma manera que sugiere un tiempo mínimo de cocción de 60 minutos con la finalidad de inactivar enzimas y dar el carácter, aroma y sabor del producto mediante la cocción del lúpulo durante distintos tiempo de cocción; sin embargo, estos datos mencionan solamente el tiempo que deberá permanecer cada subproducto a estas temperaturas, es decir que, no considera el tiempo que le lleva al mosto o el agua llegar a esta temperatura, por lo que ha sido necesario tomar una medición precisa que revele el tiempo real de calentamiento requerido para estas dos etapas, obteniendo los siguientes datos representados en la ecuación 4.

Tiempo de maceración= 45 minutos (maceración) + 23 minutos (calentamiento previo)

$t_m = 68$ minutos

Tiempo de cocción= 60 minutos (cocción) + 27 minutos (calentamiento previo)

$t_c = 87$ minutos

Ecuación 4: Calculo de tiempo de calentamiento.

$$T_c = t_m + t_c$$

$$T_c = 155 \text{ m}$$

$$T_c = 2.5883 \text{ h}$$

Una vez obtenido el tiempo de calentamiento requerido para cada lote de 30 litros de producción, se obtiene el factor de gasto energético (E_G) referente al consumo de gas como fuente de energía calculando el producto del tiempo de calentamiento (T_c) por el costo de calentamiento por hora (C_c), operación que se presenta en la ecuación 5.

Ecuación 5: Cálculo de factor de gasto energético referente al consumo de gas natural como fuente de energía.

$$E_G = C_c * T_c$$

$$E_G = \left(1.2103 \frac{MXN}{h} \right) * (2.5883 \text{ h})$$

$$E_G = 3.1266 \text{ MXN}$$

Lo anterior significa que, para procesar un lote de 30 litros, será necesario un consumo de gas equivalente a 3.13 MXN (pesos mexicanos).

Por aritmética simple, es posible calcular el consumo energético por litro procesado dividiendo el volumen de procesamiento entre el gasto energético referente al consumo de gas como se presenta en la ecuación 6.

Ecuación 6. Gasto energético por litro de subproducto procesado en cada lote.

$$\text{Gasto energético}_L = \frac{\text{Gasto energético por lote}}{\text{Volumen del lote}}$$

$$\text{Gasto energético}_L = \frac{3.1266 \text{ MXN}}{30 \text{ L}}$$

$$\text{Gasto energético}_L = 0.1042 \frac{MXN}{L}$$

Lo que significa que cada litro de subproducto procesado (agua o mosto) para obtener cerveza, conllevará un gasto de gas igual a 10.42 centavos de peso mexicano.

Puede que, en una primera instancia, la ecuación número 6 no tenga un sentido aparente, sin embargo, será un criterio de comparación muy útil en el consumo energético *a priori* y *a posteriori* del escalamiento de producción, puesto que no serán equiparables los factores de gasto energético de una planta de 30 litros y una de 300, es por ello que se vuelve necesario evaluar las mismas condiciones en ambos casos para tener un resultado objetivo. Adicional a ello, este cálculo permite tener un claro punto de partida y enfocar esfuerzos en mejorar este factor de consumo energético referente al uso de gas natural.

4.1.2.2 ENFRIAMIENTO

Como es bien sabido y se ha mencionado, el proceso productivo para la obtención de cerveza artesanal requiere un consumo energético que implica, como su nombre lo revela, el uso de energía durante procesos de calentamiento o enfriamiento de producto o subproducto, para alcanzar condiciones idóneas a las que se obtienen los mejores extractos de la materia prima.

Es por ello que el proceso requerido para retirar la energía calorífica del proceso para lograr el enfriamiento del mosto o el producto final, tendrá al mismo tiempo un consumo y un costo, y será considerado como un servicio auxiliar.

En este caso el servicio auxiliar que se emplea para disminuir la temperatura del proceso es hielo, puesto que el volumen de proceso actual (30 litros por lote) es muy pequeño y la instalación de un ciclo de enfriamiento resulta no ser rentable para este volumen productivo.

El costo reportado por la cervecera es de \$15.00 por kilogramo de hielo y reportan la utilización de 4 kilogramos de hielo por lote producido, es decir, \$60.00 por lote.

4.1.3 COSTO Y RENDIMIENTO DE MATERIA PRIMA

Un segundo factor para evaluar la eficiencia actual de la producción será calcular el rendimiento de la materia prima, que, como se ha mencionado, deberá ser evaluado para ambas especies de cerveza con las que se trabaja actualmente (Pale Ale y Porter).

El primer paso es calcular la cantidad de materia requerida para cada especie, evaluar su costo y el rendimiento de la misma haciendo uso de un balance de materia sencillo.

Como se ha mencionado durante la introducción, la elaboración de cerveza artesanal requiere de la incorporación de diferentes ingredientes como malta, agua, levadura y lúpulo principalmente, sin embargo, existen distintos tipos de malta (Pilsner, Pale, Vienna, Munich, Caramel, Chocolate, Roasted Barley, etc.), misma situación que ocurre con el lúpulo requerido para cada especie, el cual puede ser: cascade, centennial, chinook, citra, galaxy o masaic, por mencionar algunos.

Como es de imaginarse, cada especie de lúpulo y malta tienen características y precios distintos, lo que impacta directamente en el producto final y las utilidades generadas por el mismo.

Con la finalidad de proteger la receta maestra de ambas especies de cerveza estudiada, clasificaremos cada tipo de malta con claves de la siguiente manera: Malta 1, Malta 2, ..., Malta n; mismas metodologías que se seguirá para el análisis de los lúpulos utilizados durante el proceso.

La tabla 3 muestra una relación entre el tipo de materia prima requerida, la cantidad de materia utilizada y el costo de la misma, así como la masa total ingresada al reactor intermitente para su procesamiento.

Con los datos ofrecidos por la tabla 3, se calcula la cantidad de masa que entra al reactor con una sumatoria simple, obteniendo un valor de 36.19 kg de masa que ingresa al reactor para el caso de producción de cerveza tipo Pale Ale. En esta sumatoria queda excluido el uso de hielo, puesto que se utiliza exclusivamente para enfriar el producto por transferencia de calor por conducción, sin estar en contacto directo con el interior del reactor ni la masa que en él se encuentra.

Cerveza tipo Palé Ale			
Ingredientes	Costo (\$MX)	Cantidad	Importe (\$MX)
Malta 1	15.00 \$/kg	5 kg	\$75.00
Malta 2	35.00 \$/kg	0.280 kg	\$9.80
Lúpulo 1	1410 \$/Kg	0.30 kg	\$42.30
Lúpulo 2	1230 \$/Kg	0.2497 kg	\$30.72
Lúpulo 3	1410 \$/Kg	0.2497 Kg	\$35.20
Levadura	6956.52 \$/ kg	0.0115 kg	\$80.00
Agua	0.5 \$/Kg	30 kg	\$15.00
Azúcar	60 \$/ kg	0.100 kg	\$6.00
Hielo	15.00 \$/bolsa	4 bolsas	\$60.00
Etiquetas	\$1.00/ pieza	58	\$58.00
Botellas	\$5.125/ pieza	58	\$297.25
Gas natural			\$3.13
Total			\$712.40

Tabla 3. Relación materia, masa y costo de producción tipo Pale Ale.

Fuente: *Elaboración propia.*

Esta misma metodología de proceso se utiliza para calcular la cantidad de masa que ingresa al reactor para la cerveza de especie Porter, que, por el simple hecho de ser una especie distinta, requerirá de una distinta cantidad de masa de cada uno de los ingredientes, dando como resultado la tabla número 3.

Cerveza tipo Porter			
Ingredientes	Costo (\$MX)	Cantidad	Importe (\$MX)
Malta 3	\$50.00/kg	1 kg	\$50.00
Malta 4	\$50.00/kg	0.5 kg	\$25.00
Malta 1	\$15.00/kg	4 kg	\$60.00
Lúpulo 2	\$1230 \$/Kg	0.085 Kg	\$224.85
Levadura	\$80.00/0.0115 kg	0.0115 kg	\$80.00
Agua	\$0.5/Litros	30 Kg	\$15.00
Azúcar	\$6.00/0.100 kg	0.100 kg	\$6.00
Hielo	\$15.00/1 kg	4 kg	\$60.00
Etiquetas	\$1.00/ pieza	58	\$58.00
Botellas	\$5.125/ pieza	58	\$297.25
Gas natural			\$3.13
Total			\$879.23

Tabla 4. Relación de materia, masa y costo de producción tipo Porter.

Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla 3, se obtiene una sumatoria de la materia ingresada al reactor de la misma manera que se realizó previamente, obteniendo un total de 35.69 kg de materia prima ingresada al reactor.

Según los datos reales del proceso actual, tanto para la cerveza tipo Pale Ale como Porter, se obtiene una cantidad de 58 envases de 355 ml de producto terminado por lote, es decir 20.59 litros de cerveza por cada lote de 36.19 kg para Pale Ale y 35.69 kg para Porter.

Con estos datos se procede a plantear un balance de materia para encontrar el factor de rendimiento de materia (relación entre entradas y salidas del sistema de materia prima y producto terminado) correspondiente al proceso de cada especie de cerveza que parte de la ecuación 7 y 8 como base para el desarrollo del cálculo.

Ecuación 7. Balance de materia.

$$\textit{Entradas} - \textit{Salidas} = \textit{Acumulación}$$

Ecuación 8. Factor de rendimiento.

$$\textit{Factor de Rendimiento (FR)} = \frac{\textit{Salidas}}{\textit{Entradas}}$$

Sin embargo, no es adecuado utilizar las unidades de magnitud dadas en el volumen de producto final, puesto que es necesario evaluar la masa contenida en este volumen. Por ello se procede a calcular este valor con ayuda de la densidad de cada especie obtenida experimentalmente como lo exhiben las ecuaciones 9, 10 y 11, utilizando una densidad de 1.06668 kg/L para la cerveza especie Pale Ale y de 1.037 kg/L para la especie Porter.

Ecuación 9. Fórmula para cálculo de masa contenida en un volumen por uso de densidad (análisis dimensional).

$$\textit{Masa (kg)} = \rho * V = \frac{\textit{kg}}{\textit{L}} * \textit{L} = \textit{kg}$$

Ecuación 10. Cálculo de masa para especie Pale Ale.

$$\textit{Masa de cerveza Pale Ale} = 1.06668 \frac{\textit{kg}}{\textit{L}} * 20.59 \textit{ L} = 21.9662 \textit{ kg de cerveza}$$

Ecuación 11. Cálculo de masa para especie Porter.

$$\text{Masa de cerveza Porter} = \left(1.037 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right) * (20.59 \text{ L}) = 21.3518 \text{ kg de cerveza}$$

Una vez obtenida la masa de cerveza contenida en el volumen producido, es posible obtener el balance de materia adecuado para el sistema de cada especie.

Posteriormente se procede a calcular la acumulación en el sistema y el factor de rendimiento para cada especie tomando las ecuaciones 7 y 8, adecuándolas a los factores de cada especie, como se muestra en las ecuaciones 12 y 13 para la especie Pale Ale y 14 y 15 para la especie Porter.

En estas ecuaciones la acumulación representa la cantidad de materia que ingresa al reactor y no es transformada en producto final (cerveza).

Ecuación 12. Cálculo de la acumulación en el sistema para la especie Pale Ale.

$$\text{Acumulación} = 36.19 \text{ kg} - 21.9662 \text{ kg}$$

$$\text{Acumulación} = 14.2238 \text{ kg}$$

Ecuación 13. Cálculo de Factor de Rendimiento F_R para la especie Pale Ale

$$F_R = \frac{\text{SALIDAS}}{\text{ENTRADAS}}$$

$$F_R = \frac{21.9662 \text{ kg}}{36.19 \text{ kg}} = 0.6069$$

Ecuación 14. Cálculo de la acumulación para la especie Porter.

$$\text{Acumulación} = 35.6965 \text{ kg} - 21.3518 \text{ kg}$$

$$\text{Acumulación} = 14.3347 \text{ kg}$$

Ecuación 15. Cálculo del factor de rendimiento para la especie Porter.

$$F_R = \frac{21.3518 \text{ kg}}{35.6965 \text{ kg}} = 0.5981$$

Los resultados obtenidos por las ecuaciones 13 y 15, indican que para la especie Pale Ale, un 60.69% de la materia entrante al sistema termina como cerveza embotellada para su venta, mientras que para la especie Porter, el factor de rendimiento se reduce levemente

al 59.81%. Esto implica que el resto de la materia, se deshecha como desperdicio, durante los procesos de filtración y clarificación, lo que representa un deshecho de materia del 39.31% para Pale Ale y un 40.19% para Porter.

4.1.3 UTILIDADES ACTUALES

Una vez obtenido el rendimiento de materia prima, el costo de la misma y la cantidad de producto final, es posible evaluar los costos totales de producción, el precio de venta del producto y obtener las utilidades generadas actualmente.

Para ello, se retomará la información obtenida en el apartado de gasto energético (5.1.2), así como la obtenida en el apartado de costo y rendimiento de materia prima (5.1.3), con la finalidad de obtener el costo de producción para cada especie.

De acuerdo a la metodología de trabajo, se hará uso del mismo factor de gasto energético para calentamiento y enfriamiento para ambas especies pues se comportan de la misma manera en estos puntos, por lo que se establecen como constantes estos parámetros mostrados en la tabla 5.

Gasto energético en servicios auxiliares								
Gas						Hielo		
Costo de gas natural por m3	Flujo de Gas natural en quemadores actuales(m3/h)	Costo de Calentamiento por hora (MXN/\$)	Tiempo de macerado (h)	Tiempo de cocción (h)	Costo de gas natural por lote (\$MX)	Consumo de hielo como refrigerante. (Kg)	Costo de hielo por Kg (MXN)	Costo de hielo por lote
3.5746	0.3386	1.2103	1.13	1.45	\$3.13	4	\$15	\$60

Tabla 5. Gasto energético por consumo de gas y hielo como servicios auxiliares

Fuente: *Elaboración propia.*

Posteriormente, se procede a calcular el costo de producción para cerveza de especie Pale Ale, haciendo uso de los datos obtenidos en la tabla 2, de donde obtenemos un costo de materia prima de \$712.40 en el cual se incluye la compra de envases de cristal y etiquetas. De esta información se desprende la tabla 6, donde se desglosa el costo de producción para cerveza Pale Ale, por lote y por unidad.

Siguiendo la misma directriz, se procede con la tabla 6, en la que se revela el costo de producción para cerveza tipo Porter por lote y por unidad.

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA CERVEZA PALE ALE POR LOTE						
Costo de gas natural (\$)	Costo por uso de hielo (\$)	Costo de materia prima	Costo de distribución (\$)	Costo de producción total por lote (\$)	Unidades de producto obtenido	Costo de producción por unidad.
\$3.13	\$60.00	\$712.40	\$50.00	\$825.53	58	\$14.23

Tabla 6. Costo de producción para cerveza Pale Ale por lote.

Fuente: Elaboración propia.

Con ayuda de la información proporcionada por las tablas 5 y 6 para costos de producción obtenemos costos específicos para cada especie y es posible hacer un cálculo de la utilidad relativa generada, haciendo uso del precio de venta del producto.

Es importante destacar que se evalúa la utilidad relativa del producto para contar con un parámetro de inicio, puesto que el factor de costo de mano de obra queda cubierto por el propietario de la planta, razón por la que no ha sido considerado en ambas tablas mencionadas.

Con ayuda de la utilidad calculada para cada especie durante la producción actual, se tiene un punto de partida que servirá como directriz para considerar durante el desarrollo del proyecto de escalamiento de la producción. Es decir, que con estos datos base, se tiene una referencia adecuada para comparar la eficiencia de la producción actual contra la propuesta en el proyecto y de esta manera evaluar la factibilidad económica del proyecto en cuanto a las utilidades generadas actualmente y la predicción de utilidades esperadas posteriores a la puesta en operación del mismo, considerando los mismos parámetros de evaluación.

