

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A TRAVÉS DE LA
EVALUACIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN PRODUCTOS
PROCESADOS DEL SECTOR ALIMENTOS EN LA PROVINCIA DE
PICHINCHA**

**PROPUESTA DE MEJORA DE REDUCCIÓN DEL IMPACTO
AMBIENTAL, A PARTIR DE LA CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA
DE CARBONO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS
DEL CICLO DE VIDA PARA EL ADEREZO DE SALSA DE TOMATE
EN LA EMPRESA “REY SABOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN**

FARINANGO GUZMÁN RAQUEL NOEMI

raquel.farinango@epn.edu.ec

DIRECTOR: ANTONIO ALEXANDER FRANCO CRESPO

antonio.franco@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2023

CERTIFICACIONES

Yo, RAQUEL NOEMI FARINANGO GUZMÁN declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

RAQUEL NOEMI FARINANGO GUZMÁN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por RAQUEL NOEMI FARINANGO GUZMÁN, bajo mi supervisión.

ANTONIO ALEXANDER FRANCO CRESPO
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

RAQUEL NOEMI FARINANGO GUZMÁN

ANTONIO ALEXANDER FRANCO CRESPO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a una mujer valiente a quien quiero honrar su memoria, mi hermana Febita. Gracias por enseñarme fortaleza, valentía, bondad y amor en los momentos difíciles; me mostraste que esta vida es hermosa aun cuando hay dolor; eres mi inspiración para utilizar la ciencia al servicio de la humanidad y, aun cuando ya no estás aquí, sigues siendo parte de mi carácter y manera de actuar. Cada triunfo mío, es también el tuyo. Nos vemos en el nuestro bello hogar más allá del sol, te amo con todo mi corazón Febita.

A mis padres Laurita y Patricio, por su apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida y, especialmente, durante mi tiempo en la universidad, deseo dedicar este logro a ambos porque sus enseñanzas, amor y sacrificio han sido la piedra angular de mi éxito académico y personal, su guía constante me ha impulsado a perseguir mis metas con determinación y responsabilidad.

A mi leal compañera de cuatro patitas, Kimy. Tú has sido testigo de mis momentos de estudio incansable, mis alegrías, mis frustraciones y mi crecimiento como estudiante.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios principalmente, por darme la oportunidad de formarme académicamente en esta universidad, así como por darme la fortaleza para superar cada desafío. Tu gracia me ha sostenido en cada momento y me recuerdas que de ti procede la grandeza y el honor y que ni lo presente, ni lo por venir podrá apartarme de ti.

A mis padres Laurita y Patricio; su amor, sacrificio y confianza en mí son una de las razones más grandes por las que he llegado hasta aquí. Gracias por siempre estar ahí para alentarme, por sus consejos sabios, y por su apoyo incondicional a mis decisiones. Compartir este viaje con ustedes ha sido un regalo invaluable, y sé que puedo contar con su apoyo en cada etapa de la vida.

A los mejores hermanos del mundo, Daysita, Wilmita, Criss, Pao, Jenny, Marce, Josu porque cada uno de ustedes han sido una fuente inagotable de amor, ánimo, risas y buenas experiencias; han enriquecido mi vida de maneras inimaginables, y siempre estaré agradecida por tenerlos como familia, y más aún como amigos.

A mis sobrinitos Samu, Nain, Febita, Cami, Benja, Becky, Mike, Abby, por llenar mi vida de sonrisas y ocurrencias.

A mis amigos, Pauli, Mile, Bryan, Miry, y Cris, con quienes he compartido momentos inolvidables dentro y fuera de las aulas de clase.

A Criss, mi mejor amigo y ahora compañero de aventuras. Gracias por tu apoyo constante mientras estudiamos, por darme fuerza cuando sentía que una materia se ponía difícil, por tu lealtad en cada paso que he dado, y tu disposición para enfrentar cada desafío a mi lado.

A los profesores que aportaron con su conocimiento para mi desarrollo académico, maestros quienes inspiran a buscar la excelencia, y que dejaron una huella y referente de lo que busco ser en el futuro.

A la empresa REY SABOR, por su ayuda y colaboración por parte de todos sus trabajadores y colaboradores, principalmente del Sr. René Gayñay, quien gentilmente me permitieron el desarrollo del presente trabajo de integración curricular, además de permitir conocer sus procesos de manufactura logrando un enriquecimiento a nivel profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
La agroindustria	3
Impacto ambiental de las actividades productivas.....	4
Gases de efecto invernadero.....	5
Huella de carbono.....	7
Ingeniería verde.....	12
2 METODOLOGÍA.....	15
2.1 Enfoque de la investigación	15
2.2 Tipo de Investigación	15
2.3 Método y alcance de la investigación.....	16
2.4 Diseño de la investigación.....	16
2.5 Fuentes de información.....	16
2.6 Técnica de recolección de datos.....	17
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	18
3.1 Resultados	18
FASE I: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE	18
FASE II: ANÁLISIS DE INVENTARIO.....	24
FASE III: EVALUACIÓN DEL IMPACTO.....	32
FASE IV: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
PLAN DE MEJORA PARA PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA FABRICACIÓN DEL ADEREZO DE SALSA DE TOMATE.....	52
3.2 Conclusiones.....	60

3.3	Recomendaciones.....	62
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
5	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Principales Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	5
Tabla 2.	Potenciales de Calentamiento Global (PCG) relativos a CO ₂ por el horizonte temporal de 100 años.....	6
Tabla 3.	Etapas del Ciclo de Vida	21
Tabla 4.	Materia prima mezcla (A)	21
Tabla 5.	Materia para mezcla (B): Sólidos.....	22
Tabla 6.	Materia para mezcla (C).....	22
Tabla 7.	Fuentes de emisión de CO ₂ asociadas a la fabricación de aderezo de salsa de tomate	24
Tabla 8.	Composición de la salsa de tomate REY SABOR.....	25
Tabla 9.	Distancia de transporte de materias primas	26
Tabla 10.	Distancia recorrida para adquisición de insumos	26
Tabla 11.	Recorrido realizado por la pasta de tomate.....	27
Tabla 12:	Recorrido de almidón de maíz.....	27
Tabla 13.	Consumo de energía en cada etapa del proceso (kW*h).....	29
Tabla 14.	Especificaciones de caldero pirotubular para obtención de energía útil generada.....	30
Tabla 15.	Resumen de consumo de combustible.....	31
Tabla 16.	Salidas del proceso productivo.....	32
Tabla 17:	Principales materias primas en el aderezo.....	33
Tabla 18:	Factores de emisión (FE) de agua y vinagre.....	34
Tabla 19.	Resumen de Factores de emisión.....	35
Tabla 20.	Emisiones de CO ₂ equivalente en la producción de MP.....	35
Tabla 21.	Emisiones de CO ₂ de insumos de envasado.....	36
Tabla 22.	Resumen de CO ₂ eq. en adquisición de MP.....	38
Tabla 23.	CO ₂ equivalente de transporte por importación de almidón de maíz. ...	39
Tabla 24.	CO ₂ equivalente de transporte en importación de pasta de tomate.....	40
Tabla 25.	Resumen de emisiones de CO ₂ por transporte nacional e internacional de materias primas.....	40
Tabla 26.	Resumen de emisiones de CO ₂ por consumo de electricidad	41
Tabla 27.	Resumen de huella de carbono por uso de combustibles.	42
Tabla 28.	Emisiones de CO ₂ residuos orgánicos.....	43
Tabla 29.	Emisiones de residuos de embalaje y retractilado.....	44
Tabla 30.	Resumen de emisiones por generación de residuos.....	44
Tabla 31.	Resumen participación huella de carbono.....	46
Tabla 32.	Recorrido pasta de tomate	54

Tabla 33. Cuantificación huella de carbono propuesta de mejora.....	54
Tabla 34. CO2 eq. almidón de maíz propuesta de mejora	56
Tabla 35. CO2 eq plan de mejora subsistema consumo de combustible.....	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de eficiencia (%)	29
Ecuación 2: Formula para cálculo de huella de carbono.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de huella de carbono en huella ecológica.....	8
Figura 2. Perspectiva de un Análisis de Ciclo de Vida y fases involucradas.....	10
Figura 3. Alcances del Análisis de Ciclo de Vida.....	11
Figura 4. Fases del Análisis del Ciclo de Vida.....	18
Figura 5. Mapa de procesos del aderezo de salsa de tomate REY SABOR	23
Figura 6: Medio de transporte de MP	37
Figura 7: Calculadora de emisiones CO2 por transporte	37
Figura 8. Calculadora de emisiones por consumo eléctrico.....	41
Figura 9. Calculadora de CO2 por combustibles.....	42
Figura 10. Participación en Huella de carbono subsistema "Producción de Materias" Primas, componentes en mezcla	45
Figura 11. Participación de insumos en Huella de carbono subsistema "Producción de Materias Primas"	46
Figura 12. Participación en Huella de carbono (%) subsistema "Producción de Materias Primas"	47
Figura 13. Adquisición de Materia Prima local "Subsistema Transporte"	48
Figura 14. Participación MP importada "Subsistema Transporte"	48
Figura 15. Contribución a la huella de Carbono subsistema "Transporte"	49
Figura 16. Participación de equipos en HC subsistema "Consumo de Energía Electrica"	50
Figura 17. Participación en generación de HC subsistema "Consumo de Combustible"	50
Figura 18. Contribución en HC subsistema "Generación de Residuos"	51
Figura 19. Participación de subsistemas en la huella de carbono.....	52
Figura 20. Estados con mayor producción de tomate en México	53
Figura 21. kg CO2 eq. Actual vs Propuesta de mejora	55
Figura 22. kg CO2 equivalentes Almidón de maíz	56
Figura 23. kg CO2 eq.....	57
Figura 24. Huella de carbono subsistema "Consumo combustible"	59
Figura 25. Huella de carbono de escenario actual vs escenario con plan de mejora	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. GUIA DE OBSERVACIÓN PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	67
ANEXO II. DOCE PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA VERDE	69
ANEXO III. ETAPA 1: RECEPCION DE MATERIA PRIMA	69
ANEXO IV. ETAPA 2: DOSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	70
ANEXO V. TABLA DE COMPOSICIÓN DE SALSA DE TOMATE PARA UN LOTE DE PRODUCCIÓN.	70
ANEXO VI. ETAPA 3: MEZCLA (A), (B), (C).....	71
ANEXO VII. ETAPA 4: COCCIÓN.....	71
ANEXO VIII: ETAPA 5: VERIFICACIÓN DE ESPECIFICACIONES.....	72
ANEXO IX. ETAPA 6: ENVASADO Y ETIQUETADO	72
ANEXO X. PRODUCTO FINAL ADEREZO DE SALSA DE TOMATE.....	73
ANEXO XI. ANÁLISIS DE LABORATORIO COMPOSICIÓN DE SALSA DE TOMATE ...	74
ANEXO XII. ETAPA 7: ALMACENAMIENTO	75
ANEXO XIII. ETAPA 8: DESPACHO Y DISTRIBUCIÓN	75
ANEXO XIV. DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIA Y ENERGÍA.....	76
ANEXO XV. FICHA TÉCNICA ENVASE PARA SALSA	77
ANEXO XVI. CALDERO PIROTUBULAR DE 2 PASOS	78
ANEXO XVII. TOLVA.....	78
ANEXO XVIII. MARMITA	79
ANEXO XIX. REGISTRO DE DESPACHO DE SALSAS.....	80

RESUMEN

En un entorno empresarial cada vez más consciente acerca de la importancia de la sostenibilidad ambiental, la cuantificación de la huella de carbono es uno de los principales temas de interés. El presente trabajo está enfocado en la cuantificación de la huella de carbono generada por los procesos productivos relacionados con la fabricación del aderezo de salsa de tomate en una empresa ubicada en Distrito Metropolitano de Quito, a través del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), el cual permite determinar cuantitativamente la cantidad de CO₂ equivalente en los subsistemas producción de materias primas e insumos, transporte, consumo de energía eléctrica, consumo de combustibles y generación de residuos; y en base a estos resultados, poder tomar decisiones para mejorar los procesos productivos de forma que sean más sostenibles. En la primera fase, se definió los objetivos y alcance del estudio de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida y se realizó la caracterización de los procesos. En la segunda fase, se realizó un inventario de entradas y salidas de materias primas, recursos energéticos, medios de transporte. En la tercera fase, se realizó la evaluación del impacto, donde se calcula las emisiones generadas por la actividad para convertirlas en indicadores de impacto ambiental. En la última fase, se realizó la interpretación de resultados y se propuso un plan de mejora sustentado en los principios de la ingeniería Verde y en mejores prácticas para la gestión de la huella de carbono.

PALABRAS CLAVE: Huella de Carbono, Análisis de Ciclo de Vida, Agroindustria, Ingeniería Verde, Salsa de Tomate, Gases de Efecto Invernadero

ABSTRACT

In a business environment that is increasingly aware of the importance of environmental sustainability, the quantification of the carbon footprint is one of the main topics of interest. The present work is focused on the quantification of the carbon footprint generated by the productive processes related to the manufacture of tomato sauce dressing in a company located in the Metropolitan District of Quito, through the Life Cycle Analysis (ACV) , which makes it possible to quantitatively determine the amount of CO₂ equivalent in the subsystems of production of raw materials and inputs, transportation, electricity consumption, fuel consumption, and waste generation. Based on these results, to be able to make decisions to improve production processes so that they are more sustainable. In the first phase, the objectives and scope of the study were defined according to the limits of the system, the functional unit and the flows within the life cycle and the characterization of the processes was carried out. In the second phase, an inventory of inputs and outputs of raw materials, energy resources, means of transport was carried out. In the third phase, the impact assessment was carried out, where the emissions generated by the activity are calculated to convert them into environmental impact indicators. In the last phase, the results were interpreted, and an improvement plan based on the principles of Green Engineering and best practices for carbon footprint management was proposed.

KEYWORDS: Carbon Footprint, Life Cycle Assessment, Agroindustry, Green Engineering, Tomato Sauce, Greenhouse Gases.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE

El sector agroindustrial tiene gran influencia dentro de la economía a nivel mundial, especialmente en los países emergentes (Martínez & García, 2016). En Ecuador, el sector agroindustrial es un importante motor dentro de la estructura productiva nacional, ya que según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2017), esta aporta aproximadamente el 11% de empleos en el país. Esta industria permite transformar materias primas agrícolas en productos con valor añadido, generando al mismo tiempo ingresos y oportunidades de empleo (INEC, 2017).

En los últimos años este sector ha seguido creciendo de manera significativa. De acuerdo con los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) en el 2021, este sector tuvo una participación del 45% de la actividad manufacturera y se clasifica en 2 grupos, producción de alimentos y bebidas (Mucho Mejor Ecuador, 2022). La manufactura de alimentos como lácteos y derivados, aceites y grasas, azúcar, molinería y derivados de almidones, panadería, preparaciones de pescado y carne y crustáceos y otros productos alimenticios (salsas, condimentos, sopas, extractos, confitería) conforman las categorías más representativas del país (Corporación Financiera Nacional, 2017).

A pesar de su impacto positivo en la economía nacional, la producción de alimentos lleva consigo impactos negativos al ambiente (Universidad Cesuma, 2022).

Un estudio de la Universidad Cesuma (2022) establece que

(...) La producción masiva de alimentos conlleva una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Ozono (O₃), clorofluorocarburos (CFC), y otros gases de efecto invernadero GEI que contribuyen a la degradación ambiental y transgresión de los límites planetarios (Universidad Cesuma, 2022).