Para el caso de la cerveza Pale Ale, se cuenta con un precio de venta de \$30.00 por unidad (para junio de 2021), mientras que para el caso de la especie Porter, se vende en \$35.00 por unidad (para junio de 2021). Con estos datos se procede a evaluar la utilidad generada por unidad y por lote como se indica en la tabla 7, calculando la diferencia entre los costos de producción de cada especie contra el precio de venta por unidad de producto terminado, para lo que también debe considerarse una producción semanal de un lote de cada especie para la fecha indicada

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA CERVEZA PALE ALE POR LOTE						
COSTO DE GAS NATURAL (\$)	COSTO DE HIELO (\$)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE DISTRIBUCIÓN (\$)	COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL POR LOTE (\$)	ENVASES POR LOTE (UNIDAD)	COSTO DE PRODUCCIÓN POR ENVASE
COSTO DE HIELO (\$)	\$60.00	\$879.23	\$50.00	\$992.36	58	\$17.11

Tabla 7. Costo de producción para Porter
Fuente: *Elaboración propia.*

Utilidades parciales para junio 2021.		
Parámetros evaluados	Pale Ale	Porter
Precio de venta por unidad	\$30.00	\$35.00
Costo de producción por unidad	\$14.23	\$17.11
Costo de producción por lote	\$825.53	\$992.36
Unidades por lote	58	58
Precio de venta por lote	\$1740	\$2030
Utilidades parciales por unidad	\$15.77	\$17.89
Utilidades parciales por lote	\$914.47	\$1,037.64

Tabla 8. Cálculo de utilidades parciales para junio 2021.
Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecera artesanal.*

Gracias a la evaluación realizada, obtenemos el factor de utilidades semanales generadas por cada especie, que arroja valores de \$914.47 para la especie Pale Ale y de \$1037.64 para la cerveza de especie Porter, que representan un 52.55% para la especie Pale Ale y de un 51.11% para la especie Porter. Esta relación y porcentaje se puede apreciar en las figuras 6 y 7.

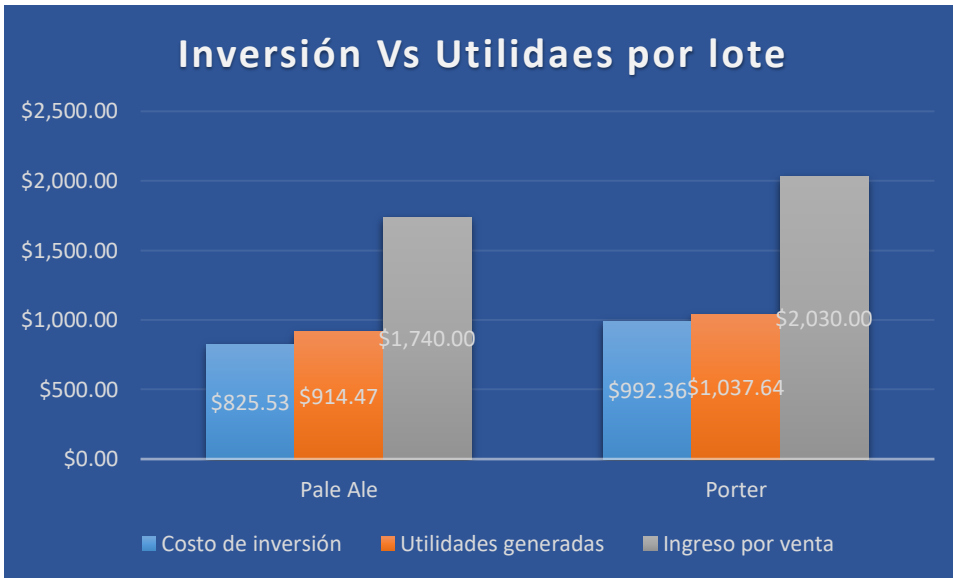


Figura 6. Relación entre costo de inversión contra utilidades parciales
 Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecera artesanal*

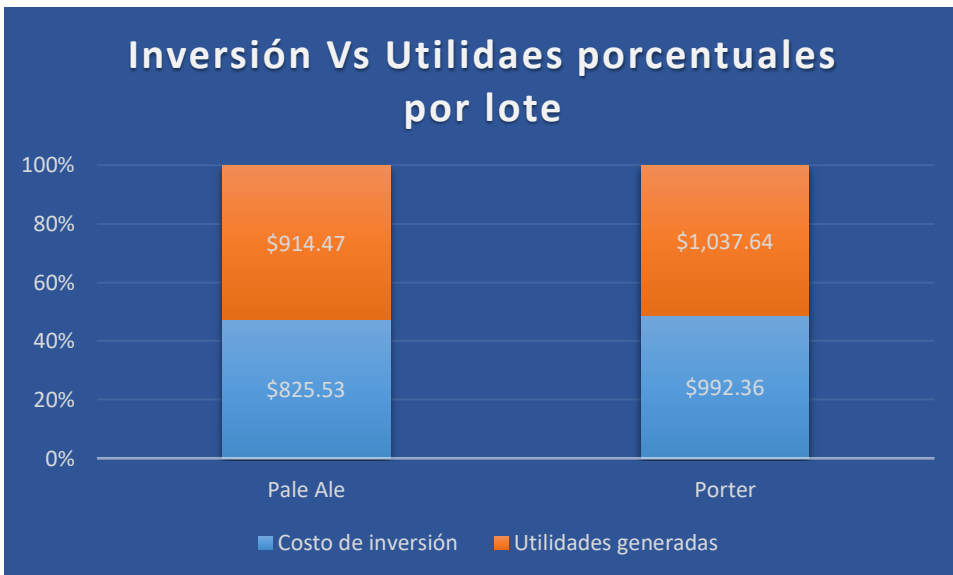


Figura 7. Costos de inversión contra Utilidades parciales porcentuales.
 Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecera artesanal*

4.2 PROPUESTA DE PROYECTO

4.2.1 Modelo de negocio

Actualmente, la empresa cervecera 9 ojos se encuentra ubicada en la ciudad de Chignahuapan, Puebla, en la sierra oriental del estado y abastece a sus principales clientes dentro de las colindancias del municipio, hasta llegar a la ciudad de Zacatlán, Puebla, a 10 kilómetros de la micro planta.

Con el presente proyecto, se pretende extender el área de alcance del producto que actualmente se comercializa en restaurantes y bares aledaños para alcanzar una mayor cobertura en la región abasteciendo a diversos puntos detallistas como:

- Tiendas especializadas y distribuidores de cerveza artesanal
- Restaurantes/bares
- Cadenas de autoservicio
- Hoteles

Para proveer principalmente a los municipios de Zacatlán, Chignahuapan, Zapotitlán y Tetela de Ocampo, en los puntos antes mencionados, siguiendo una metodología de crecimiento planificado que consta de dos etapas:

a. Posicionamiento en el mercado regional:

Etapa que actualmente se encuentra iniciada gracias al trabajo de distribución realizado hasta el momento con el modelo de producción, donde se ha ganado terreno dentro del área limítrofe de la ciudad de Chignahuapan, donde nace esta empresa y Zacatlán donde se ha iniciado la distribución del producto con los primeros clientes distribuidores.

b. Expansión:

Una vez alcanzado el posicionamiento total en el mercado regional, se ubicarán centros de distribución del producto en los extremos territoriales alcanzados para contar con al menos 3 centros de distribución propios de la empresa, uno adjunto a la planta de producción y los dos primeros centros externos en los extremos del alcance territorial del producto.

Como es de comprenderse para este modelo de negocio, el escalamiento de la producción actual se vuelve un factor primordial para el éxito del producto pues lograr el

abastecimiento requerido por la demanda del mercado ganado será imposible de cubrir con el volumen de producción actual.

Es por ello que se pretende escalar el volumen de producción actual de 30 litros por tanque lote a 300 Litros por tanque, agregando valor al proyecto mediante la implementación de una plataforma digital que facilite el manejo de la planta una vez instalada.

En esta propuesta, se espera que la plataforma tecnológica cumpla con determinados objetivos específicos que generen un incremento de valor y que se describen a continuación:

- Facilitar el escalamiento de la producción: Como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, actualmente la planta se encuentra operando con un volumen de producción de 30 litros por lote.
- Facilitar la medición del consumo energético en volumen variable.
- Evaluar el rendimiento de la materia prima.

4.2.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Es sustancial para el proyecto evaluar todos factores que pueden generar repercusiones o beneficios sobre los resultados del mismo, así como cuantificar el impacto de los mismos sobre los parámetros establecidos para el proyecto, los cuales pueden presentarse principalmente en:

- Impacto en el presupuesto.
- Impacto en el tiempo
- Impacto en la calidad

Dependiendo del tipo de riesgo que se evalúa.

Es por ello que a continuación se evalúan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la empresa y el producto mediante un análisis FODA, como lo ejemplifica la tabla 8, donde se cuantifican factores como el posicionamiento en el mercado como un punto débil, así como el desconocimiento de factores económicos específicos (gasto energético o el factor de rendimiento de la materia prima) que, mediante el escalamiento de la producción actual y el seguimiento del presente proyecto, deberán ser convertidos en fortalezas. También se identifican las principales amenazas con las que se enfrenta actualmente la empresa, como sus principales competidores y el crecimiento acelerado en

la apertura de nuevas cerveceras artesanales en México que se mencionan en el apartado 4.6.

Con este análisis, se pueden prever estas debilidades y amenazas para la empresa y corregirlos durante la ampliación de la producción de este proyecto mediante estrategias específicas para cada punto débil o amenaza.

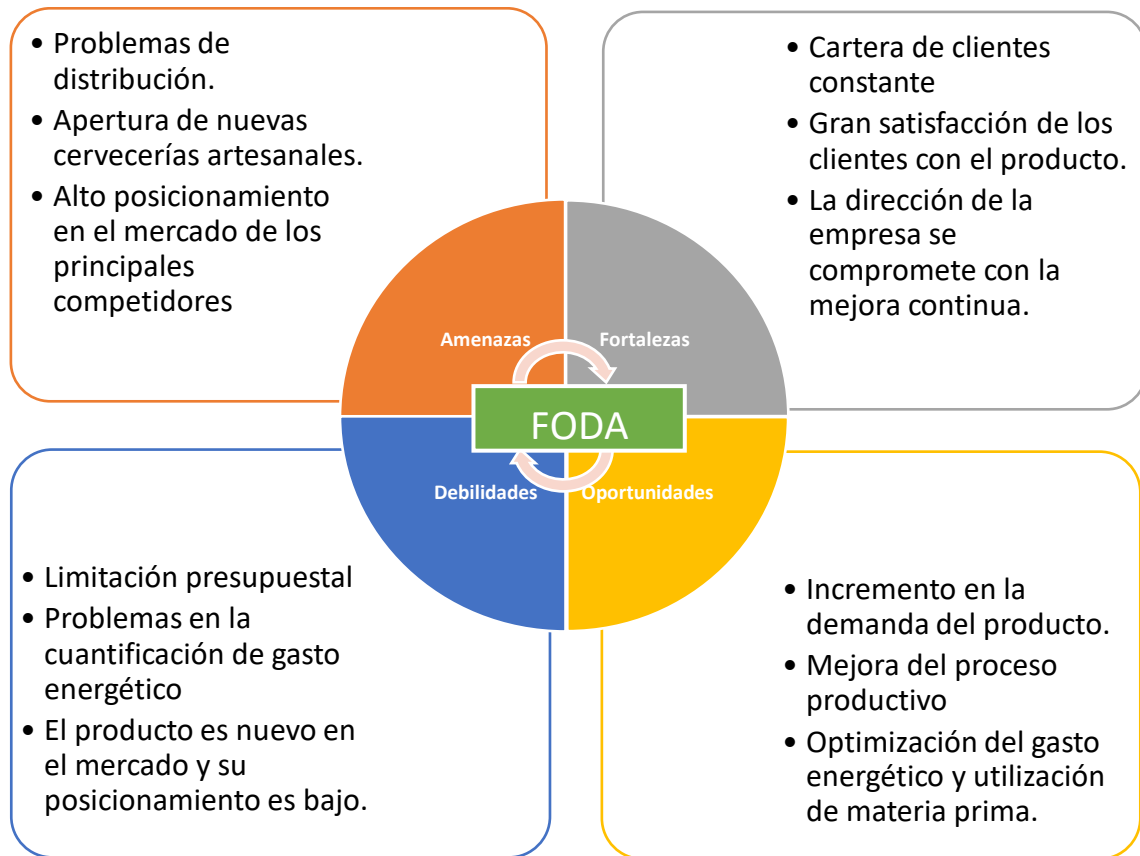


Tabla 9. Análisis FODA de las condiciones actuales de la empresa cervecera 9 ojos.

Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecera artesanal*

En la tabla 10 se muestran las principales estrategias de mejora a seguir para convertir las debilidades y amenazas que actualmente afectan al producto y la empresa en fortalezas que le permitan abrirse paso en el mercado regional y asegurar la expansión del producto en el mismo. Esto con la finalidad de asegurar el éxito del proyecto tanto en el corto, mediano y largo.

ESTRATEGIAS DE MEJORA EN BASE AL ANÁLISIS FODA

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	Cartera de clientes Compromiso de inversionista Producto de alta calidad	Presupuesto limitado Cuantificación de gasto energético Bajo posicionamiento en el mercado
OPORTUNIDADES Creciente demanda del producto Mejora del sistema de producción Optimización de factores económicos.	1. Utilizar la creciente demanda del producto como oportunidad de crecimiento en la producción de la empresa. 2. Invertir en la mejora del sistema de producción actual tanto en calidad como en volumen. 3. Optimizar los factores económicos que impactar el precio final del producto protegiendo la calidad que le distingue.	4. Llevar a cabo el proyecto de escalamiento de producción bajo las buenas prácticas para la gestión de proyectos. 5. Llevar a cabo la medición de los factores económicos desconocidos. 6. Llevar a cabo campañas de <i>marketing</i> y ampliar la cartera de clientes para lograr un mejor posicionamiento en el mercado.
AMENAZAS Problemas de distribución Aceleración en la apertura de cerveceras artesanales. Competidores con alto posicionamiento en el mercado	7. Instalación de puntos de distribución propios en puntos estratégicos. 8. Mantener como eje principal la calidad del producto que ha distinguido a la empresa. 9. Enmarcar la calidad del producto elaborado artesanalmente en el proyecto de <i>marketing</i> .	10. Utilizar la medición del gasto energético para optimizar la utilidad del producto midiéndose constantemente con la competencia en un proceso de Benchmarking.

Tabla 10. Estrategias de mejora para cervecería artesanal 9 ojos.

Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecería artesanal.*

Con esto se analizan las fortalezas y debilidades de la empresa y el proyecto para hacer uso de ellas mediante el adecuado seguimiento de las estrategias de mejora. Con ellas se traza una directriz que servirá de guía para medir el éxito del proyecto al finalizar su ciclo de vida.

Por consecuencia, se espera que, una vez concluido el presente proyecto, las principales amenazas, debilidades y oportunidades, se conviertan en fortalezas con el seguimiento al plan de acción establecido.

Estos análisis e implementación de estrategias permiten identificar las principales amenazas y debilidades, sin embargo, es necesario identificar y analizar una serie extra de riesgos, como se muestra en la tabla 11, con un reporte de identificación del riesgo presente en el actual proyecto.

En este reporte de identificación se analizan los principales riesgos a los que se enfrenta el proyecto, las causas que pueden detonar la materialización del riesgo, así como el efecto generado por el mismo.

Gracias a esta identificación del riesgo se procede a realizar un análisis en el posible impacto generado para prevenir la consolidación del riesgo y contar con un plan de acción en caso de que el mecanismo de prevención pueda fallar.

Durante el ciclo de vida de un proyecto, no es rentable implementar mecanismos de acción y prevención para todos y cada uno de los posibles riesgos que se presentan debido a que el estar preparado para cada uno de ellos, resulta en un costo mucho mayor que las mismas utilidades de la empresa. Es por ello que con la ayuda de la tabla 11, donde se identifican los principales riesgos presentes en el proyecto y con ayuda de la tabla 12, donde se analiza la posibilidad de ocurrencia y el impacto futuro, se elige cuál o cuáles riesgos ya identificados se toman como aceptables y para qué riesgos se elabora un plan de prevención y un plan de contingencia de acuerdo al índice de severidad obtenido del producto de la posibilidad de ocurrencia por el impacto en el proyecto.

A continuación, se presenta la tabla 11 (reporte de identificación de riesgo en el proyecto) y la tabla 12 (posibilidad de ocurrencia e impacto en el proyecto) como complemento para análisis de riesgos del proyecto y toma de decisiones, ejecución de planes de prevención y planes de acción contra contingencias.