Reconociendo la necesidad de desarrollar industrias con responsabilidad ambiental, el presente trabajo tiene el objetivo de analizar y cuantificar la huella de carbono asociada al proceso de fabricación del aderezo de salsa de tomate de la empresa REY SABOR, a través del uso de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV), con el fin de establecer mejoras para reducir el impacto ambiental generado por la fabricación del producto.

1.1 Objetivo general

Analizar el impacto ambiental generado por los procesos en la fabricación del aderezo de salsa de tomate en la empresa REY SABOR, mediante la cuantificación de su huella de carbono a través de la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV), orientado a la

identificación de áreas críticas y la propuesta de un plan de mejora que permita reducir su impacto ambiental, mediante la gestión responsable de los recursos y/o procesos.

1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los procesos productivos de la empresa que intervienen en la fabricación del producto A, incluyendo los flujos de materia y energía involucrados.
2. Cuantificar la huella de carbono generada por la fabricación del producto utilizando la metodología del análisis del ciclo de vida del producto, considerando los efectos en el impacto ambiental.
3. Elaborar una propuesta de mejora a los procesos productivos o producto identificados a partir de los principios de la ingeniería sostenible.

1.3 Alcance

El presente trabajo, se enfocó en cuantificar la huella de carbono generado por los procesos productivos involucrados en la fabricación del aderezo de salsa de tomate del sector de alimentos en la provincia de Pichincha, en la empresa REY SABOR, utilizando la metodología del análisis de la huella de carbono del producto con el propósito de reducir el impacto ambiental. Se ha escogido el sector de alimentos por ser uno de los más importantes en la provincia, en cuanto a pequeñas y medianas empresas.

La huella de carbono es un requisito necesario para ingresar a varios mercados internacionales, donde se considera el factor ambiental como uno importante en la decisión de los consumidores (Carballo et al., 2008). Por lo tanto, reducir la huella de carbono de los productos alimenticios procesados en la provincia de Pichincha no solo es una responsabilidad social empresarial, sino también una estrategia rentable, ya que, permitirá optimizar recursos, minimizar los costos a largo plazo y mejorar la imagen empresarial ante sus clientes.

Inicialmente se seleccionó la organización a estudiar, tomando en cuenta criterios como: ser una empresa agroindustrial, estar dentro de la provincia de Pichincha, estar dispuesta a compartir sus datos y a colaborar con el estudio. Con ello se analizó la situación actual de la organización y sus procesos involucrados en la fabricación del aderezo de salsa de tomate. Posteriormente, se recolectó información in situ y/o a través de documentos de la organización sobre flujos de materia y energía, la cual permitió estimar el cálculo de la huella de carbono inicial. Una vez analizados los datos se interpretó la información para proponer un plan de mejora en el/los procesos, el cual refleje la disminución del impacto

ambiental, en base a los principios de la ingeniería verde y la huella de carbono el cual fue propuesto a la organización y su implementación quedó a decisión de esta.

1.4 Marco teórico

La agroindustria

La población mundial está en constante crecimiento; en el mundo nacen alrededor de 372960 personas cada día y mueren 155520 (Banco Mundial, 2021), es decir, por cada muerte existe una tasa de natalidad de 2,39, esto hace que sea necesario producir cada vez más alimentos; volviendo indispensable al sector industrial.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) establece que (FAO, 2010):

(...) la agroindustria constituye un medio para transformar materias primas agrícolas en productos con valor añadido generando al mismo tiempo ingresos y oportunidades de empleo y contribuyendo al desarrollo económico global tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (FAO, 2010).

La Agroindustria hace referencia a una serie de actividades a través de las cuales se transforman materias primas provenientes de la agricultura, ganadería, acuicultura o silvicultura en productos semielaborados o elaborados mediante la aplicación de procesos fisicoquímicos (Leibovich et al., 2010)

Esta industria desempeña un papel crucial en el desarrollo económico de los países al aprovechar la abundancia de materias primas y convertirlas en productos con un mayor valor añadido (Jácome et al., 2010). De acuerdo con Cortés & Elkin (2007), la agroindustria es esencial para estimular el crecimiento del sector manufacturero como fuente de exportación, y garantizar la seguridad alimentaria y nutricional (Cortés & Elkin, 2007).

A través de los años, este sector ha experimentado una evolución significativa y se ha convertido en un proceso productivo versátil, abarcando insumos, producción agropecuaria y bienes intermedios, como lo destaca Cortés & Elkin (2007). Debido a la amplitud de este sector, la FAO desarrolló la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas (CIIU), la cual categoriza a las empresas agroindustriales en función de las similitudes de los bienes producidos, tipo de proceso, nivel de transformación, grado de participación de las materias primas en el proceso, formando dos grupos principales,

industrias alimentarias (agroalimentarias) y industria no alimentaria (International Labour Organization, 2023).

La industria alimentaria se caracteriza por fabricar productos aptos para el consumo humano, para las cuales se establece un alto nivel de regularización ya que, está sujeta a normas y estándares estrictos para garantizar la calidad y la seguridad en el consumo de los mismos (Da Silva, 2013); mientras que, las industrias no alimentarias están enfocadas en la fabricación de productos para múltiples propósitos, donde tienen una amplia división debido a la diversidad de usos finales que tienen sus productos, así como los diferentes métodos y operaciones que conducen al producto final, entre los que se incluye balanceados u otros productos de consumo animal (FAO, 2005).

Desde inicios de la década de 1990, se han observado un rápido proceso de agro industrialización de los países en desarrollo, caracterizado por el establecimiento de empresas privadas en una variedad de sectores tanto alimentarios y no alimentarios (Da Silva, 2013)

Actualmente, la agroindustria desempeña un papel central en la dinámica económica nacional. La naturaleza y alcance de la demanda de productos agrícolas con valor añadido constituyen un incentivo para desarrollo de las agroindustrias (Da Silva, 2013). En Ecuador, el sector agroindustrial generó alrededor de 29 mil millones de dólares en ventas en el 2022 como detalla la Cámara de Comercio de Quito (CCQ, 2022). La agro industrialización presenta valiosas oportunidades y beneficios para el Ecuador, en términos de exportaciones; sin embargo, el crecimiento acelerado de las agroindustrias en nuestro país también presenta riesgos en términos de sostenibilidad (Jácome et al., 2010).

Impacto ambiental de las actividades productivas.

Desde la revolución industrial, las actividades de manufactura tanto de empresas grandes como pequeñas han definido gran parte de las interacciones entre la humanidad y el medio ambiente, moldeando significativamente la estructura y, la dinámica social y empresarial. Las actividades industriales, así como las actividades humanas generan un impacto sobre el medio ambiente (Domínguez & Escrig, 2008). La industria de producción de alimentos genera un impacto ambiental significativo dado por su alto consumo de recursos naturales tanto de materia como energía, así como la generación de grandes cantidades de residuos (Gama et al., 2014). El informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), titulado "Agroindustrias para el Desarrollo" en 2013, menciona que la agroindustria contribuye a la contaminación ambiental de múltiples formas, afectando al suelo, agua y aire (FAO, 2013). Esto incluye la liberación de desechos

orgánicos o peligrosos sin previo tratamiento en fuentes de agua, la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como resultado de la transformación de materias primas y el uso de energía en los procesos de producción como: la refrigeración, cocción y el envasado, traslado de materia prima y producto terminado (Gama et al., 2014).

Estos impactos han sido muchos más notorios en las últimas décadas, no solo debido al crecimiento de la producción, sino también debido a la concentración de dicho crecimiento en sectores de alto impacto ambiental (FAO, 2018). Las estadísticas muestran que la producción de alimentos y bebidas contribuye aproximadamente al 30% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Domínguez & Escrig, 2008).

Gases de efecto invernadero

El sector agroindustrial es una de las industrias que influyen en la contaminación del aire dado por la generación excesiva de gases de efecto invernadero (CEPSA, 2015). Los GEI fueron definidos por el Protocolo de Kioto en 1997 como sustancias químicas presentes en la atmósfera de la Tierra que tienen la capacidad de retener el calor, formando una capa en la parte media de la atmósfera, los cuales atrapan la radiación proveniente del sol e impiden que escape de vuelta al espacio, provocando que la temperatura de la Tierra se eleve (Espíndola & Valderrama, 2012). El nombre efecto invernadero proviene de la similitud con las instalaciones utilizados para cultivo de plantas en ambiente cálido, comparando a la atmósfera como una cubierta utilizada para impedir la convección de radiación (EPA, 2023).

Los GEI comprenden una variedad de sustancias, entre los cuales se incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el vapor de agua (H₂O), y otros compuestos, como los halocarbonos (UNFCCC, 2012). Cada uno de estos gases tiene diferentes propiedades en términos de capacidad para atrapar calor y persistencia en la atmósfera (EPA, 2023).

Los principales gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera terrestre pueden ser de origen natural o antropogénico, cuya clasificación es detallada en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales Gases de Efecto Invernadero (GEI).

De origen natural y antropogénico	De origen antropogénico
Vapor de agua (H ₂ O)	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)
Dióxido de carbono (CO ₂)	Hidrofluorocarbonos (HFC's)
Óxido nitroso (N ₂ O)	Perfluorocarbonos (PFC's)
Metano (CH ₄)	
Ozono (O ₃)	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (UNFCCC, 2012).

El rápido incremento de la temperatura a nivel global se deriva de la liberación de estos gases, especialmente de los de origen antropogénico. La capacidad para generar calentamiento global varía de acuerdo con su Potencial de Calentamiento Global (PCG). La Norma ISO 14067 define el Potencial de calentamiento como el “factor de caracterización que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad de base-masa de un GEI en relación con el del dióxido de carbono en un período de tiempo dado” (ISO, 2018), es decir, el PCG tiene por unidad al dióxido de carbono equivalente (CO₂-e)

Tabla 2. Potenciales de Calentamiento Global (PCG) relativos a CO₂ por el horizonte temporal de 100 años.

Denominación industrial o nombre común	Fórmula química	PCG de 100 años horizonte temporal (a la fecha de publicación)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298
Sustancias controladas por el Protocolo de Montreal		
CFC-11	CCl ₃ F	4750
CFC-12	CCl ₂ F ₂	10900
CFC-13	CClF ₃	14400
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	6130
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂	10000
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	7370
Halon-1301	CBrF ₃	7140
Halon-1211	CBrClF ₂	1890
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂	1640
Cloruro de carbono	CCl ₄	1400
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	5
Tricloroetano	CH ₃ CCl ₃	146
HCFC-21	CHCl ₂ F	151

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (ISO, 2018)

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los GEI con menor impacto ambiental. Sin embargo, aunque otros GEI, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), tienen un potencial de calentamiento global (PCG) más alto a corto plazo, el CO₂ tiene un impacto más duradero debido a su vida útil prolongada en la atmósfera (Arroyo & Ramirez, 2020), lo que significa que las emisiones de CO₂ tienen un efecto acumulativo en el aumento de la temperatura global a largo plazo (IDEAM, 2022).

Las emisiones de CO₂ en la industria de alimentos y bebidas están relacionadas con diferentes operaciones unitarias y varían según el tipo de proceso y la tecnología utilizada, entre las cuales se destaca:

- ✓ **Cocción:** La cocción de alimentos, ya sea en estufas de gas, hornos eléctricos o equipos industriales de cocina genera CO₂, al utilizar gas natural o propano como fuente de energía (Inocente Elizabeth et al., 2021).
- ✓ **Uso de maquinaria de procesamiento industrial:** Las máquinas utilizadas en la agroindustria, como mezcladoras, trituradoras, marmitas y equipos de envasado, usualmente funcionan con motores que consumen energía y emiten CO₂ como resultado del uso de combustibles y/o electricidad (Inocente et al., 2021).
- ✓ **Refrigeración y sistemas de enfriamiento:** a lo largo de la cadena de suministro se utilizan sistemas de refrigeración y aire acondicionado para mantener temperaturas controladas (Dirección de Reconversión Ambiental y Tecnológica, 2020).
- ✓ **Transporte:** El transporte de materia prima, insumos, y producto terminado implica el uso de vehículos que utilizan combustibles fósiles como gasolina o diésel, generando emisiones de CO₂ (Marquet et al., 2016).

Cada uno de los procesos involucrados en la fabricación de alimentos conlleva una emisión específica de dióxido de carbono (CO₂), cuya cuantificación se obtiene a través del análisis de la "Huella de Carbono" (Bazan, 1997).

Huella de carbono

En la década de 1990, William Rees y Mathis Wackernagel y otros colaboradores de la Universidad de British Columbia (UBC) introducen el concepto de huella ecológica como una herramienta contable que permite cuantificar el impacto de las actividades industriales sobre el medio ambiente (Wackernagel & Rees, 1996).

La huella de carbono forma parte de un conjunto de huellas ecológicas como, la huella hídrica y la huella del transporte (food miles); siendo la huella de carbono una de las más representativas en función de su impacto directo en el cambio climático ya que, según datos del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en el año 2022, la huella de carbono equivale al 60% del total de participación en la huella ecológica (WWF, 2022).

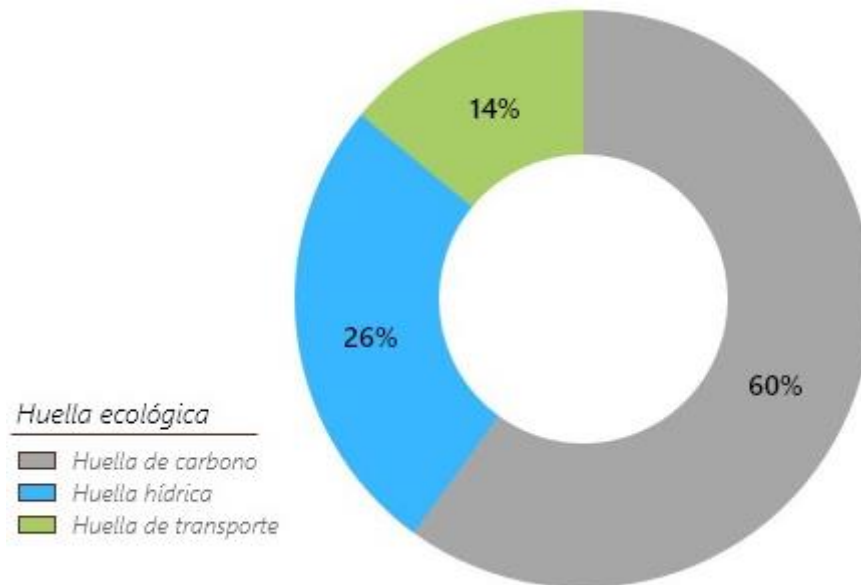


Figura 1. Participación de huella de carbono en huella ecológica.

Fuente: Elaboración propia *a partir de* información tomada de (WWF, 2022)

La Norma ISO 14067 establece a la huella de carbono como la “suma de emisiones de gases de efecto invernadero y remociones en un sistema producto, expresadas como CO2 equivalente y con base en un análisis de ciclo de vida, utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático”(ISO, 2018, p. 6). La huella de carbono es un indicador que permite cuantificar los GEI liberados a la atmósfera como resultado de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2011). Partiendo desde la extracción de las materias primas, procesamiento, distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización, reciclado o desecho) (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018).