Reporte de identificación de riesgo en el proyecto					
ID	Área del riesgo	Definición del riesgo	Causa	Probable riesgo	Efecto
101	Alcance	Deficiente identificación del alcance	A causa de una definición pobre del alcance	Es probable tener una visión inadecuada del proyecto respecto a lo esperado por el cliente	Generando incongruencias, sobrecostos o retrabajos innecesarios.
102	Alcance	Cambio repentino del alcance durante la ejecución del proyecto.	A causa de un cambio repentino en el alcance del proyecto durante la ejecución del mismo	Es altamente probable que surjan discrepancias en los tiempos y presupuestos estimados durante las etapas tempranas del proyecto.	Generando sobrecostos, cambios en el tiempo de entrega y pérdidas difíciles de calcular en el momento, así como incertidumbre respecto al tiempo de entrega.
103	Comercial	Fluctuación de paridad en el equipo requerido	Debido a las fluctuaciones de paridad en el costo de los equipos requeridos	Es posible presentar variaciones entre el costo estimado para el equipamiento de la planta respecto al día estimado y el momento de la adquisición de los mismos	Provocando una reducción o incremento de las utilidades estimadas.
104	Contractual	Incumplimiento en la fecha de entrega del equipo por parte del proveedor	A causa de factores internos o externos a los proveedores de equipo e instalación requeridos	Es probable presentar una variación ligera en el tiempo de entrega de los equipos	Generando un retardo en el tiempo de entrega del proyecto.
105	Seguridad	Accidentes laborales durante la ejecución del proyecto	A causa de actos o condiciones inseguras	Es posible que se presenten accidentes laborales durante el equipamiento, acondicionamiento o puesta en marcha de la planta.	Generando incapacidades, desviaciones en la calidad del producto, pago de indemnizaciones, etc.

Tabla 11: Reporte de identificación de riesgo en el proyecto.

Fuente: *Elaboración propia.*

Posibilidad de ocurrencia del riesgo.							
ID	Área	Definición del riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto en el proyecto	Índice de severidad de riesgo	Acción preventiva o correctiva	ISR después de acción correctiva
101	Alcance	Deficiente identificación del alcance	15%	20%	3.00%	Se acepta el riesgo	1%
102	Alcance	Cambio repentino del alcance durante la ejecución del proyecto.	20%	100%	20.00%	Se aplica la metodología FEL para asegurar una definición concreta del alcance del proyecto. Se congela el alcance del proyecto antes de la ejecución del mismo.	5%
103	Comercial	Fluctuaciones de paridad en el equipo requerido	80%	20%	16.00%	Se realizan los procesos estimación de costos en USD para evitar el factor de fluctuación en el mercado.	8%
104	Contractual	Incumplimiento en la fecha de entrega del equipo por parte del proveedor	40%	10%	4.00%	Se acepta el riesgo	2%
105	Seguridad	Accidentes laborales durante la ejecución del proyecto	70%	20%	14.00%	Se capacita constantemente y supervisa la ejecución del proyecto con base en las NOM de seguridad en el trabajo dispuestas por la STPS y SSA. Se toman juntas de 10 minutos antes de iniciar labores de construcción e instalación con tema principal en seguridad.	7%

Tabla 12. Tabla de impacto y probabilidad de ocurrencia del riesgo.

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 12, se observan diferentes columnas con valores porcentuales basados en la probabilidad de ocurrencia y el impacto generado en el proyecto, así como celdas con fondo de color que indican el índice de severidad del riesgo (ISR) que se obtiene del producto de ambos factores.

Estos valores se obtienen de un análisis de relación de productos para identificar los resultados que representan una amenaza mayor para el proyecto, clasificando el producto de los dos factores de la siguiente manera.

- $x < 10\%$ =Verde. Riesgo Aceptable. su impacto y probabilidad de ocurrencia son aceptables para el proyecto sin repercutir significativamente.
- $10\% < x < 20\%$ = Naranja. Riesgo medio. Su ocurrencia puede significar un impacto considerable en el proyecto, sin embargo, no representa la finalización del mismo por esta causa.
- $20 < x < 100\%$ = Rojo: Riesgo alto. Su ocurrencia es muy probable y el impacto del riesgo repercute fuertemente al proyecto, puede representar la descapitalización de este, incremento impredecible en el presupuesto o tiempo de entrega e incluso la finalización del proyecto por esta causa.

La tabla 13 representa la distribución de estos índices de acuerdo al producto de la probabilidad de ocurrencia por el impacto del riesgo en el proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Índice de severidad del riesgo.											
	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
100%	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
80%	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8	
70%	0.035	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7	
60%	0.03	0.06	0.12	0.18	0.24	0.3	0.36	0.42	0.48	0.54	0.6	
50%	0.025	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	
40%	0.02	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.4	
30%	0.015	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3	
20%	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	
10%	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	
5%	0.003	0.005	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.045	0.05	
Grado de impacto	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	

Tabla 13. Distribución de índices

Fuente: *Elaboración propia con base en Torreblanca (2019).*

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA

De acuerdo con los objetivos del proyecto, no solo basta con llevar a cabo el escalamiento de la producción de 30 a 300 Litros por lote; también es necesario mejorar el proceso productivo mediante la implementación de plataformas tecnológicas que beneficien a la empresa para llevar un mejor control de la producción.

Tomando este objetivo como premisa y recurriendo a uno de los principales puntos en la problemática de proyecto se acuerda dar solución a la dificultad en realizar un escalamiento adecuado de la receta maestra para volúmenes productivos distintos a los establecidos en la misma y se indaga sobre alternativas de software especializado para la producción cervecera que ofrezcan solucionar este problema, considerando que debe cubrir con los siguientes requerimientos.

1. Ofrecer calculadora para escalamiento de producción tomando como base la receta original.
2. Calcular grados IBU del producto.
3. Calcular porcentaje de volumen de alcohol presente en el producto.
4. Estimar la coloración del producto mediante estándares objetivos.
5. Calcular tiempo de cocción y maceración en relación al volumen de proceso.
6. Calcular el tiempo y temperatura de fermentación requerido para alcanzar el porcentaje de volumen de alcohol en el producto.
7. Estimar la cantidad de azúcar o dextrosa para realizar la gasificación del producto en caso de requerirlo.
8. Mantener la confidencialidad de la receta maestra.

Con estos principales requerimientos, se analiza una serie de candidatos en el mercado, de los cuales se filtran 4 principales competidores que pueden ofrecer estas características al cliente. A continuación, se presentan estas 4 opciones con sus respectivas características.

4.3.1 Presentación de opciones para implementación de plataformas tecnológicas.

BREW MATE.

Brew Mate es un software libre para el diseño, creación y producción de recetas cerveceras, dirigido a la producción artesanal de las mismas, es un programa cargado con una muy amplia base de datos de materias primas utilizadas para esta producción, como maltas, lúpulos, levaduras, endulzantes e ingredientes adicionales para producción de cervezas especiales. Permite la publicación de la receta mediante la autorización del propietario y cuenta con una gran variedad de herramientas para cálculo de temperatura, porcentaje de volumen de alcohol por refractometría y grados brix, cálculo de atenuación de alcohol y escalamiento de producción a volúmenes variables. La figura 8 muestra la interfaz del programa y opciones de herramientas que maneja el software, así como los pros y contras del mismo en la tabla 14

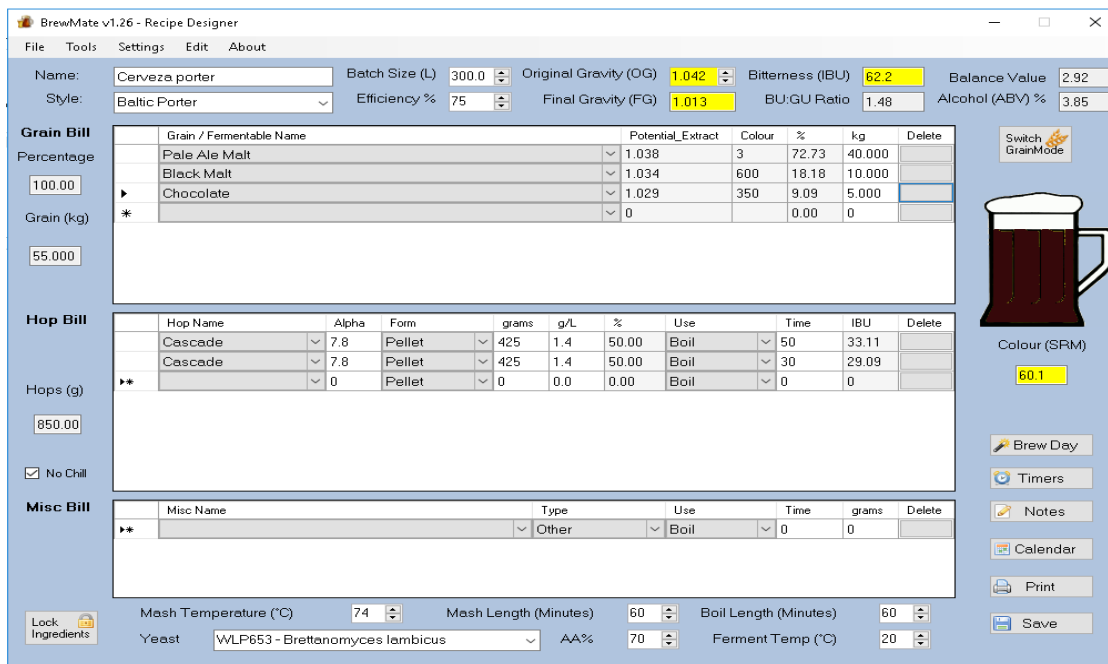


Figura 8. Interfaz de usuario para opción 1: Brew Mate.

Fuente: *Elaboración propia.*

BREW MATE	
Pros	Contras
Software libre gratuito y ligero.	No proporciona consumo energético explícito.
Interfaz amigable con el usuario	
Software profesional con opciones de proceso variables (con o sin enfriador, por ejemplo).	
Cálculo del porcentaje de Alcohol y atenuación por grados Brix y refractometría.	
Cálculo de amargor por grados IBU y color por SRM.	
Plantillas de recetas preestablecidas y editables.	
Calcula la eficiencia del proceso (Factor de rendimiento)	
Calculadoras para escalamiento de recetas y tiempos.	
Aviso de privacidad y confidencialidad adecuados.	

Tabla 14. Pros y contras de Brew Mate

Fuente: *Elaboración propia.*

NUBEA BREW.

Nubea Brew es un software de paga de reciente incorporación al mercado que se especializa en la gestión de fábricas cerveceras que ofrece mayor control de la producción, desde la entrada de materia prima hasta el producto terminado.

Ofrece una visualización de 360° de la empresa con posibilidad de acceso remoto a la información del proceso en tiempo real. Además de estas características, cuenta con la capacidad de llevar una mejor gestión de inventarios, trazabilidad del producto, manejo de ventas y envíos, control total del proceso y seguridad de la información de la empresa. La figura 9 representa esta interfaz de usuario durante la creación de una receta para su posterior producción y se aprecian los principales módulos con los que cuenta el software, como la creación de listas de ingredientes respecto a las recetas creadas, el control de inventario dinámico que se relaciona directamente con la producción de cada receta, el porcentaje de volumen de alcohol en el producto, la densidad inicial y final en la fermentación o el grado de amargor de la cerveza producida que este software representa en grados EBU. Como puede observarse, este programa cuenta con la capacidad de gestionar máquinas, recursos humanos, inventarios, ventas y producción desde una sola plataforma.

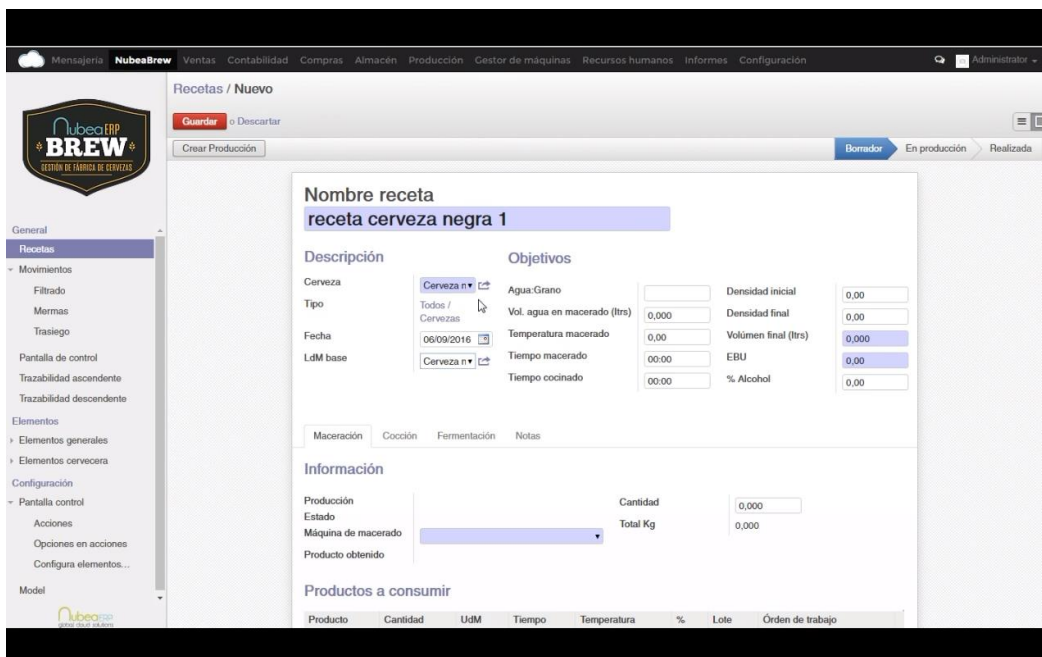


Figura 9. Interfaz de usuario Nubea Brew.

Fuente: *Elaboración propia.*

Al igual que se hizo anteriormente para Brew Mate, a continuación, se presentan los pros y contras del Nubea Brew en la tabla número 15.

NUBEA BREW	
Pros	Contras
Creación de lista de ingredientes requeridos en base a recetas creadas.	No otorga un factor de rendimiento basado en el uso de materia.
Interfaz amigable con el usuario	No proporciona consumo energético explícito.
Software profesional con tutoriales de capacitación sencillos.	Pago anual por licencia de uso.
Calculo %Alcohol y atenuación por refractometría	No presenta predicción del color del producto.
Cálculo de amargor por grados EBU.	
Gestión de inventarios, ventas, recursos humanos y máquinas	
Calculadoras para escalamiento de recetas y tiempos.	
Aviso de privacidad y confidencialidad	

Tabla 15. Análisis de pros y contras. Nubea Brew.

Fuente: *Elaboración propia.*

CYBERBRAU

Cyberbrau es más un servicio en línea gratuito que un software de escritorio. Dentro de su plataforma permite tener acceso a cientos de recetas publicadas por sus usuarios y gestionar la producción de cerveza artesanal con las principales características de otros programas especializados en producción cervecera como lo es el cálculo de grados IBU, porcentaje de volumen de alcohol, color específico, estilo, eficiencia del proceso, porcentaje de atenuación del producto, así como la posibilidad de hacer un escalamiento en el volumen de producción estándar para volúmenes variables.

Al ser un servicio en línea se ahorra en cuanto a la instalación del software y el pago de licencia, sin embargo, queda expuesto a otros factores como la falla del servidor de internet, falla o caída de la plataforma online y el riesgo de filtrar la información como la receta maestra de un producto.

A pesar de estas contras, es un programa que ha tenido gran aceptación entre los productores de cerveza artesanal en micro escala, pues además de contar con las características necesarias, también ofrece la oportunidad de incursionar en la fabricación de nuevos estilos de cerveza con la ayuda de las recetas compartidas por sus usuarios y la constante mejora mediante la convivencia de los mismos y el intercambio de experiencia generado con ello.

La figura 10, muestra la interfaz de usuario durante el uso de este servicio en línea.

The screenshot displays the Cyberbrau web interface. At the top, there are navigation tabs for 'Recipes', 'Beer Styles', 'Ingredients', and 'Brewing Tools', along with a user greeting 'Welcome Miguel Tirado'. The main content area is titled 'Lawson's Sip of Sunshine Clone' and includes a 'Recipe Statistics' section with progress bars for OG (1.077), FG (1.015), SRM (7), IBU (82), and ABV (8.14%). Below this, there are sections for 'Fermentables' and 'Hops', each with a table of ingredients and their respective amounts, types, and uses. The 'Fermentables' table lists items like 2-Row, Vienna Malt, Brown Sugar, Flaked Oats, CaraPils, and CaraMunich. The 'Hops' table lists Columbus, Citra, and Citra hops with their respective times and uses. A 'Yeast' section is partially visible at the bottom.