Autores como Alicia Frohmann (2013) establecen 3 niveles de cobertura de análisis de emisiones de la huella de carbono

- **Nivel 1:** Incluye las emisiones directas, es decir, aquellas que tienen su origen en fuentes de emisión que pertenecen a la organización y están bajo su control (Frohmann, 2013).
- **Nivel 2:** Se consideran las emisiones indirectas, las cuales están relacionadas con el consumo de energía por parte de la organización, cuyas emisiones se generan por la adquisición y utilización de fuentes de energía provenientes de proveedores

externos, como la electricidad suministrada por la red de distribución o el combustible utilizado en los procesos de producción (Frohmann, 2013).

- **Nivel 3:** Considera emisiones indirectas, así como los aspectos relacionados con los insumos utilizados por la empresa en sus actividades y las emisiones asociadas al ciclo de vida del producto, buscando comprender y gestionar las emisiones que se generan en cada etapa de la cadena productiva, incluyendo la fase de posconsumo y disposición de residuos (Frohmann, 2013).

Dado la importancia de la evaluación de la huella de carbono en la fabricación de productos, la Organización Internacional de Normalización (ISO), desarrollaron las normas ISO 14067:2018, IDT, las cuales establecen directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de productos (ISO, 2018). Esta norma se centra en proporcionar un enfoque estandarizado para evaluar el ciclo de vida de un producto en términos de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO₂), a lo largo de todas las etapas, desde la obtención de materias primas hasta el final de su vida útil (ISO, 2018).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye una serie de pasos para evaluar el efecto medioambiental que un producto, proceso o sistema tiene a lo largo de su ciclo completo, partiendo por la adquisición de las materias primas hasta su disposición final (Puig et al., 1997).

Como menciona Romero (2003) el objetivo principal del ACV es identificar estrategias para la reducción de dichos impactos ocasionados por las emisiones de CO₂ derivados de la fabricación de productos (Romero, 2003). Una característica de esta herramienta es que posee un enfoque holístico, es decir, se fundamenta en el concepto de todas las partes del sistema debe ser analizado de manera conjunta, puesto que ello permitirá obtener resultados fiables (Ihobe, 2009).

Los elementos que se tienen en consideración en el ACV se conocen como entradas o inputs y salidas o también conocidas como outputs (Ihobe, 2009).

- **Inputs/Entradas:** Estos representan todos recursos utilizados en cada etapa o proceso del sistema como materias primas e insumos, partes y productos, transporte, consumo de electricidad y energía en general.
- **Outputs/Salidas:** Aquí se contemplan todas las emisiones liberadas al aire, agua y suelo, junto con los desechos y subproductos generados en cada fase del sistema.

De manera general el ACV se puede ver como la Figura 2.

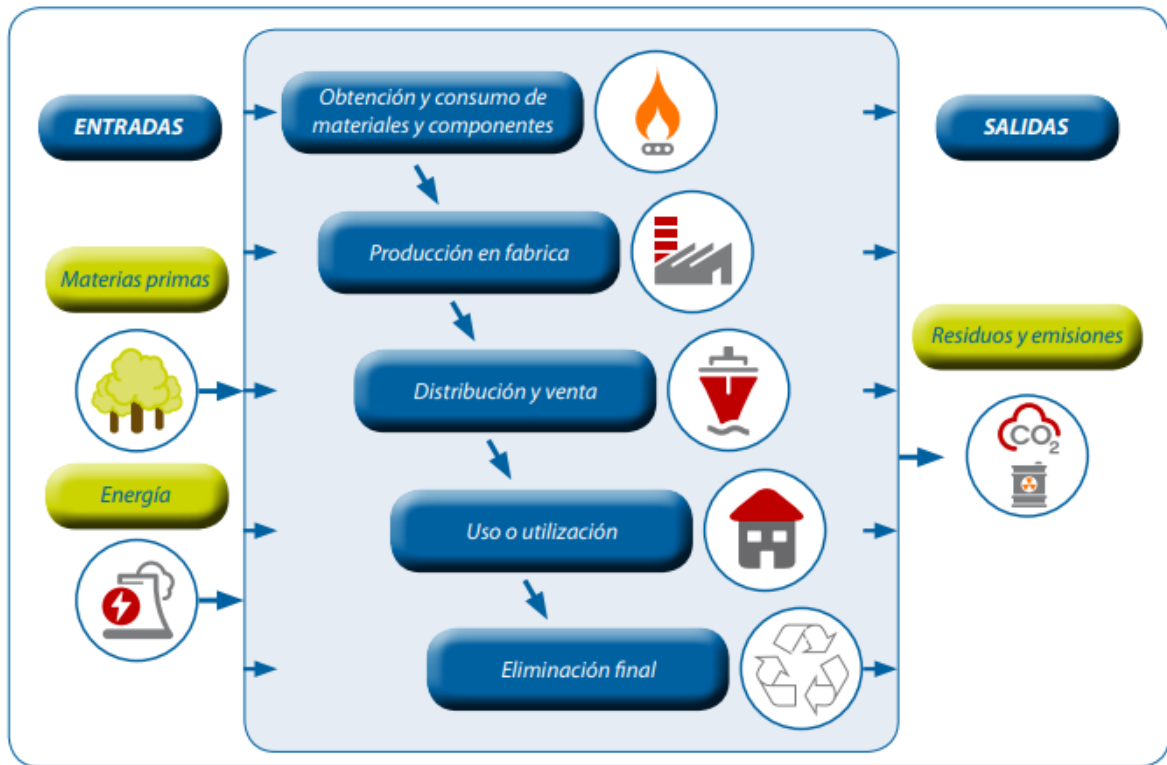


Figura 2. Perspectiva de un Análisis de Ciclo de Vida y fases involucradas.

Fuente: (Ihobe, 2009).

El ACV de un producto debería incluir todas las entradas/salidas de los procesos involucrados a lo largo de su ciclo de vida: la obtención de materias primas y el procesamiento de los insumos necesarios para el producto en análisis, el uso o consumo del producto por parte del cliente y finalmente su reciclaje y/o disposición final; además se debería analizar las actividades intermedias como: transporte, almacenaje, distribución (Ihobe, 2009).

Sin embargo, la metodología establece 3 diferentes maneras de analizar dependiendo del alcance propuesto.

- ✓ **De la cuna a la tumba:** Este alcance involucra evaluar el impacto ambiental a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.
- ✓ **De la cuna a la puerta:** Este alcance se limita evaluar la huella de carbono, partiendo por las entradas/ salidas desde que se obtienen las materias primas y el proceso de fabricación.

- ✓ **De la puerta a la puerta:** Este alcance limita a analizar la huella de carbono únicamente en todo el proceso de transformación hasta llegar al producto final

La Figura 3. describe de manera gráfica cada uno de estos alcances.

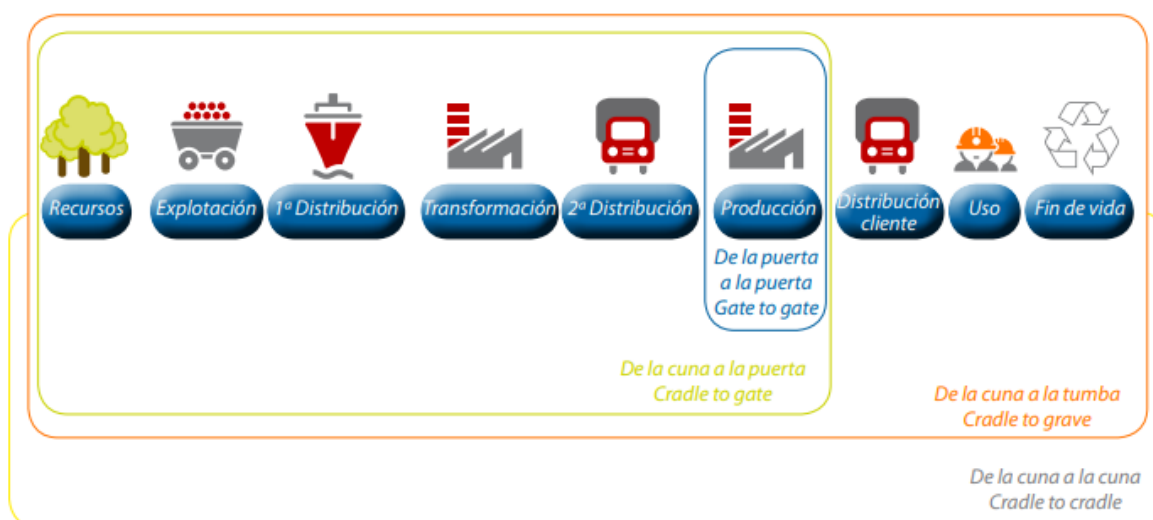


Figura 3. Alcances del Análisis de Ciclo de Vida

Fuente: (Ihobe, 2009)

La suma total de entradas y salidas proporciona las bases para cuantificar y valorar posteriormente los impactos ambientales relacionados con el producto (Puig et al., 1997)

Normalización del ACV según la familia de normas ISO

El uso de esta metodología del Análisis de Ciclo de Vida está normalizado por las normas ISO 14.040:2006, ISO 14.044:2006 e ISO 14.067:2018, esto garantizan que las metodologías y los criterios utilizados en el ACV sean uniformes y consistentes en todo el mundo y además, facilita la comparación de los resultados del ACV entre diferentes productos y procesos (Romero, 2003).

- ✓ **ISO 14.040:2006:** Esta norma establece los principios y el marco de referencia para llevar a cabo un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), incluye la definición de los objetivos y alcance del estudio, la identificación de las etapas del ciclo de vida a considerar (ISO, 2006b).
- ✓ **ISO 14.044:2006:** Esta norma proporciona directrices detalladas para llevar a cabo un ACV de manera sistemática mediante un análisis de inventario, que implica recopilar datos sobre las entradas y salidas de recursos y emisiones a lo largo del ciclo de vida del producto o proceso (ISO, 2006).

- ✓ **ISO 14.067:2018:** Esta norma especifica los principios, requisitos y directrices, para la evaluación y cuantificación, total o parcial de la huella de carbono de los productos, tomando en cuenta como referencia las dos normas antes mencionadas (ISO, 2018).

Fases para el ACV

De acuerdo con las normas detalladas en el apartado anterior, estas establecen 4 fases que se debe seguir para desarrollar el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) asociado a los productos (ISO, 2018).

- ✓ **Fase I: Definición de objetivos y alcance.** En esta fase, se establece el objetivo y uso previsto del estudio, así como alcance y los límites de los análisis considerados para el sistema, se identifica la unidad funcional a desarrollar y los flujos de entradas y salidas.
- ✓ **Fase II: Desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV):** En esta fase se realiza la recopilación de datos correspondientes a las entradas y salidas involucrados en todos los procesos dentro del sistema.
- ✓ **Fase III: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):** Durante esta etapa, la información del inventario de entradas y salidas se transforma en indicadores de impacto ambiental en torno a unidades de CO₂ equivalente.
- ✓ **Fase IV: Interpretación.** En esta fase final se analizan los resultados obtenidos de las fases II y III y son interpretados de acuerdo con el objetivo y alcance marcados inicialmente y, además, se extraen conclusiones.

Actualmente, las empresas comprenden que tienen una responsabilidad hacia la sociedad y el medio ambiente, por ello buscan generar iniciativas que promuevan prácticas responsables para disminuir el impacto ambiental. Abordar estos problemas implica la aplicación de la ingeniería para implementar tecnologías más limpias y eficientes, fomentar la adopción de energías renovables, mejorar los sistemas de gestión de residuos y promover prácticas industriales, conocida como “ingeniería verde” (Graedel & Allenby, 2010).

Ingeniería verde

Tener un planeta con recursos limitados nos lleva a pensar en la necesidad de un desarrollo sostenible. Como menciona la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CDS), llevada a cabo en Brundtland en 1987, el desarrollo sostenible permite “satisfacer

las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras” (CDS, 1987), es decir, la sostenibilidad provee la posibilidad de que los seres humanos y otras formas de vida permanezcan en el planeta para siempre.

Para abordar este desafío, se requiere un enfoque integral basado en la aplicación de prácticas y tecnologías sostenibles en todos los sectores de la producción y el consumo, promoviendo la adopción de métodos de producción más eficientes, que maximicen la productividad y minimicen los residuos y las emisiones contaminantes. Autores como Zimmerman & Mihelcic (2003) definen esto con el término “Ingeniería Verde”.

La Ingeniería Verde se refiere a la concepción, desarrollo, e implementación de soluciones ingenieriles que tienen en cuenta los posibles beneficios y problemas relacionados con el medio ambiente, la economía y la sociedad a lo largo de toda la vida útil del diseño. Este enfoque abarca diversos niveles, desde el diseño molecular hasta el diseño de productos, procesos y sistemas con enfoque en la innovación, la creatividad y la excelencia que los ingenieros emplean para encontrar nuevas soluciones a cualquier desafío. El objetivo principal de la Ingeniería Verde es minimizar los impactos negativos y, al mismo tiempo, maximizar los beneficios para la economía, la sociedad y el medio ambiente (Graedel & Allenby, 2010).

Dado el interés en la disminución del impacto ambiental Zimmerman & Mihelcic desarrollaron un conjunto de 12 principios que pueden guiar a avances útiles en términos de retos de sustentabilidad que pueden ser abordados desde la ingeniería, o también llamados “los doce principios de la ingeniería verde” (Graedel & Allenby, 2010).

- **Principio 1:** los diseñadores deben esforzarse por garantizar que todas las entradas y salidas de materiales y energía sean inherentemente menos peligrosos posible.
- **Principio 2:** Es mejor prevenir la formación de desechos que tratarlo después de que se hayan formado.
- **Principio 3:** Las operaciones de separación y purificación deben estar diseñadas para minimizar el consumo de energía y uso de materiales
- **Principio 4:** Los productos, procesos y sistemas deben diseñarse para maximizar la eficiencia de, la masa, la energía, el espacio y el tiempo

- **Principio 5:** Los productos, los procesos y los sistemas deben ser extraídos de la salida en lugar de impulsados por la entrada mediante el uso de energía y materiales.
- **Principio 6:** La entropía y la complejidad integradas deben verse como una inversión cuando se toman decisiones de diseño sobre el reciclaje la utilización o disposición beneficiosa.
- **Principio 7:** la durabilidad objetivo, no la inmortalidad debe ser un objetivo de diseño.
- **Principio 8:** se deben considerar soluciones de diseño para capacidades o capacidades innecesarias.
- **Principio 9:** Debe minimizarse la diversidad de materiales en los productos de múltiples componentes para promover el desmontaje y retención de valor.
- **Principio 10:** el diseño de productos, procesos y sistemas debe incluir la integración y la interconectividad ya con los flujos de energía y materiales disponibles.
- **Principio 11:** los productos, procesos y sistemas deben diseñarse para funcionar en una vida después de la muerte comercial.
- **Principio 12:** los insumos de materiales y energía deben ser renovables en lugar de agotarlos.

Estos doce principios conforman un conjunto de lineamientos que llevan a pensar en términos sustentables, que cuando se aplican, pueden conducir a mejoras significativas en las organizaciones en términos de retos de sostenibilidad y diseño (Zimmerman & Mihelcic, 2003).

La ingeniería verde impone a las empresas varios objetivos cómo prevenir la contaminación, reducir el riesgo para el medio ambiente y, realizar el diseño de procesos desde una perspectiva del ciclo de vida. A nivel de negocios se desarrollan iniciativas para disminuir emisiones de CO₂ como "Carbono Cero", en la cual las empresas pueden reconocer y controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en sus diversos procesos y actividades a lo largo de su cadena de valor (García, 2023). Tomando en cuenta esto, los 12 principios de la Ingeniería Verde nos ayudarán a realizar una propuesta de mejora para este caso de estudio con el fin de orientar a las empresas agroindustriales de que no solo serán sostenibles y responsables con el ambiente si no

que los transformará en organizaciones competitivas en términos de costes, precios, eficiencia operativa, oferta de productos (CDS, 1987).