Amount	Ingredient	PPG	Color	Use
8.5 lbs	2-Row - US	36	1 °L	Mash
2.5 lbs	Vienna Malt	36	4 °L	Mash
1 lbs	Brown Sugar	45	10 °L	Extract
1 lbs	Flaked Oats - US	36	1 °L	Mash
12 oz	CaraPils	33	2 °L	Mash
4 oz	CaraMunich	33	56 °L	Mash

Amount	Hop	Time	Type	Use	Alpha
0.75 oz	Columbus	60 mins	Pellet	Boil	15%
1 oz	Citra	20 mins	Pellet	Boil	12%
3 oz	Citra	5 mins	Pellet	Boil	12%
3 oz	Citra	1 mins	Pellet	Flame Out	12%
3 oz	Citra	6 days	Pellet	Dry hop	12%

Name	Lab	Strain	Attenuation
Safale US-06	Fermentis	US-06	81%

Figura 10. Interfaz de usuario de Cyberbrau.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la tabla 16 con el análisis de los pros y contras de Cyberbrau.

Cyberbrau	
Pros	Contras
Recetas sencillas y fáciles de seguir proporcionando la información necesaria.	Vulnerabilidad de la seguridad en códigos del software.
Acceso remoto para consulta y formulación.	No presenta gasto energético
Presencia de 360 recetas	Dependencia de conexión a internet.
Presentación de información (%Alcohol/vol, color, estilo de cerveza)	Posible falla en el servidor de la plataforma en línea.
Indicaciones de cantidades de materia prima, cantidad de agua, tiempos de producción, color del producto y eficiencia.	
Calculadoras de porcentaje de volumen de alcohol y de carbonatación forzada. Implementada como página web.	

Tabla 16. Análisis de pros y contras de Cyberbrau.

Fuente: *Elaboración propia.*

BREWTARGET

Brewtarget al igual que las primeras dos opciones presentadas, es un software libre de escritorio que ofrece la oportunidad de generar recetas para producción de cerveza de distintos estilos. Cuenta con parámetros guía en factores como: porcentaje en volumen de alcohol, grados IBU o color característico de cada estilo. Por ejemplo, la producción de una Pale Ale SMASH, se debe mantener entre 30 y 45 grados IBU como se marca en la figura 11, en caso de salir de ese rango podría tratarse de una Indian Pale Ale en lugar de una American Pale Ale.

Características como estas, otorgan un plus al software, pues además de cumplir con los principales requerimientos de un software cervecero, cuenta con una amplia gama de maltas, lúpulos y levaduras, también permite escalar el volumen de producción de acuerdo a una receta creada y contar con calculadoras para realizar la carbonatación del producto terminado. Sin embargo, cabe mencionar que no cuenta con una base de datos para el manejo de aditamentos en producciones especiales, frutales o de temporada.

La interfaz del software se presenta de manera amigable con el usuario y no tiene mayor problema para su manejo, como puede observarse en la figura 11.

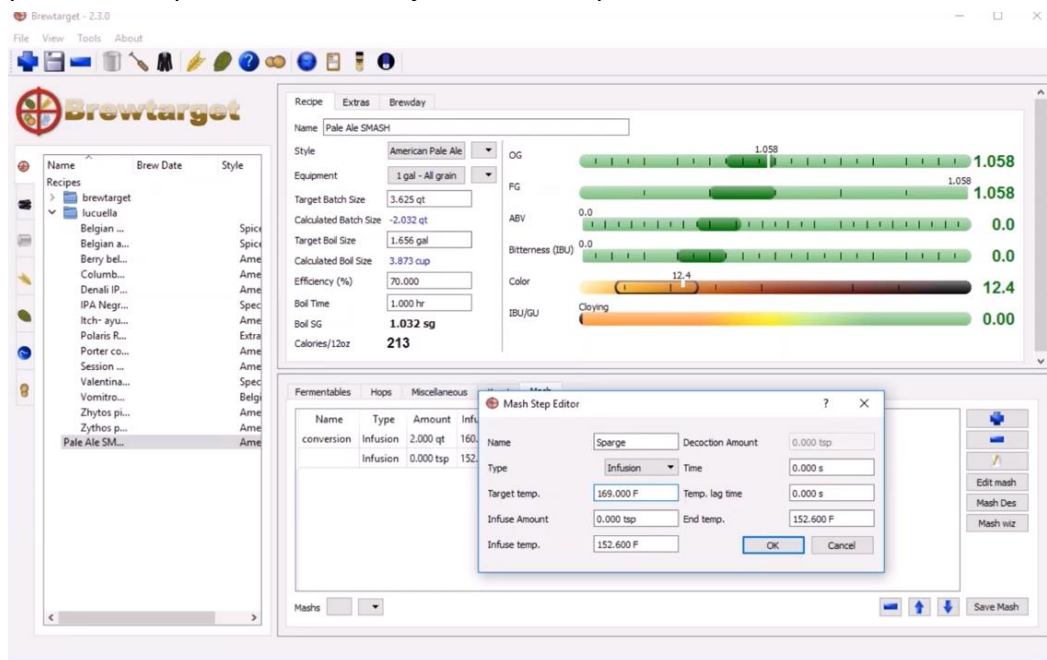


Figura 11. Interfaz de usuario de Brewtarget.

Fuente: *Elaboración propia.*

La tabla 17 que se presenta a continuación muestra el análisis de pros y contras realizado en el software Brewtarget.

Brewtarget	
Pros	Contras
Software gratuito.	No ofrece gasto energético.
Cuenta con acceso a 89 recetas	No calcula tiempo de fermentación en función de la temperatura.
Ofrece la posibilidad de crear recetas propias	Baja libertad de manipulación del factor de rendimiento
Alta variedad de estilos de producción con valores guía.	
Posibilidad de escalamiento de producción a volúmenes variables	
Interfaz amigable con el usuario.	
Variedad de tipos de maltas, lúpulos y levaduras.	

Tabla 17. Análisis de Pros y contras del software Brewtarget.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.3.2 Evaluación de opciones para plataformas tecnológicas.

Una vez que se han presentado las opciones finalistas para la implementación de una plataforma tecnológica que brinde soporte para optimizar el proceso de producción de cerveza artesanal, deben ser evaluadas objetivamente, tomando como base los requerimientos del cliente.

Para conseguir una evaluación más certera, se procede a evaluar de la siguiente manera:

- Rubros de evaluación:
 1. Escalamiento de producción tomando como base la receta original.
 2. Calcular grados IBU del producto.
 3. Cálculo de porcentaje de volumen de alcohol presente en el producto.
 4. Coloración del producto mediante estándares objetivos.
 5. Calcular tiempo de cocción y maceración en relación al volumen de proceso.
 6. Estimar la cantidad de azúcar o dextrosa para realizar el proceso de carbonatación del producto terminado.
 7. Mantener la confidencialidad de la receta maestra.
 8. La licencia de uso deberá tener un costo menor a \$7,000.00 MXN anuales.

Cada uno de estos 8 rubros será evaluado otorgando un puntaje que puede ir de 0 a 10 de acuerdo al cumplimiento de cada punto. Otorgando un puntaje a 0 a la opción que no cubre el rubro evaluado y un puntaje de 10 a la plataforma que cumple con los requerimientos del cliente para el punto a evaluar.

En caso de que dos opciones finalicen con un puntaje igualado, se procederá a evaluar los siguientes aspectos de la misma manera:

1. Soporte técnico del software.
2. Capacitación para el usuario.
3. Valor agregado del producto (funciones adicionales que otorguen un beneficio mayor a la empresa).

Una vez que se han establecido las reglas de evaluación, se presenta la evaluación realizada a los participantes elegidos como se muestra en la tabla 18.

EVALUACIÓN DE PLATAFORMA TECNOLÓGICA				
	Brewmate	Nubea Brew	Cyberbrau	Brewtarget
1. Escalamiento de producción tomando como base la receta original.	10	10	10	10
2. Calcular grados IBU del producto.	10	10	10	10
3. Cálculo de porcentaje de volumen de alcohol presente en el producto.	10	10	10	10
4. Coloración del producto mediante estándares objetivos.	10	5	5	8
5. Calcular tiempo de cocción y maceración en relación al volumen de proceso.	10	10	10	10
6. Estimar la cantidad de azúcar o dextrosa para carbonatación	10	10	10	10
7. Mantener la confidencialidad de la receta maestra.	10	10	8	10
8. La licencia con costo menor a \$7,000.00 MXN anuales.	10	0	10	10
RESULTADOS	80	60	73	78

Tabla 18. Evaluación de plataformas tecnológicas.

Fuente: *Elaboración propia.*

En la evaluación de la tabla 18 se puede observar una diferencia de dos puntos entre Brewmate y Brewtarget que se deben al rubro número 4, referente a la predicción objetiva en la colocación del producto. En este punto se considera que para el caso de Brewmate, maneja un patrón internacional certificado de colorimetría que puede ser utilizado en cualquier parte del mundo con la misma nomenclatura, mientras que Brewtarget cuenta con un patrón de colorimetría propio del software sin certificación, y usado solamente por este software.

Es por esta disposición del programa de evaluación que se elige como plataforma tecnológica favorecida al software Brewmate, por el cumplimiento perfecto de los parámetros requeridos por el cliente.

4.3.3 Nuevos procedimientos de producción con base en la plataforma tecnológica elegida.

4.3.3.1 Procedimiento de programación de producción.

La programación de la producción es el conjunto de actividades que tiene por objetivo garantizar que el sistema productivo opere dentro de parámetros de cantidad, calidad, plazos de entrega, recursos y tiempo óptimos.

Una buena programación de la producción logra:

1. Que los pedidos se entreguen oportuna y adecuadamente en cantidades, tiempo y costos.
2. La correcta asignación de recursos de mano de obra, maquinaria y materiales.
3. Aumento de productividad, esto es, mayor producción con la misma cantidad de recursos o la misma producción con menor uso de recursos.
4. Reducción de costos.
5. Optimización de los tiempos.

Por lo que es necesario considerar la demanda de las especies en la cartera de clientes y los tiempos de entrega de los mismos como variables, considerando también que el producto tardar 6 días en un fermentador.

Para lograr este acometido, ya se cuenta con una producción estimada y un sistema de pedido por adelantado de una semana, asimismo, se cuenta con una calendarización de tiempos de entrega. Esto ayuda a disminuir en gran medida las posibles pérdidas, como se muestra en la tabla 19.

Datos Generales								
L/unidad	0.355							
Unidad/caja	24							
L/Lote	20.59							
L/caja	8.52							
Cajas de producto solicitadas por semana para la cerveza Pale Ale								
Clientes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Cliente 1	2	2	2	1	1	2	3	4
Cliente 2	1	2	1	2	2	1	2	3
Cliente 3	1	2	2	2	3	2	2	3
Cliente 4	2	1	2	3	1	2	1	4
Cliente 5	3	2	3	2	2	2	2	4
Cliente 6	1	2	2	3	1	2	2	4
Total (cajas)	10	11	12	13	10	11	12	22
Total (litros)	85.2	93.72	102.24	110.76	85.2	93.72	102.24	187.44
Lotes/semana	4.1379	4.55172	4.96551	5.37931	4.1379	4.5517	4.96551	9.10344
Sobrante (L)	2.8414	11.359	19.879	7.8097	2.8414	11.3595	19.8795	18.46
Sobrante (U)	8	32	56	22	8	32	56	52
Ingresos parados	\$240.12	\$959.96	\$1,679.9	\$659.98	\$240.12	\$959.96	\$1,679.97	\$1560.00

Tabla 19. Demanda de cerveza Pale Ale durante el mes de junio y julio 2021.

Fuente: *Elaboración propia con datos de la cervecera artesanal*

Una vez realizada la programación de producción, se sabe que, para la semana 8, se deberá producir 187.44 litros de cerveza, lo que es equivalente a 9.103 lotes de 20.59 litros. Según los métodos de producción antes de la implementación del software, se producirían 10 lotes de 20.59 litros, quedando como sobrante 18.46 Litros de cerveza que no saldría al mercado, hasta dos semanas después de su producción. Este sobrante también se traduce en el incremento del gasto energético (para los procesos calentamiento de maceración y cocción), gasto de tiempo (tiempos de maceración, cocción, filtración) y gasto de materia prima (malta, azúcar, agua, lúpulo, levadura). Traducido en pesos, se trata de \$1560.00 en cuanto a ingresos, que se encontrarán detenidos por 2 semanas a esperar el próximo pedido.

Gracias a la implementación del software, es posible realizar un proceso de escalamiento de la receta del maestro cervecero para obtener ese 10.3% de un lote con exactitud, y evitar el estancamiento de la materia. Con ello se da paso al segundo procedimiento.

4.3.3.2 Procedimiento de producción exacta.

Haciendo uso del escalamiento de producción para volúmenes variables solo se producirá lo solicitado por la cartera de clientes con antelación para agilizar el flujo del producto y reducir los costos de producción. Esto con la finalidad de reducir al máximo el tiempo y costo de almacenamiento de producto de la empresa.

Este procedimiento podrá realizarse sin mayor dificultad bajo las siguientes instrucciones.

1. Iniciar el software Brewmate (figura 12).

The screenshot shows the BrewMate v1.26 - Recipe Designer software interface. The window title is "BrewMate v1.26 - Recipe Designer". The interface is divided into several sections: "Name" (New Recipe), "Batch Size (L)" (23.0), "Original Gravity (OG)" (1.050), "Bitterness (IBU)" (0.0), "Balance Value" (0.00), "Style" (dropdown), "Efficiency %" (70), "Final Gravity (FG)" (1.013), "BU:GU Ratio" (0.00), and "Alcohol (ABV) %" (4.91). Below these are three main sections: "Grain Bill", "Hop Bill", and "Misc Bill". The "Grain Bill" section has a table with columns: Grain / Fermentable Name, Potential_Extract, Colour, %, kg, and Delete. The "Hop Bill" section has a table with columns: Hop Name, Alpha, Form, grams, g/L, %, Use, Time, IBU, and Delete. The "Misc Bill" section has a table with columns: Misc Name, Type, Use, Time, grams, and Delete. At the bottom, there are input fields for "Mash Temperature (°C)" (66), "Mash Length (Minutes)" (60), "Boil Length (Minutes)" (60), "Yeast" (dropdown), "AA%" (75), and "Ferment Temp (°C)" (20). On the right side, there is a "Switch GrainMode" button, a "Colour (SRM)" input field (0.0), and several utility buttons: "Brew Day", "Timers", "Notes", "Calendar", "Print", and "Save". There is also a beer mug icon.

Figura 12. Pantalla de inicio en plataforma tecnológica Brewmate.

Fuente: *Elaboración propia.*

- Una vez abierto el software, se procede a cargar la receta de la cerveza que se desea producir (naturalmente esta receta debe ser creada por el maestro cervecero dentro del software para su posterior acceso), haciendo clic en el botón "File" y posteriormente haciendo clic en la opción "Open recipe" donde se despliega una ventana con las plantillas o recetas creadas y guardadas a las que se tiene acceso

desde el software. En esta ventana, se da clic en la receta que se desea producir (Pale Ale para este caso), como se observa en la figura 13.

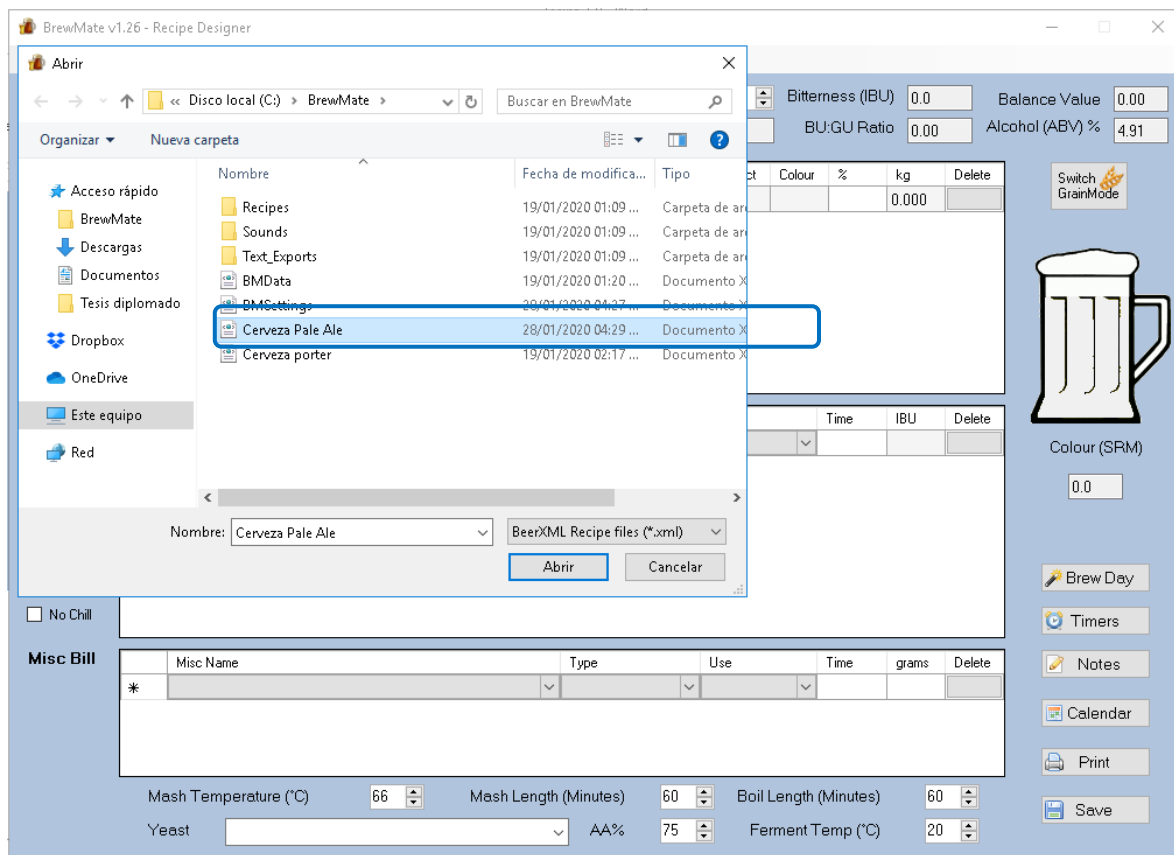


Figura 13. Despliegado de documentos para apertura de receta Pale Ale.

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez que la receta ha sido abierta, se debe programar la producción requerida para el momento. El primer paso es bloquear la cantidad de ingredientes requeridos, con el botón “Un-Lock Ingredients” lo que mantendrá los porcentajes de la receta original intactos, permitiendo realizar un escalamiento adecuado sin alterar los parámetros organolépticos del producto.

Puesto que la receta original ha sido creada para un tanque intermitente de 30 litros, será necesario realizar un ajuste que permita alcanzar un volumen de producción distinto a lo establecido, para lo que se da clic en la ventanilla: “Batch Size (L)” y se anota el volumen de producción deseado. En este caso se maneja el volumen de producción de 187.44 litros de cerveza Pale Ale de la semana 8 de la tabla 19 presentada anteriormente. Para trabajar con cierto margen, es recomendable redondear este número a 188 Litros.

Una vez que se ha colocado este volumen de producción deseado simplemente se presiona el botón “Enter” y podremos observar que la cantidad de materia prima requerida ha sufrido una modificación, sin embargo, los parámetros del producto (%Vol. Alcohol, grados IBU, color, atenuación, etc.) no han sido afectados, como lo muestra la figura 14.

The screenshot shows the BrewMate v1.26 - Recipe Designer interface. The main window displays recipe details for a 'Pale Ale' with a 'Batch Size (L)' of 188.0. Key parameters include Original Gravity (OG) of 1.039, Bitterness (IBU) of 431.8, and Efficiency % of 70. The interface is divided into several sections: Grain Bill, Hop Bill, and Misc Bill. The Grain Bill table lists ingredients like Pale Ale Malt and Caramalt. The Hop Bill table lists hops such as Cascade, Target, and First Gold. The Misc Bill table shows a single entry for 'Other'. On the right side, there are various controls including a 'Switch GrainMode' button, a beer mug icon, and a 'Colour (SRM)' input field set to 5.2. At the bottom, there are fields for Mash Temperature (66°C), Mash Length (60 minutes), Boil Length (60 minutes), Yeast (Ale yeast), and Ferment Temp (20°C).

Grain / Fermentable Name	Potential_Extract	Colour	%	kg	Delete
Pale Ale Malt	1.038	3	94.70	31.366	
Caramalt	1.036	25	5.30	1.755	
*			0.00	0.000	

Hop Name	Alpha	Form	grams	g/L	%	Use	Time	IBU	Delete
Cascade	7.8	Pellet	1564...	8.3	31.24	Boil	60	199.97	
Target	9	Pellet	1564...	8.3	31.24	Boil	10	123.61	
First Gold	7.9	Pellet	1880	10.0	37.53	Boil	5	108.25	
*	0	Pellet	0	0.0	0.00	Boil	0	0	

Misc Name	Type	Use	Time	grams	Delete
**	Other	Boil	0	0	

Figura 14. Requerimientos de materia prima y criterios de producción

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez implementado el procedimiento de planificación de la producción y el procedimiento de producción con base en la demanda del cliente, se pueden observar claramente los principales beneficios de la implementación de una plataforma tecnológica como apoyo para un proceso productivo que hasta el día de hoy se maneja de forma manual en su totalidad.

Gracias a la implementación de esta plataforma como herramienta de apoyo en la gestión de producción, es posible obtener un mejor manejo del proceso, evaluar los materiales a utilizar para la producción diaria y dedicar los recursos económicos de la empresa donde sean más requeridos, en lugar de mantener estos recursos estancados en un almacén.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 GESTIÓN DE COSTOS (COTIZACIÓN DE EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN)

5.1.2 Dimensionamiento de equipo.

Es sumamente importante atender a las requisiciones del proyecto y asegurar el cumplimiento puntual de cada una de ellas respecto a las especificaciones de cada equipo, pues de ello depende la conclusión exitosa del proyecto.

Debido a esto se debe evaluar la capacidad del equipo seleccionado para cubrir la producción demandada por el cliente para adaptarse a las necesidades del mismo y llevar a buen término el proyecto presentado.

La primera parte para realizar esta evaluación consiste en tomar el valor de producción requerido por el cliente, que es de 300 litros procesados por lote, por lo que el equipo de calentamiento, maceración y cocción del producto deberá tener la capacidad de procesar este volumen de líquido dentro de él, sin embargo deben tomarse en consideración algunos factores que hacen variar al volumen de proceso con el volumen de diseño, por lo que es necesario realizar una estimación del volumen requerido para equipo.

5.1.2 Volumen del calentador

El primer equipo a evaluar será el calentador de la planta, que se tratará de un equipo cilíndrico con la capacidad para calentar 300 litros de agua a una temperatura de 72 °C y posteriormente enviarlos al equipo de maceración ya sea mediante diferencia de alturas o uso de bombas, sin embargo el volumen de diseño del equipo deberá contar con cierta holgura para garantizar su funcionamiento adecuado, por lo que se calcula el volumen de diseño de acuerdo a la heurística presentada en la ecuación 16.

Ecuación 16. Cálculo de volumen de diseño para calentador.

$$V_{DISEÑO} = 1.2 V_{OPERACIÓN}$$
$$V_{DISEÑO} = 1.2 * (300 \text{ LITROS})$$
$$V_{DISEÑO} = 360 \text{ LITROS}$$

Con este resultado se puede comenzar la cotización del equipo con las características mencionadas y su respectivo volumen requerido.

5.1.3 Volumen del macerador

Esta situación se repite para estimar el volumen requerido por el macerador, sin embargo, para este proceso, además de requerir el volumen para procesar 300 litros de agua, se debe agregar el volumen ocupado por la malta que entra al macerador.

Debido a que se elaboran dos especies de cerveza, se recurre al peor escenario, es decir a la especie que utiliza mayor cantidad de malta, la cerveza tipo Porter, que requiere de 5.5 Kg de malta como lo ejemplifica la tabla 4.

El siguiente paso es escalar la cantidad requerida para una producción de 300 litros, que para este caso mantiene un comportamiento lineal, por lo que serán requeridos 55 Kg de malta para un volumen de producción de 300 Litros.

El siguiente paso es estimar el volumen ocupado por los 55 Kg de malta, por lo que es necesario hacer uso de la densidad del grano molido. Sin embargo, la densidad de cada especie de malta tiene una cierta variación con respecto a otra debido al nivel de tostado que se le otorga, pues en este proceso se evaporan elementos del grano en mayor o menor cantidad y esta densidad también puede tener variaciones respecto a la humedad del mismo.

Es por esta razón que se procede a calcular la densidad del grano húmedo por un método experimental que consiste en la siguiente metodología.

1. Tomar un vaso de precipitados de 150 ml y tararlo en la balanza de precisión.
2. Triturar ligeramente la malta, hasta romper la cascara sin moler el grano, en cantidad suficiente para llenar el vaso de precipitados hasta 100 ml como señala la figura 15
3. Llenar el vaso de precipitados con malta triturada hasta la marca de 100 ml y pesarlo (Figura 16)
4. El peso obtenido en relación con un volumen de 100 ml representa el valor de la densidad del grano seco, sin embargo, no es el valor requerido.
5. Tomar una pipeta de 10 ml y agregar agua destilada al vaso de precipitados lleno de malta hasta que esté completamente lleno de agua y malta, sin sobrepasar la marca de 100 ml, de acuerdo a lo mostrado a continuación en la figura número 17.

- Esperar 15 minutos para permitir que el grano de malta absorba la mayor cantidad de agua posible, y se realice una evaluación adecuada, en relación con los parámetros de operación reales.
- Pesar el vaso de precipitados y dividir el peso final entre el volumen final ocupado por el grano húmedo después de 15 minutos para obtener la densidad de grano húmedo (figura 18).
- Repetir la operación del paso 1 al 7 por 5 veces y obtener un promedio de la densidad de grano húmedo, mostrada en la tabla 20.



Figura 15. Molturación de malta.
Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 16. Llenado de malta molturada.
Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 17. Humidificación de malta.
Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 18. Estimación de densidad de grano húmedo después de 15 minutos.

El experimento se repite por 4 ocasiones para generar valores confiables. En la tabla 20 se muestran los valores obtenidos del experimento y un promedio de los valores de densidad obtenidos que será utilizado como densidad de grano húmedo final en los cálculos de volumetría.

Cálculo de densidad de grano húmedo						
Experimento	Malta ingresada (g)	Volumen inicial (ml)	Volumen agregado de agua (ml)	Peso final del sistema (g)	Volumen final del sistema (ml)	Densidad de grano húmedo (g/ml)
1	53.4	100	38	91.5	120	0.7625
2	52.3	100	35	87.3	110	0.79363636
3	55.4	100	40	95.4	125	0.7632
4	54.7	100	38	92.7	120	0.7725
5	52.6	100	39	91.6	115	0.79652174
PROMEDIO						0.77767162

Tabla 20. Cálculo de densidad de grano húmedo por método experimental

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez realizado el procedimiento, se puede trabajar con el valor de densidad de grano de 0.7776 g/ml que tiene el mismo valor en unidades de kg/L, valor con el que se requiere trabajar, y se procede a calcular el volumen requerido por la malta para una producción de 300 litros, que se obtiene con ayuda del software Brewmate mediante una modificación en el volumen de operación precargado como se ha mostrado en el apartado 5.3.3.2, y cuyo resultado de 55 Kg se muestra a continuación en la figura 19.

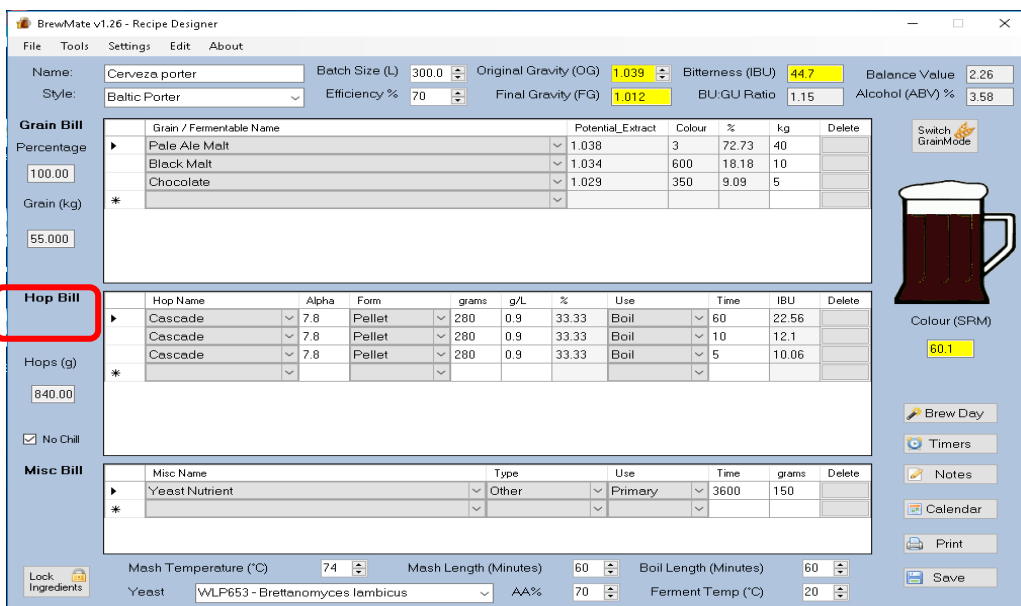


Figura 19. Cantidad de malta requerida para un proceso de 300 Litros.

Fuente: *Elaboración propia.*

Una vez que se ha obtenido el peso de malta requerido para la producción deseada (300 litros) se utiliza la densidad de grano húmedo para estimar el volumen requerido por el macerador como se muestra en la ecuación número 17.

Ecuación 17

$$V_{OPERACIÓN} = \left(\frac{MASA DE MALTA}{\rho_{MALTA}} \right) + V_{AGUA}$$

$$V_{OPERACIÓN} = \left(\frac{55 \text{ Kg}}{0.7776 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}} \right) + 300L$$

$$V_{OPERACIÓN} = 70.7303 L + 300L$$

$$V_{DISEÑO} = 1.2 * (370.7303 L)$$

$$V_{DISEÑO} = 444.88 L$$

Este volumen de operación representa el verdadero volumen requerido por el equipo de maceración considerando el espacio utilizado por el agua y el espacio utilizado por el grano una vez que se ha saturado de agua a 72°C y ha incrementado su volumen inicial.

Este volumen permitirá realizar las cotizaciones requeridas para un posterior estimado de costos.

5.1.4 Cálculo de volumen del hervidor

Para el equipo de cocción, será necesario evaluar el volumen requerido por el mosto resultante del proceso de maceración.

Cabe tomar en consideración que una parte del mosto obtenido se absorbe en los granos de malta que se desechan del proceso de maceración, sin embargo, este valor presenta variaciones considerables de acuerdo a la especie de cerveza con la que se trabaja debido a las diferentes características del grano.

Considerando lo anterior, se toman los datos directos del cliente obtenidos del peor escenario, es decir de la especie de cerveza que requiere el mayor volumen de proceso, que, en este caso se trata de la cerveza Pale Ale, que genera 25.96 Kg de mosto con una densidad de 1.083 Kg/L, por lo que se procede a calcular el volumen requerido mediante el uso de esta densidad en la ecuación 18.

Ecuación 18. Estimación de volumen requerido para el proceso de cocción.

$$V_{OPERACIÓN} = \frac{M_{MOSTO}}{\rho_{MOSTO}}$$
$$V_{OPERACIÓN} = \frac{25.96 \text{ Kg}}{1.083 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}}$$
$$V_{OPERACIÓN} = 23.9704 \text{ L}$$

Con la obtención del volumen de operación para la planta actual de 30 litros por lote, se escala el resultado a una producción de 300 litros por lote mediante un escalamiento lineal que arroja un volumen de mosto para cocción de 239.704 Litros.

Mediante el uso del este volumen de operación se procede a obtener el volumen de diseño mediante la heurística mencionada en la ecuación 16 que se retoma para la ecuación 19.

Ecuación 19. Cálculo de volumen de diseño para hervidor.

$$V_{DISEÑO} = 1.2 V_{OPERACIÓN}$$
$$V_{DISEÑO} = 1.2 * (239.704 \text{ LITROS})$$
$$V_{DISEÑO} = 287.64 \text{ LITROS}$$

Este será el volumen nominal (volumen de diseño) del hervidor requerido para el proceso de cocción.

5.1.5 Volumen del fermentador.

Algo peculiar del proceso de cocción es que, mediante el mismo, se tiende a evaporar cierta cantidad de agua, lo que genera una variación en el volumen inicial y final del mosto que pasa al proceso de fermentación.

Como es de suponerse se trabajará con el volumen final que pasará al fermentador y que previamente atravesará por un intercambiador de calor de placas para reducir la temperatura del fluido de proceso.