2 METODOLOGÍA

2.1 Enfoque de la investigación

El componente desarrollado utilizó el enfoque metodológico mixto que permite tener una aproximación cualitativa y cuantitativa de manera simultánea, puesto que al integrar de forma sistemática estos dos enfoques, se busca proporcionar una comprensión integral sobre el impacto ambiental derivado de la fabricación del aderezo de salsa de tomate en la empresa REY SABOR.

Conforme a lo planteado por Hernández Sampieri y Fernández Collado (2014), el enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios fundamentados en la medición, donde se caracteriza y recolecta información numérica de las variables o conceptos contenidos en el caso (Hernández Sampieri et al., 2014), se analizan estas mediciones utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (Bernal, 2010); mientras que el enfoque cualitativo explora y describe el objeto de estudio para afinar las preguntas de investigación, revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación y buscar la dispersión o expansión de los datos e información (Hernández Sampieri et al., 2014).

El uso de este enfoque permitió a esta investigación recolectar los datos de variables cuantitativas en torno a las mediciones del proceso y el flujo de materia y energía necesarios para la cuantificación de la huella de carbono asociada en la salsa de tomate; mientras que el enfoque cualitativo permitió describir los procesos, identificar y analizar los puntos problemáticos dentro del proceso y permitir la formulación de propuestas de mejora encaminadas a la reducción del impacto ambiental ocasionado por la fabricación de este aderezo.

2.2 Tipo de Investigación

El desarrollo de este componente está enmarcado dentro de la metodología de estudio de caso debido a su enfoque integrador, que permite estudiar a detalle una unidad de análisis puntual tomada de un universo poblacional. Yin (1994) señala que los estudios de caso es un tipo de investigación empírica cuyo enfoque es examinar un fenómeno contemporáneo en su contexto real, sobre todo cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son

claramente evidentes integrando múltiples fuentes de evidencia y aprovechando proposiciones teóricas para guiar el proceso de investigación y análisis a través de la recolección y análisis de datos (Jiménez, 2016).

Bernal (2010), sostiene que los estudios de caso parten de la definición de los temas relevantes a investigar, seguidos de la recolección, interpretación y análisis de los datos inherentes a la investigación y finalmente, la redacción de resultados derivados del análisis efectuado (Bernal, 2010).

En el presente trabajo se realizó un estudio de caso de una empresa enfocada en el sector agroindustrial REY SABOR, ubicada en la provincia de Pichincha en el cantón Quito.

2.3 Método y alcance de la investigación

En relación con el método y alcance de esta investigación, la realización de este trabajo se basó en la investigación descriptiva, puesto que, el estudio de caso buscó dar a conocer los procesos involucrados en la fabricación de salsas en la empresa REY SABOR, recolección de entradas y salidas de materia y energía, cuantificación de la huella de carbono, interpretación de resultados y elaboración de un plan de mejora.

2.4 Diseño de la investigación

Además, esta componente se basó en un diseño de investigación de tipo no experimental, puesto que no se realizó ningún tipo de intervención dentro del objeto de estudio. Hernández Sampieri et al. (2014) menciona que en la investigación no experimental el investigador no manipula las variables ni realiza intervenciones en el entorno de estudio, si no que, en su lugar, se observan y se recopilan datos de situaciones o fenómenos que ya existen en su contexto real con el propósito de analizarlos (Hernández Sampieri et al., 2014). Por ello, este estudio de caso refleja las condiciones actuales de las operaciones que desarrolla la empresa REY SABOR, sin realizar ninguna clase de intervención en las variables por parte del investigador.

2.5 Fuentes de información

Para el desarrollo de este estudio de caso se consideró el uso de fuentes de información tanto primarias como secundarias. Las fuentes primarias son aquellas que permiten obtener información directa y esto se logra observando detalladamente el lugar de estudio (Bernal, 2010). En nuestro caso se consideró la información proporcionada por la empresa REY SABOR a través de la observación directa in situ de los procesos de producción involucrados para este análisis. Además, es necesario destacar que, durante el desarrollo

del estudio se ejecutaron visitas periódicas a la planta de REY SABOR, además, comunicación por mensaje con el fin de poder solventar inquietudes y complementar información a través de los registros de la organización para los fines pertinentes del caso.

Además, para la elaboración de este documento fue necesario el uso de referencias bibliográficas de fuentes secundarias las cuales “ofrecen información sobre el tema que se va a investigar, pero que no son la fuente original de los hechos o las situaciones” (Bernal, 2010, p.192). Varios de estos documentos fueron textos, *papers*, e información relacionada al tema que se encuentra disponible de manera pública y que permite contribuir al componente de manera válida y confiable. (Bernal, 2010).

2.6 Técnica de recolección de datos

Para la obtención y recopilación de información, se utilizó técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. Como menciona Hernández Sampieri et al. (2014), las técnicas cuantitativas se fundamentan en obtener valores numéricos a partir del procesamiento de los datos recopilados, a través de un instrumento de medición, con el cuál se registra información de las variables de interés del objeto de estudio (Hernández Sampieri et al., 2014). Por otro lado, las técnicas cualitativas se enfocan en describir los aspectos contextuales ligados a la organización, a través de los métodos tales como, observación directa y utilización de medios audiovisuales para de esta forma, analizar la información más allá del enfoque estadístico (Hernández Sampieri et al., 2014).

La recolección de datos cualitativos para nuestro caso de estudio se realizó mediante entrevistas al personal de la planta y observación de los procesos llevados a cabo por la organización con ayuda de una guía de entrevista, la cual permitió obtener información sobre la situación actual de la empresa, recolectar información sobre las materias primas, procesos involucrados y descripción de actividades para la fabricación del aderezo de salsa de tomate, insumos utilizados, proveedores, clientes y mercado al cual están dirigidos, ciclo de vida, entre otros.

En cuanto a la información de tipo cuantitativa se realizó a partir del análisis de documentos y registros llevados por la organización, y a su vez mediante una guía de observación utilizada para registrar datos de flujos de materiales (inputs y outputs) y energía (potencia, temperatura, trabajo mecánico, electricidad), registro de especificación equipos industriales y de medición, tiempos de procesamiento de cada etapa, transporte de producto final. Cabe destacar que, para encontrar datos de las especificaciones técnicas de los equipos industriales y factores de emisión se utilizó información de fuentes secundarias.

Metodología para la cuantificación de HCP

Para la cuantificación de la huella de carbono en el aderezo de salsa de tomate REY SABOR se siguió los lineamientos que establece la norma ISO 14067, la cual detalla que se debe incluir las 4 fases del análisis de ciclo de vida (ACV) ya antes descritas :

- Fase I: Definición de objetivos y alcance
- Fase II: Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV)
- Fase III: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)
- Fase IV: Interpretación:



Figura 4. Fases del Análisis del Ciclo de Vida

Fuente: Elaboración propia

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

FASE I: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE

En esta sección partimos de la definición de objetivo de la realización de este estudio de HCP para calcular la contribución potencial del aderezo de salsa de tomate “REY SABOR” al calentamiento global, expresada como CO₂ equivalente, cuantificando todas las emisiones significativas de GEI durante el ciclo de vida del producto o procesos seleccionados, de acuerdo con los criterios de corte determinados para la empresa; así como, su alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación

- **Definición de objetivos del estudio de HCP**

El propósito de esta investigación consistió en identificar y evaluar los diferentes impactos ambientales generados en el proceso de fabricación del aderezo de salsa de tomate en la empresa agroindustrial REY SABOR, empleando para su determinación los pasos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y, a partir de los resultados obtenidos, establecer posibles mejoras para reducir dichos impactos.