Para estimar adecuadamente el volumen de proceso se toma el valor actual del volumen de producción que es de 20.59 Litros de producto terminado y se añade un litro de producto sedimentado, por lo que este valor se eleva a 21.59 litros requeridos por el fermentador actual.

Es necesario escalar este valor para la producción propuesta, que en este caso se comporta de manera lineal y se obtiene un valor de 215.9 Litros de volumen de proceso, y se procede a estimar el volumen de diseño como se ha hecho con los equipos anteriores y se muestra en la ecuación 20.

Ecuación 20. Cálculo de volumen de diseño para fermentador.

$$V_{DISEÑO} = 1.2 V_{OPERACIÓN}$$
$$V_{DISEÑO} = 1.2 * (215.9 \text{ LITROS})$$
$$V_{DISEÑO} = 259.08 \text{ LITROS}$$

Este valor será el requerido para realizar las cotizaciones necesarias y los estimados de costos correspondientes a los estimados de costo en cada proceso.

Como puede observarse en los cálculos de volumen de diseño necesarios para los cuatro principales equipos de la planta, a pesar de tener como base un volumen de proceso determinado de 300 Litros por lote, cada equipo cuenta con requerimientos distintos puesto que este volumen de proceso puede aumentar, como se observa para el proceso de maceración, o bien, disminuir, como lo señala el proceso de cocción dependiendo de la cantidad de materia que entra, sale o se acumula en el sistema.

Debido a estas variaciones, se estaría cometiendo un grave error si se realiza una cotización de equipo con un volumen de 300 litros para los cuatro procesos, pues en el caso del macerador, el volumen sería insuficiente, lo que obligaría a la planta a reducir su volumen de producción y el principal objetivo del proyecto no sería cubierto; y para el caso del hervidor, el volumen estaría sobre estimado, por lo que se genera un sobre costo del equipo respecto al requerimiento real.





Es por estas ligeras variaciones que un estimado de costos cuenta con ciertos grados de libertad y con un monto por contingencias asignado, de lo que se hablará más adelante.

5.2 Requisición de equipamiento

En acuerdo con las estimaciones volumétricas del principal equipo requerido para la planta de producción de cerveza artesanal, se procede a hacer una requisición del mismo con sus cotizaciones respectivas, para poder generar un avance en la gestión de costos y de esta manera contar con la información más confiable que procede directamente del mercado de proveedores.

Es por esta razón que se presenta la tabla número 21, en la que se muestran los equipos requeridos para la propuesta de proyecto y un costo promedio presentado en el mercado de equipos de procesamiento alimenticio.

Vale la pena mencionar que las marcas que han sido manejadas en la tabla mencionada, son meramente apoyo de referencia, de la cual se ha obtenido un precio promedio del mercado. Esto no significa que se requiere adquirir el producto de la marca señalada, sino un producto con las mismas características que garantice su buen funcionamiento y durabilidad en el proceso productivo de cerveza artesanal para el cual han sido requeridos estos equipos.

CATALOGO DE REQUERIMIENTO DE EQUIPO PRINCIPAL PARA AREA DE PROCESO							
FECHA: 08/01/2020				UBICACIÓN: CHIGNAHUAPAN, PUEBLA			
CLIENTE: CERVECERA ARTESANAL 9 OJOS				ESTIMÓ: JOSÉ MIGUEL TIRADO BÁEZ			
Área de proceso	Cantidad	Equipo	Capacidad	Descripción	Costo (MXN)	Img. opcional	Proveedor
Pre calentamiento	1	Olla cervecera	300 Litros	En acero inoxidable 304 grado alimenticio calibre 14 , de 80 cm de diametro, 80 cm de altura, con estructura soldada al tanque, con falso fondo a 5 cm de altura, 1 Válvula de salida de esfera de 1/2" NPT. Termómetro de 0 a 150°C, Quemador de espesas de alta eficiencia.	\$ 23,599.00		Inoximexico
	1	Tren de Filtrado de 3 etapas	30 L/min	Capacidad de eliminar partículas suspendidas, olores, colores y sales en el agua de red municipal. Con Filtro de arena, filtro de carbon activado y filtro suavizador.	\$ 7,000.00		Purikor-Daqua
Macerado	1	Macerador	400 Litros	En acero inoxidable 304 grado alimenticio calibre 14 , de 80 cm de diametro, 80 cm de altura, con estructura soldada al tanque, 1 Válvula de salida de esfera de 1/2" NPT. Termómetro de 0 a 150°C, Quemador de espesas de alta eficiencia, Motorreductor de con velocidad de 30RPM para la agitación con aspas tipo arpa. Botón de paro y arranque. Sparge ring para recirculado. Compuerta de 250x150mm instalada para salida de grano. Fabricado en calibre 12 y escalón de 5cm para sellar con falso fondo	\$ 107,450.00		Inoximexico
	1	Bomba	19 L/min	Bomba para trasvase de cerveza artesanal de grado alimenticio en acero inoxidable 304. Acoplamiento magnético, cabeza de acero inoxidable 304, con rosca 1/2" BSP. Voltaje 110 volts volts. Capacidad máxima: 16/19 LPM. Capacidad nominal: 8/12 LPM. Cabeza máxima: 2.7/3.4 mts. Cabeza nominal: 1.5 mts	\$ 2,399.00		Magpump










Cocción	1	Olla cervecera	300 Litros	En acero inoxidable 304 grado alimenticio calibre 14, de 80 cm de diámetro, 80 cm de altura, con estructura soldada al tanque, con falso fondo a 5 cm de altura, 1 Válvula de salida de esfera de 1/2" NPT. Termómetro de 0 a 150°C, Quemador de espreas de alta eficiencia.	\$ 23,599.00		Inoximexico
	1	Bomba	19 L/min	Bomba para trasvase de cerveza artesanal de grado alimenticio en acero inoxidable 304. Acoplamiento magnético, cabeza de acero inoxidable 304, con rosca 1/2" BSP. Voltaje 110 volts, o 220 volts. Capacidad máxima: 16/19 LPM. Capacidad nominal: 8/12 LPM. Cabeza máxima: 2.7/3.4 mts. Cabeza nominal: 1.5 mts	\$ 2,399.00		Magpump
Fermentación	2	Fermentador	300 Litros	Medidas del vaso: 65cm de diámetro por 70cm de altura. Cono: 65cm de diámetro por 70cm de altura. Fabricado en acero inoxidable 304 grado alimenticio calibre 14 con capacidad nominal de 300L (útiles el 80% regularmente). Incluye termómetro de 0-150°C de 1/2" npt. Válvula de salida de 1/2 y 3/4 para purga, además de Airlock por medio de manguera PVC grado alimenticio para descarga	\$ 62,027.72		Inoximexico
	1	Intercambiador de placas	66 L/min	Intercambiador de calor de 40 placas de 47cm de largo por 7cm de alto. Área de intercambio de calor de 1.44m2. Canales de 3/4 clamp x 3/4 npt. Máximo flujo 66.6L/min. Presión de diseño 435PSI (temperatura de diseño -195°C a 220°C. Capacidad 17,000-61,200 BTU/hora.	\$ 6,212.46		Inoximexico
Embotellado	1	Recipiente para llenado	40 Litros	Recipiente dosificador para embotellado en polietileno grado alimenticio de 40 Litros, con tapa y valvula dosificadora.	\$456.00		Bongo
	1	Sanitizador manual de botellas	NA	Sanitizador manual de botellas por liquido a presión en material plástico.	\$211.00		
	1	Llenador	NA	Llenador de botellas de punta retráctil de presión	\$111.00		
	1	Colocador de corcholatas	NA	Colocador de corcholatas de banco y altura ajustable.	\$1,200.00		
Trasvase	8	Kit de mangueras	1 Metro	Kit de mangueras grado alimenticio FDA de 1/2 en vinil con conexione rápida hidráulica grado alimenticio en 1/2 pulgada.	\$ 242.00		
Total					\$	236,906.18	

Tabla 21. Catálogo de requerimientos mínimos de equipo en dimensionados en ingeniería básica.

Fuente: *Elaboración propia*.

Como puede observarse también se presentan las principales características requeridas para cada equipo, como su volumetría, capacidad, potencia, material y demás requerimientos solicitados para la óptima operación de la planta propuesta; con ello se

pretende afinar el estimado de costos para incrementar el nivel de confianza del mismo y mantenerse dentro de un presupuesto calculado correctamente.

5.3 Estimado de costos clase III

Es con ayuda de esta tabla que se puede identificar rápidamente el grado de definición del proyecto. Debido a que se observa que cuenta con una lista de equipos especificados en cuanto a requerimientos calculados, se trata de un proceso de ingeniería básica extendida, pues se deriva de un diagrama de flujo de proceso (DFP) detallado, sin embargo no se cuenta con un listado completo y detallado por un diagrama de tubería e instrumentación (DTI) que indique elementos puntuales como la longitud de la tubería, diámetro y cédula de la misma, red de tendido eléctrico, cantidad de conectores, dimensionamiento final de bombas y demás factores que agregan definición al proyecto y afinan el estimado de costos. Como consecuencia de ello, es posible evaluar el costo del proyecto mediante un estimado de costos de grado III, el cual tendrá una variación que puede ir de -15 a 25% respecto al costo final del proyecto de acuerdo con los valores establecidos por el SIDP de PEMEX.

Además de ser requerido un estimado de costos específico para cada proyecto, también es importante calcular un valor de contingencia del riesgo del proyecto, el cual se estima para cubrir costos adicionales que pudieran surgir a causa de una definición incompleta del proyecto, lo cual es natural debido al grado de definición del mismo en cada etapa.

El estimado de la contingencia se agrega al valor del estimado de costos con la finalidad de evitar que el proyecto salga del presupuesto otorgado mediante el mismo. Este monto por contingencia pretende cubrir desfases generados por errores en el diseño de las ingenierías y no pretende cubrir un cambio en el alcance del proyecto, puesto que realizar un cambio en el alcance de un proyecto implica un proyecto completamente diferente al presupuestado.

Así pues, se estima el monto de contingencia por el método de Montecarlo haciendo uso del complemento de Excel®, Crystal Ball® mediante la aplicación de la opinión de expertos tomando valores máximos, mínimos y más probables de acuerdo al mismo factor de la opinión de los expertos.

A continuación, se presenta en la tabla 22 el estimado de costos clase III donde se suma el monto por contingencia respectivo al proyecto.

		Costo Mano de Obra	Costo de Materiales	Costo Total
2	Equipo	\$ 3,554	\$ 236,906	\$ 240,460
3	Tubería	\$ 21,322	\$ 47,381.24	\$ 68,703
4	Civil	-	-	-
5	Acero	\$ 1,421	\$ 7,107.19	\$ 8,529
6	Instrumentos	-	\$ 33,166.87	\$ 33,167
7	Eléctrico	\$ 33,309	\$ 87,655.29	\$ 120,964
8	Aislamiento	-	-	-
9	Pintura	-	-	-

Costos Totales de Campo Directos	\$ 59,606	\$ 412,217	\$ 471,823
----------------------------------	-----------	------------	------------

FLETES, GASTOS DE ADUANA, SEGUROS, MANIOBRAS Y REFACCIONAMIENTO (NO INCLUYE REFACCIONAMIENTO EQUIPO MAYOR)	\$ 23,591	5.00%
MAQUINARIA	\$ 37,746	8.00%
INGENIERIA	\$ 56,619	12.00%
PERMISOS	\$ 9,436	2.00%
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	\$ 28,309	6.00%
DESMANTELAMIENTOS	-	
COSTO DIRECTO TOTAL	\$ 627,524	
CONTINGENCIA	\$ 61,305.89	9.77%
ESCALACIÓN	-	0.00%
ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	\$ 55,106.41	8%
GRAN TOTAL DEL PROYECTO (CD, CONTINGENCIA, ESCALACIÓN, ADM. DEL PROYECTO)	\$ 743,936.56	

Tabla 22. Estimado de costos clase III con monto por contingencia por método de Montecarlo.
Fuente: *Elaboración propia con bases del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

Como se mencionó anteriormente, el estimado por contingencia se realiza por el método de Montecarlo en CrystalBall® basado en la opinión de los expertos (tabla 23ª y b) cuyo formato se obtiene del Sistema Integral de Desarrollo de Proyectos de PEMEX que complementa al formato obtenido con ayuda de un simulador de procesos químicos llamado Aspen Plus® y su sistema de análisis de costos Aspen Capital Cost Estimator® de donde se obtiene la información base del estimado.

BASES PARA ANÁLISIS DE CONTINGENCIA										
Definición equipos (suma 100%)	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-Lista preliminar de equipos	-42%	60%	-28%	46%	-15%	33%	-2%	20%	-15%	33%
2-Lista completa con algunos datos	-42%	56%	-28%	42%	-16%	29%	-2%	16%	-16%	29%
3-Lista completa con HD preliminares	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
4-Lista completa con HD completas	-40%	42%	-26%	28%	-13%	15%	0%	2%	-13%	15%
Bases para la definición del alcance (Equipos y Materiales)										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
% faltante de DTI's	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante rutas de tuberías	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de análisis 3D	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de planos de cimentación	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de bocetos/planos de estructuras de acero	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de unifilares	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante en listas de Instrumentos	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de Plot Plan's	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
% faltante de listas de Motores	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
Definición volúmenes de materiales (suma 100%)										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-Volúmenes en K-base (incluidos en equipos)	-45%	60%	-31%	46%	-18%	33%	-5%	20%	-18%	33%
2-Volúmenes por factores	-45%	52%	-31%	38%	-18%	25%	-5%	12%	-18%	25%
3-Volúmenes calculados	-45%	44%	-31%	30%	-18%	17%	-5%	4%	-18%	17%
Estimación de Precios de materiales										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Estimado grueso	-42%	70%	-28%	56%	-15%	43%	-2%	30%	-15%	43%
Estimado K-base	-42%	55%	-28%	41%	-15%	28%	-2%	15%	-15%	28%
Interno, con base en datos recientes de otros proyectos	-42%	52%	-28%	38%	-15%	25%	-2%	12%	-15%	25%
Cotizaciones telefónicas	-42%	50%	-28%	36%	-15%	23%	-2%	10%	-15%	23%
Cotizaciones por escrito	-42%	45%	-28%	31%	-15%	18%	-2%	5%	-15%	18%
Cotizaciones formales	-40%	43%	-26%	29%	-13%	16%	0%	3%	-13%	16%
Bases para la definición de precios de materiales										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Precios de un solo proveedor	-60%	56%	-46%	42%	-33%	29%	-20%	16%	-33%	29%
Requiere expedir la fabricación	-40%	44%	-26%	30%	-13%	17%	0%	4%	-13%	17%
Fluctuación del precio de cromo e inoxidable	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%
Fluctuación del precio del cobre	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%
Fluctuación del precio del acero al carbón	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%

Tabla 23a. Primera sección opinión de expertos.

Fuente: *Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

Bases para la definición de precios de materiales	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Precios de un solo proveedor	-60%	56%	-46%	42%	-33%	29%	-20%	16%	-33%	29%
Requiere expeditar la fabricación	-40%	44%	-26%	30%	-13%	17%	0%	4%	-13%	17%
Fluctuación del precio de cromo e inoxidable	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%
Fluctuación del precio del cobre	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%
Fluctuación del precio del acero al carbón	-42%	42%	-28%	28%	-15%	15%	-2%	2%	-15%	15%
Mano de Obra-salarios (suma 100%)										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-Salarios por estimación interna	-42%	55%	-28%	41%	-15%	28%	-2%	15%	-15%	28%
2-Salarios por K-base	-42%	50%	-28%	36%	-15%	23%	-2%	10%	-15%	23%
3-Salarios por estudio de mercado	-42%	45%	-28%	31%	-15%	18%	-2%	5%	-15%	18%
Mano de Obra-productividad (suma 100%)										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-productividad, estimado interno	-50%	55%	-36%	41%	-23%	28%	-10%	15%	-23%	28%
2-productividad, estimado de K-base	-45%	50%	-31%	36%	-18%	23%	-5%	10%	-18%	23%
3-productividad, por estudio de mercado	-42%	45%	-28%	31%	-15%	18%	-2%	5%	-15%	18%
Pre-comisionamiento/Comisionamiento/Arranque										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-Estimado por factores	0	52%	0	38%	0	25%	0	12%	0%	25%
2-Estimado en detalle	0	48%	0	34%	0	21%	0	8%	0%	21%
Costo de Servicios										
	Clase V		Clase IV		Clase III		Clase II		Clase Seleccionada	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1-Estimado por factores	-45%	52%	-31%	38%	-18%	25%	-5%	12%	-18%	25%
2-Estimado en detalle	-45%	48%	-31%	34%	-18%	21%	-5%	8%	-18%	21%
3-Referencia de servicios similares	-42%	44%	-28%	30%	-15%	17%	-2%	4%	-15%	17%
4-Cotizado	-40%	43%	-26%	29%	-13%	16%	0%	2%	-13%	16%

Tabla 23b. Segunda sección de opinión de expertos.

Fuente: *Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

Con los valores obtenidos de este estimado de costos es posible comenzar a deducir un presupuesto establecido con la certeza de que su variación se mantendrá dentro de los grados de libertad de un estimado de costos clase III, es decir de -15% a +25% con lo que se genera una certeza adecuada respecto a los recursos económicos necesarios para concluir adecuadamente el proyecto, que, para este estimado, arroja un valor de \$743,936.56 MXN.

Otro punto importante de un estimado de costos se encuentra en las erogaciones del proyecto, que se calculan de acuerdo al periodo de tiempo en el que se pronostica realizar el mismo, y proporciona una estimación de la cantidad de dinero requerida de acuerdo al avance del proyecto en esta duración, que generalmente se proporciona como un monto mensual determinado (Quesada, 2012) como se muestra en la tabla 24 y la figura 20.

Estimado de Costo:	743,936.56	MXN
No. Periodos:	18	Mensuales
1	4,218.12	
2	4,976.94	
3	12,646.92	
4	19,446.50	
5	33,730.08	
6	48,727.84	
7	63,242.05	
8	89,569.96	
9	93,840.16	
10	96,972.13	
11	87,531.58	
12	63,242.05	
13	50,766.23	
14	31,550.35	
15	21,217.07	
16	12,237.76	
17	5,929.17	
18	4,076.77	

Tabla 24. Calendarización de erogaciones mensuales para duración del proyecto.

Fuente: *Elaboración propia con bases del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

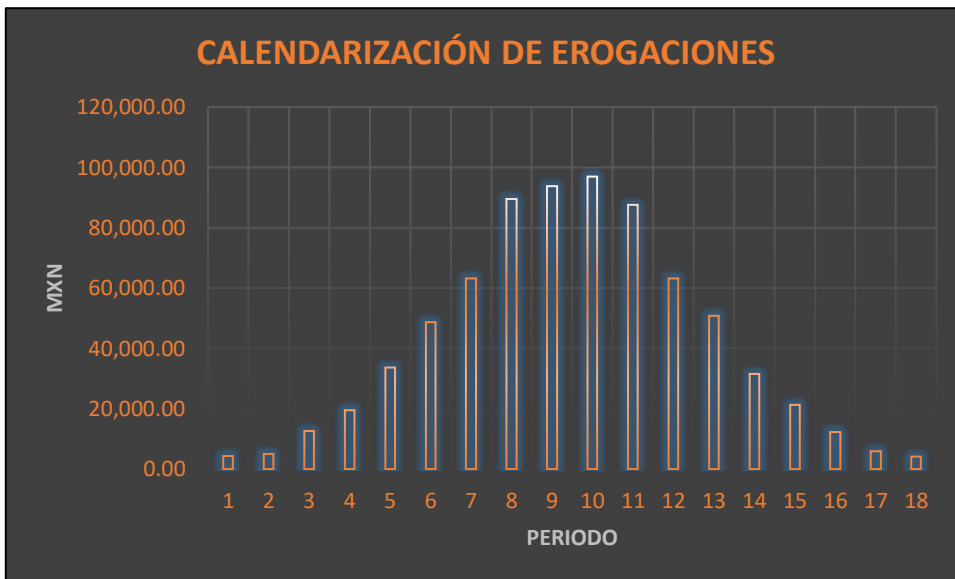


Figura 20. Distribución normal de erogaciones entre periodos.

Fuente: *Elaboración propia con bases del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

Es bien sabido que, de acuerdo al transcurso del tiempo, la moneda de cada país sufre ajustes debido a fenómenos como la inflación, que hacen variar el precio de las cosas de acuerdo al tiempo que transcurre, por lo que, es muy posible que los equipos que han sido cotizados en junio de 2021, hayan sufrido un ajuste de precio para el momento de ser adquiridos en agosto de 2021 (por mencionar un ejemplo).

Este ajuste o variación en los precios a lo largo del tiempo se llama costo de escalamiento y es posible calcularlo mediante un análisis de costo de escalamiento en el tiempo, que toma como base la calendarización de erogaciones de la tabla 22 y un punto de inicio fijo, que, para este caso será el primero de enero del año 2021.

En este análisis, se hace uso del índice de inflación esperado para el año 2021 estimado por el INEGI (Tabla 25) y se estima la fecha de término de acuerdo a el número de periodos erogados, que, para este caso será de 18 periodos mensuales, por lo que, si se toma como inicio el primero de junio de 2021, la fecha de término será el día primero de noviembre del año 2022.

ESCENARIO DE INFLACIÓN, 2011-2022												
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
MÉXICO	3.82%	3.57%	3.97%	4.08%	2.13%	3.36%	4.31%	4.01%	3.99%	4.00%	4.08%	4.09%
Fuente: Inflación real anual de 2011 a 2016 de INEGI. A partir de 2017, Premisas Macroeconómicas 2016-2017 del Grupo de Planeación de Petróleos Mexicanos												
INDICE												
(Calculado)	103.5510	107.2460	111.5080	116.0590	118.5320	122.5150	127.7954	132.9185	138.2241	143.7467	149.6110	155.7242

Tabla 25. Índice de inflación histórico en México desde 2011.

Fuente: INEGI, 2017.

Es con el uso de estos índices de inflación que se vuelve posible obtener un escenario cada vez más confiable para la estimación de un presupuesto certero, pues de haber parado en la obtención del primer estimado de costos (tabla 20), sin evaluar las erogaciones y considerar la inflación esperada, se tendría un presupuesto ideal, que no corresponde al movimiento financiero real al que se sujeta el desarrollo de un proyecto. Este escenario ideal dejaría fuera de sí factores que pueden preverse y de esta manera evitar cambios repentinos en los presupuestos estimados.

El presupuesto estimado final es presentado a continuación en la tabla 26, donde se enmarca el costo inicial calculado y el costo final por escalamiento calculado con ayuda del índice de inflación acorde a la fecha de erogación programada.

Nombre del Proyecto:		Escalamiento de producción cervecera 9 ojos.		
Tipo de Moneda del Estimado de Costo:			MXN	
Clase del Estimado:			III	
Fecha de Elaboración del Estimado de Costo (mes-año):			jun-21	
Fecha de Inicio del Programa de Erogaciones (mes-año):			nov-22	
Calendarizado del Estimado de Costo			CAPTURA	
#	Periodo	Indice Mensual	Programa de Erogación Mensual	Programa de Erogación Escalado
110	junio-21	138.5811671	\$ 4,218.12	\$ 4,783.56
111	julio-21	138.938246	\$ 4,976.94	\$ 5,658.60
112	agosto-21	139.2953249	\$ 12,646.92	\$ 14,415.97
113	septiembre-21	139.6524038	\$ 19,446.50	\$ 22,223.36
114	octubre-21	140.0094827	\$ 33,730.08	\$ 38,644.87
115	noviembre-21	140.3665616	\$ 48,727.84	\$ 55,969.96
116	diciembre-21	140.7236405	\$ 63,242.05	\$ 72,825.64
117	enero-22	141.0807194	\$ 89,569.96	\$ 103,404.30
118	febrero-22	141.4377983	\$ 93,840.16	\$ 108,607.55
119	marzo-22	141.7948772	\$ 96,972.13	\$ 112,515.02
120	abril-22	142.1519561	\$ 87,531.58	\$ 102,700.67
121	mayo-22	143.7466769	\$ 63,242.05	\$ 74,393.49
122	junio-22	144.1180225	\$ 50,766.23	\$ 59,871.69
123	julio-22	144.4893681	\$ 31,550.35	\$ 37,304.87
124	agosto-22	144.8607137	\$ 21,217.07	\$ 25,151.20
125	septiembre-22	145.2320593	\$ 12,237.76	\$ 14,544.01
126	octubre-22	145.6034049	\$ 5,929.17	\$ 7,064.52
127	noviembre-22	145.9747504	\$ 4,076.77	\$ 4,869.77
Totales			\$ 743,921.68	\$ 864,949.06
Monto por Escalación			\$ 121,027.38	Erogación Escalada - Erogación Estimada
%Global de Escalación Estimada con Erogaciones				16.2688%

Tabla 26. Escalamiento de costos en función de tiempo e inflación.

Fuente: *Elaboración propia con bases del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, 2013.*

Como puede observarse en la tabla 26, se presenta una discrepancia de más de 120 mil pesos debido a la inflación del país durante la ejecución del proyecto, esto representa más del 16% del valor original del estimado de costos e impacta directamente en la toma de decisiones del cliente y los respectivos patrocinadores del proyecto, pues permite tener un

panorama más claro y apegado al movimiento de capital real respecto a la inversión requerida en función del transcurso del tiempo.

Gracias a estos estudios es posible manejar con mayor facilidad el flujo de capital en el proyecto, pues es común pensar que para iniciar con el mismo es necesario contar con la suma total implicada, para administrarlo a lo largo de este, sin embargo, gracias a la calendarización de erogaciones, es posible prever la cantidad aproximada de dinero requerida en cada etapa o periodo permitiendo a los inversionistas programar sus salidas de efectivo sin necesidad de descapitalizarse completamente.

Como se ha mencionado anteriormente, la realización de un estimado de costos de esta clase requiere información específica del proceso como lo es una requisición de equipos principales, estimaciones volumétricas de equipos requeridos, diagrama de bloques, diagrama de distribución en planta (LAYOUT. Anexo A) y diagrama de flujo de proceso (DFP. Anexo B), que generarán la mayor cantidad de precisión en el estimado.

5.4 Actualización de utilidades.

Una vez obtenida la estimación de costos del proyecto, también es importante evaluar las ganancias esperadas del mismo, suponer casos de estudio apegados a la realidad y mostrar el movimiento de las utilidades generadas, esto con la finalidad de demostrar la factibilidad económica del mismo.

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, uno de los principales factores que han impulsado el deseo de crecimiento de la empresa Nueve Ojos, es el deseo de expansión y posicionamiento de sus productos en el mercado local y nacional, y para alcanzar este objetivo es necesario contar con la capacidad productiva suficiente para abastecer a nuevos clientes y mercados.

Sin embargo, es importante que este proceso de crecimiento rinda cuentas favorables para el cliente, que, claramente pretende ver el incremento de sus utilidades de manera sustancial con respecto a la inversión requerida por este proyecto.

Es por ello que se procede a calcular las utilidades esperadas del proyecto estableciendo una producción semanal constante considerando la percepción de 5 clientes potenciales y su consumo semanal esperado, sumado a la actual producción con la cartera de clientes que se ha estado manejando.

Cabe mencionar que esto es tan solo un caso hipotético con el escenario más probable previsto en conjunto con el cliente y con un volumen productivo del 76.68% de la capacidad máxima de la planta por lote, por lo que se cuenta con una holgura de más de 20% para permitir la percepción de nuevos clientes. Estos datos son presentados a continuación en la tabla número 27.

Pedidos por semana Pale Ale (cajas)								
Cliente	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
1	2	2	2	1	1	2	3	2
2	1	2	1	2	2	1	2	2
3	1	2	2	2	3	2	2	3
4	2	1	2	3	1	2	1	2
5	3	2	3	2	2	2	2	2
6	1	2	2	3	1	2	2	2
7	2	2	3	3	3	3	3	3
8	2	2	2	2	3	2	2	3
9	2	2	2	3	2	2	2	3
10	2	2	3	3	3	3	3	2
11	2	3	3	2	3	3	2	3
Total (cajas)	20	22	25	26	24	24	24	27
Total (litros)	170.4	187.44	213	221.52	204.48	204.48	204.48	230.04
Lotes/semana	0.568	0.6248	0.71	0.7384	0.6816	0.6816	0.6816	0.7668
Costo de producción	\$6,830.40	\$7,513.44	\$8,538.00	\$8,879.52	\$8,196.48	\$8,196.48	\$8,196.48	\$9,221.04
Venta	\$14,400.00	\$15,840.00	\$18,000.00	\$ 8,720.00	\$17,280.00	\$17,280.00	\$17,280.00	\$19,440.00
Utilidades semanales	\$7,569.60	\$8,326.56	\$9,462.00	\$9,840.48	\$9,083.52	\$9,083.52	\$9,083.52	\$10,218.96

Tabla 27. Predicción de utilidades esperadas.

Fuente: *Elaboración y estimación propia.*

Como se menciona en la descripción de la tabla 25, ésta solamente indica el valor estimado con la adición de los primeros 5 clientes nuevos a la cartera de clientes locales con una demanda regular. También debe considerarse que además de operar al 76% por lote, y contar con un 24% de holgura para incremento de producción, este escenario solamente requiere un día por semana de operación de planta para el caso de la cerveza Pale Ale.

Estos datos significan que el proceso general estaría trabajando a un 12.7% de su capacidad máxima, bajo la consideración laboral de un turno de 8 horas por día y 6 días por semana, lo que nos ofrece una capacidad productiva máxima de 1,800 litros por semana, para lo cual

se vuelve completamente necesaria la adquisición de 4 fermentadores adicionales de 350 litros con la finalidad de contener la producción máxima para su futura fermentación y envasado.

De acuerdo con la utilidad generada semanalmente bajo el esquema de producción planteado en la tabla 25 para los primeros 8 meses después de la implementación, se percibirán en promedio \$9,083.52 MXN (Nueve mil ochenta y tres pesos con cincuenta y dos centavos) semanalmente, es decir, \$472,343.04 MXN anuales en utilidades.

5.5 Cálculo de VAN, Tasa de descuento y TIR

Se debe considerar que a los ojos de un inversionista es importante saber el cálculo de las utilidades esperadas de un proyecto, sin embargo, es aún más importante conocer el valor que tiene el día de hoy, aquellas utilidades que serán recibidas en un tiempo futuro, pues como es de saberse, el capital futuro siempre tendrá un valor menor que el capital actual debido a los riesgos que esto representa.

Esta actualización del valor que se espera recibir en un futuro al tiempo actual se le conoce como valor actual neto o VAN y se estima mediante una tasa de descuento definida con base en los riesgos futuros como la inflación, que merma el valor del dinero futuro (Rocabert, 2007).

Para este caso de estudio se toma una tasa de descuento del 12% y un flujo neto de efectivo (utilidades) total de tres periodos futuros anuales mostrados en la tabla 26, de donde se obtiene un VAN de \$668,236.16 MXN bajo la ecuación 21.

Ecuación 21. Fórmula estimación de VAN (Valencia, 2011)

$$VAN = I_0 + \sum_i^n \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

Este valor obtenido de primera instancia refleja un parámetro positivo para la toma de decisión por parte de los inversionistas del proyecto, sin embargo también se vuelve necesario estimar la tasa interna de Retorno o TIR, la cual nos indica el valor máximo de tasa de descuento permitida por el proyecto y toma como base una TMAR (Tasa mínima de aceptación de rendimiento) establecida por el cliente, del 12%, es decir que, si la TIR es superior a la TMAR, el proyecto se considera viable económicamente, estos resultados son mostrados en la tabla 28.

Como es sabido, la TIR es el valor de interés que hace que el VAN sea igual a cero. Por ello la TIR se evalúa mediante la ecuación 21, tomando un valor de s igual a TIR y despejando el valor de la TIR de la ecuación. Para este caso hacemos uso de la fórmula TIR de Excel para facilitar la estimación de este valor como se muestra en la tabla 28.

Estimación de VAN y TIR	
Tasa de descuento	12%
Año 0	-\$864,949.06
Año 1	\$ 492,024.00
Año 2	\$ 615,030.00
Año 3	\$ 768,787.50
VAN	\$668,236.17
TIR	46.677%

Tabla 28. Estimación de TIR y VAN bajo una tasa de descuento del 12%.

Fuente: *Elaboración propia.*

Como puede observarse, el valor de la TIR es de 46.667% y mejora al mínimo establecido por la TMAR del 12%, por lo que se considera un proyecto económicamente viable.

Otra forma de mostrar el cálculo de la TIR es mediante el método gráfico que consiste en tabular valores de tasa de retorno entre 0 y 100% y estimar el VAN respectivo de cada valor (tabla 29). Al graficar estos datos se obtiene una pendiente representada con la tasa de descuento en el eje de la abscisa y el VAN en el eje de la ordenada.

La intersección de la pendiente sobre el eje “x” con un VAN igual a cero representa a la Tasa Interna de Retorno (TIR), como lo muestra la figura 21.

Tasa de descuento	VAN
0.00%	\$1,010,892.44
10.00%	\$668,236.17
20.00%	\$417,075.28
30.00%	\$227,380.05
40.00%	\$80,457.84
46.68%	\$0.00
50.00%	-\$35,797.50
60.00%	-\$129,495.71
70.00%	-\$206,229.77

Tabla 29. Tabulación de VAN respecto a Tasa de Retorno variable para estimación de TIR

Fuente: *Elaboración propia.*

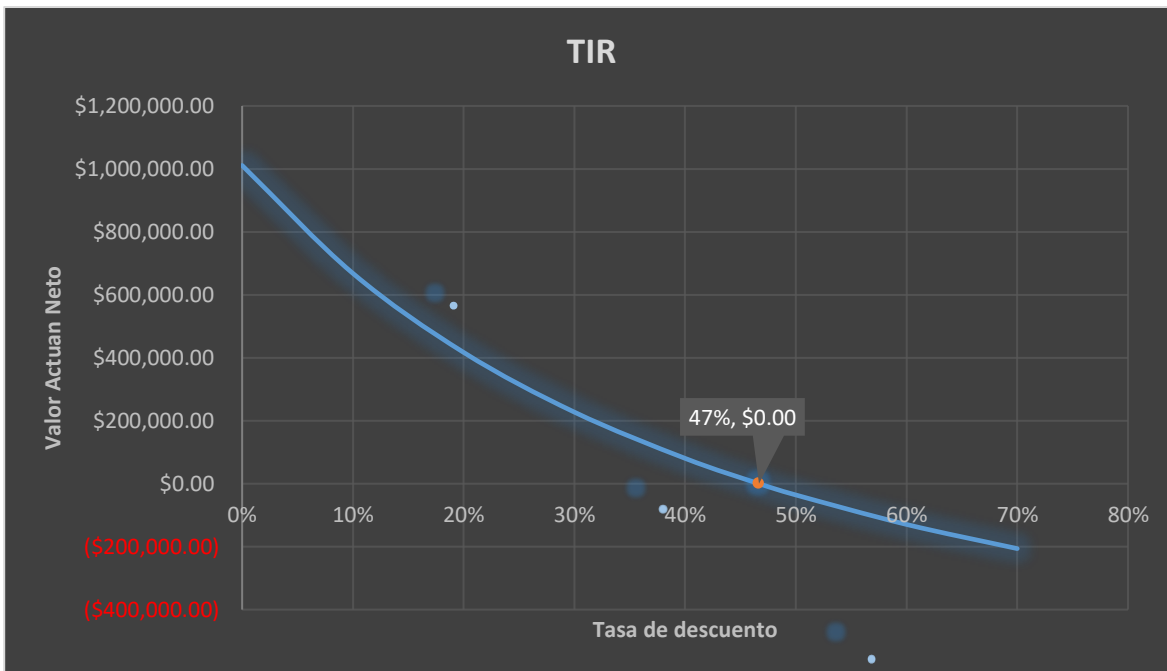


Figura 21. Estimación de TIR por método gráfico.

Fuente: *Elaboración propia.*

Bajo este método de estimación de la TIR, no solamente se permite observar el punto crítico de decisión donde se ubica la TIR, si no relacionar las tolerancias soportadas por el proyecto respecto a la tasa de descuento y su respectivo VAN.

Con esto se puede evaluar posibles escenarios futuros considerando que estos cálculos son realizados con base en un estimado de costos clase III con escalamiento en el tiempo programado con respecto a los periodos de erogación. Por ejemplo, en caso de que la tasa de descuento sufra un ajuste por parte del cliente o el país prevea una inflación mayor a la considerada para este cálculo, bastará con identificar la nueva tasa de descuento y extrapolarla hacia la curva para identificar el valor actual neto para el nuevo caso.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los seis capítulos abordados en el presente proyecto de la mano con Cervecera Artesanal Nueve Ojos de Chignahuapan, Puebla, se generan las siguientes conclusiones respecto a los diferentes ejes abordados, desde un aspecto técnico, económico y tecnológico para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

1. El proyecto es viable técnicamente de acuerdo con la metodología de proceso establecida por el cliente, haciendo uso de un escalamiento de producción adecuado para el volumen de procesamiento deseado tanto para la especie Pale Ale como para la especie Porter, cuyo Diagrama de Flujo de Proceso y Plano de distribución en planta pueden apreciarse en el anexo A y B con mayor detalle.

Además de ser un proyecto viable técnicamente para la producción y exploración de cualquier especie de cerveza en una futura implementación o innovación por parte del cliente.

Es importante considerar que el volumen productivo estimado contempla una producción de 300 litros semanales. Sin embargo, esta variable depende directamente del volumen de almacenamiento en fermentación que limita este valor a 300 litros semanales debido a que el producto requiere 14 días de fermentación.

En caso de incrementar el volumen productivo, es viable considerar la adquisición de tanques de fermentación adicionales al dimensionamiento inicial.

Considerando la adquisición de tanques fermentadores adicionales, el volumen máximo de producción se mantendrá en 1,800 litros semanales considerando jornadas laborales de 8 horas por 6 días a la semana.

2. La implementación de software para facilitar el manejo de la producción resulta viable tanto económica como tecnológicamente, debido a la libre licencia del software, la práctica interfaz de diseño y la posibilidad de capacitar el personal de la planta mediante video tutoriales oficiales del producto en línea.

Con esto se espera reducir la desviación de los parámetros organolépticos de la cerveza, facilitar la medición de los mismos de manera objetiva con la ayuda de los parámetros de la plataforma tecnológica (% de Alcohol en volumen, Grados IBU, coloración, ácidos alfa presentes por especie de lúpulo, atenuación de alcohol esperada, etc.) además de facilitar la futura implementación de normativas de calidad alimenticia.

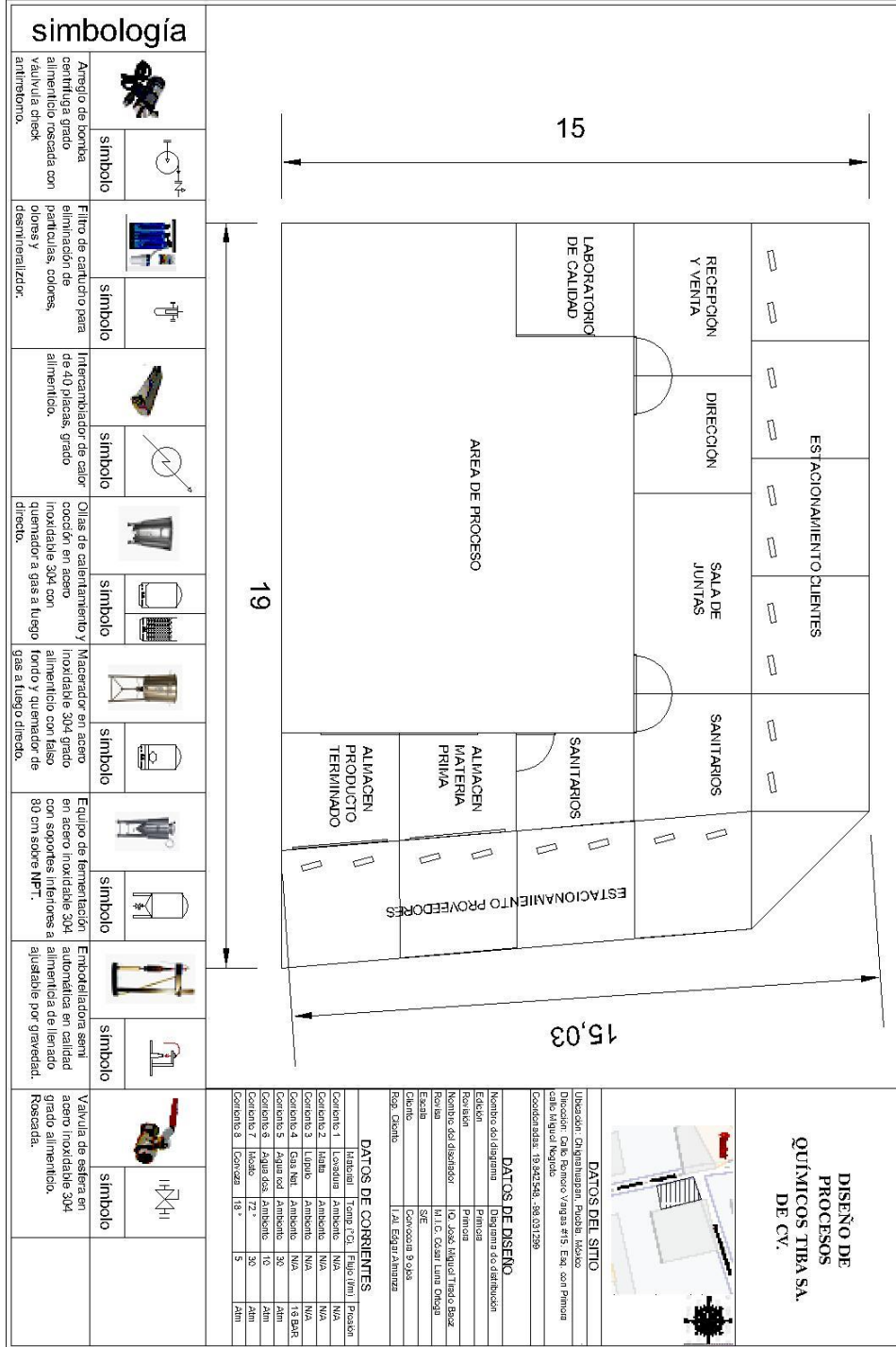
3. Económicamente, el proyecto aprueba los parámetros de toma de decisión de forma contundente, obteniendo un VAN de \$668,236.17 MXN y una TIR del 47% en contra de la TMAR requerida del 12% por parte del cliente e inversionistas.

El estimado de costos de clase III realizado para el presente proyecto, agregando los respectivos costos por escalamiento en los periodos de erogaciones programados otorga un costo de inversión de \$864,949.06 MXN y se prevén ganancias anuales de \$ 492,024.00 MXN con un incremento constante del 25% en los primeros 3 periodos anuales post implementación del proyecto, alcanzando utilidades de \$768,787.50 MXN en el último de estos.

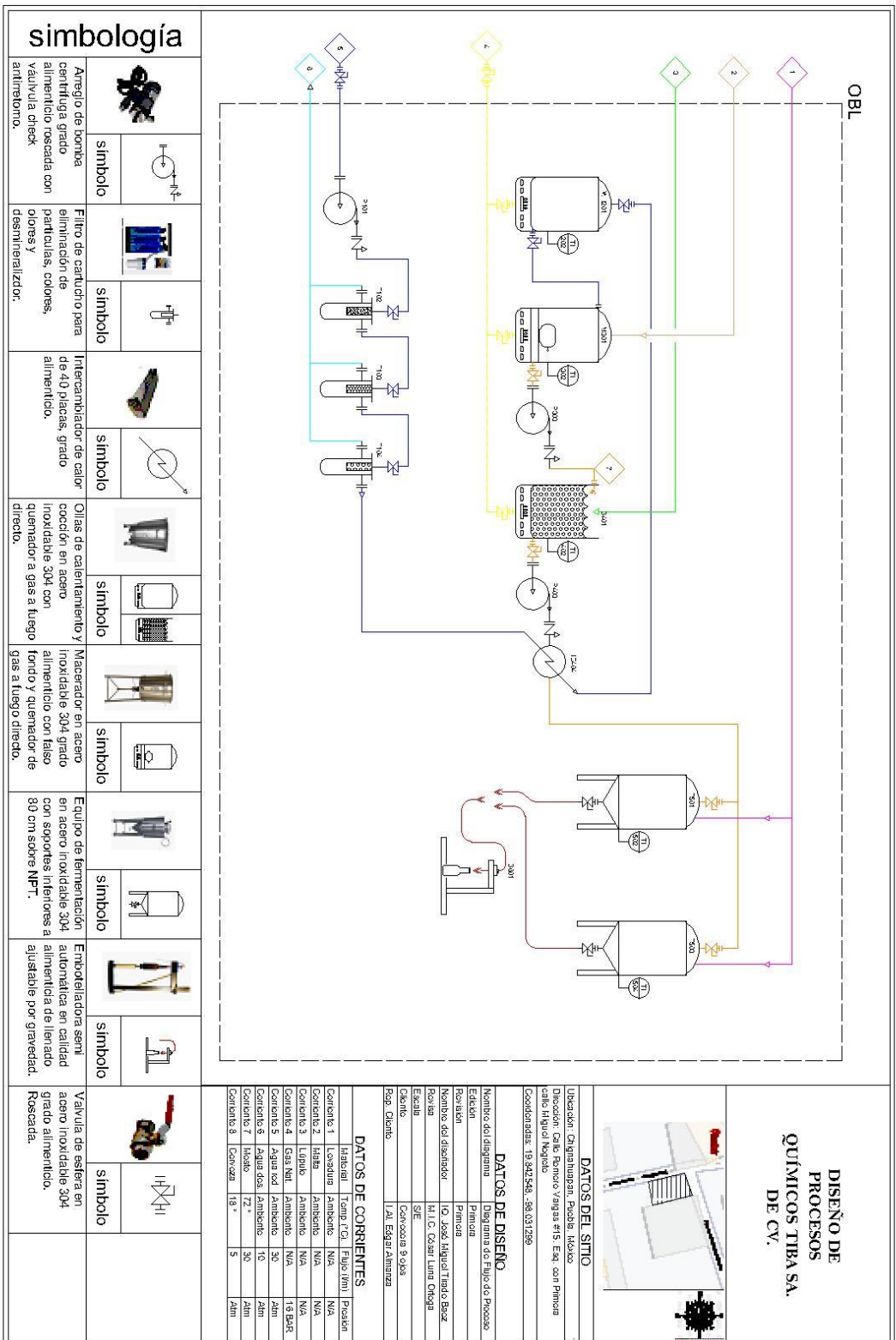
Como puede observarse en los tres vértices evaluados, el presente proyecto de escalamiento de la producción en una micro planta de cerveza artesanal, resulta viable y sumamente favorable para su pronta implementación considerando todos los puntos evaluados respecto a las buenas prácticas en la gestión de proyectos, así como el Sistema Integral de desarrollo de proyectos y el Project Management Institute (PMI) según su libro A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). De donde se retoman los módulos de gestión de costos, desarrollo de ingenierías, gestión de riesgos e implementación de plataformas tecnológicas en la gestión de proyectos; conocimientos gracias a los cuales el desarrollo y buen término del presente se ha vuelto un elemento materializado.

ANEXOS

A. Diagrama de distribución en planta (LAYOUT)



B. Diagrama de Flujo de Proceso (DFP)



BIBLIOGRAFÍA

1. Webb, T. (2013). Atlas Mundial De La Cerveza (1o ed.). Blume (Naturart).
2. Jackson, M., & Arias, A. R. (1994). El libro de la cerveza. Blume.
3. Corominas, J., & Pascual, J. A. (1991). Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico. Gredos.
4. Acosta, B. (15 de junio de 2015). Cerveza artesanal, el «boom» invisible en México. *Animal político*. <https://www.animalpolitico.com/2015/06/cerveza-artesanal-el-boom-invisible-en-mexico/>.
6. Rocabert, J. P. (2007). Los criterios valor actual neto y tasa interna de rendimiento. E-Publica-Revista Electrónica Sobre La Enseñanza de La Economía Pública.
7. Valencia, W. A. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: el valor actual neto (van) o el valor económico agregado (eva). Industrial data. E-publica-Revista Electrónica Sobre La Enseñanza de La Economía Pública.
8. Project Management Institute. (2008). A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (Pmbok Guide) (4 Original ed.). Project Management Inst.
9. Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos PEMEX. (2013). Manual del Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos (Primera edición). PEMEX.

Referencias bibliográficas.

10. CRE (2021). Índices de Referencia de Precios de Gas Natural. <https://www.cre.qob.mx/IPGN/>.
11. Maltosa (2017) Consejos de elaboración de cerveza artesanal. [Figura]. Recuperado de: <https://maltosaa.com.mx/consejos-elaboracion-de-cerveza-artesanal/>.
12. ACERMEX (2017). Apertura de cervecerías por año. [Figura]. Recuperado de: https://acermex.org/wp-content/uploads/2018/09/industria_cerveza_artesanal_16-17.pdf.