La empresa REY SABOR que forma parte del Grupo Terán, ubicada en el sector industrial norte del cantón Quito de la provincia de Pichincha, reconociendo su responsabilidad en cuestiones ambientales ha decidido evaluar la huella de carbono asociada a sus productos.

Inicialmente se partió por su producto estrella, el aderezo de salsa de tomate, el cual genera alrededor del 30% de ingresos a la empresa, considerándose su producto estrella. Esta decisión marca su compromiso para medir la huella de carbono de todos sus productos y disminuir su impacto en la fabricación de estos, lo cual representa un paso importante para posicionar la empresa como líder en la industria de fabricación de alimentos, mostrando su compromiso no solo con la calidad de productos sino también con la reducción del impacto ambiental asociados a lo largo de la cadena productiva.

- **Determinación de las reglas de categoría del producto.**

Las reglas de categoría de producto (PCR), son directrices normalizadas que establecen la manera de analizar el impacto ambiental de productos dentro de una categoría determinada, permitiendo una medición coherente y comparable de su desempeño a lo largo del ciclo de vida (The International EDP, 2019).

En esta sección se usó la guía PCR 2010:19, aplicada a la salsas, condimentos mixtos y mostaza, versión 4.0. Además, para un mejor análisis se utilizará la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-CODEX 192:2013, sección de salsas no emulsionadas, Esta categoría incluye aderezos de salsa de tomate (*ketchup*), salsas, “*gravies*” y aderezos a base de agua, salsas picantes, la salsa de tomate, salsa Worcestershire oriental espesa (salsa *tonkatsu*), entre otras (INEN, 2013).

- **Definición del alcance del estudio de HCP**

Para definir el alcance del estudio de cálculo de HCP, se estableció los siguientes elementos.

- **Función del sistema:** La función que presenta la empresa REY SABOR a estudio es la elaboración de aderezos, para este caso específicamente de tomate, el cual

se manufactura para su posterior distribución y venta en diversas tiendas y locales comerciales a nivel de las provincias de Pichincha, Imbabura, Tungurahua, entre otras.

- **Sistema a estudio:** Engloba todas las actividades involucradas en la producción por lote, incluyendo insumos, materiales, recursos energéticos, y transporte.
- **Unidad funcional:** Se analizará la producción de un lote de 150 botellas de aderezo de salsa de tomate REY SABOR en presentación de 3,5 kg.
- **Límites del sistema:** Como se mencionó anteriormente, existe varias formas de analizar el HCP de un producto. Para el caso del aderezo de salsa de tomate REY SABOR, el alcance del sistema tendrá un enfoque de análisis “*cradle to gate*” o también llamado, de la cuna a la puerta, puesto que se limitará a analizar las entradas y salidas desde que se obtienen las materias primas, la transformación, y culmina con la salida de la planta de fabricación tal cual se planteó anteriormente en la figura 3.

En el marco de este estudio, se desglosará el sistema en 3 secciones, procesos aguas arriba, procesos intermedios o centrales y procesos aguas abajo, Esta información se encuentra especificada en la Tabla 3.

- **Procesos aguas arriba:** operaciones que ocurren en la parte inicial o en la fase de inicio de una cadena de suministro y se incluyen actividades como la producción o extracción de materias primas para nuestro producto.
- **Procesos intermedios o centrales:** Incluyen las actividades involucradas como el transporte de materias primas e insumos a la planta (pasta de tomate, agua, vinagre condimentado, sal, conservantes...), el procesamiento de estos hasta obtener el producto final. Además, se incluirá los consumos de los diferentes recursos energéticos como electricidad, combustible fósil.
- **Procesos aguas abajo:** Estos son los procesos que ocurren hacia el final de la cadena de suministro e incluyen la distribución, el transporte del producto final a los clientes. Es importante destacar que en esta investigación esta sección no se la desarrollará debido a los límites establecidos previamente.

Tabla 3. Etapas del Ciclo de Vida

Etapas del ciclo de vida	Procesos aguas arriba	Producción de componentes de entrada.
	Procesos centrales	Transporte de materia prima e insumos involucrados en la fabricación.
		Fabricación del producto
		Uso de energía: electricidad y combustibles.
Procesos aguas abajo	No aplica	

Los procesos fueron determinados a partir de la visita técnica *in situ* a la planta de REY SABOR, ubicada en el sector industrial norte del Distrito Metropolitano de Quito, para la cual se utilizó una guía de observación para levantamiento de información que se encuentra en el ANEXO I.

Caracterización del proceso de producción

Las operaciones que forman parte del proceso de elaboración de aderezo de salsa de tomate en la empresa REY SABOR son descritas a continuación:

- **Recepción de materias primas:** En esta etapa, la empresa recibe los materiales y componentes necesarios para el proceso de elaboración del aderezo de salsa de tomate. Ver ANEXO III.
- **Dosificación de materias primas:** la materia prima es llevada hacia la estación de pesado en donde se realiza la dosificación para una parada completa de preparación del aderezo. Se pesa cuidadosamente los ingredientes en una balanza electrónica siguiendo la receta establecida. Ver en ANEXO V.

Tabla 4. Materia Prima mezcla (A)

Producto	Peso	Unidad de medida
Agua	450	l
Almidón de maíz	17	kg
Colorante Rojo N°40	40	g

Tabla 5. Materia Prima mezcla (B): Sólidos

Producto	Peso	Unidad de medida
Sal	10,5	kg
CMC (Celulosa)	1,86	kg
Goma Xanthan	1,86	kg
ácido cítrico	0,6	kg
Benzoato de sodio	250	g
Sorbato de K	250	g
Apartame	290	g

Tabla 6. Materia Prima mezcla (C)

Producto	Peso	Unidad de medida
Vinagre condimentado	37	kg
Pasta de Tomate	1,2	kg
Color Caramelo	280	g

- **Mezcla (A), (B), (C):** En esta etapa llenamos la marmita con el agua, y encendemos el caldero para elevar la temperatura del agua a 30°C. Posteriormente, se deposita los ingredientes para la mezcla (A), los cuales desempeñan un papel importante en la textura de la salsa y tonalidad cromática. Luego, se somete a un proceso de agitación continua durante un lapso de 5 minutos y se procede a la mezcla (B). Ver ANEXO VI.

Posteriormente añade a la mezcla anterior los ingredientes de la mezcla (B), descritos en la Tabla 5. Estos ingredientes permiten prolongar la vida útil de la salsa, potenciar su sabor y mantener su calidad y características. Se eleva la temperatura de la marmita aproximadamente 55°C mientras se sigue agitando a velocidad alta, durante un intervalo de 15 minutos, logrando que los compuestos sólidos recién añadidos se fusionen con la preparación en curso.

Para finalizar esta etapa, se agrega los ingredientes de la mezcla (C), se eleva la temperatura a 70°C mientras el agitador de grumos se mantiene en velocidad alta.

- **Cocción:** Pasados los 10 minutos, la mezcla se somete a un proceso de cocción controlada en la marmita a una temperatura de 90°C durante un lapso de 20 minutos manteniendo el movimiento continuo del agitador para evitar la adhesión

de la salsa a la superficie de la marmita. En esta etapa para asegurar que la salsa esté perfectamente mezclada se extrae 2 baldes de salsa de tomate de la parte inferior de la marmita la cual en ocasiones presenta grumos y se la vuelve a incorporar para que el proceso de envasado sea más sencillo. Ver ANEXO VII.

- **Verificación de especificaciones:** En esta fase, se extrae una muestra de de salsa de tomate, la cual se enfría hasta disminuir la temperatura a 40°C. Tras estabilizar la temperatura adecuada, la muestra se dispone en un viscosímetro y se verifica que esta llegue a un nivel de 8 centipoises (cP), lo cual indica que la consistencia y viscosidad se ajustan a los parámetros requeridos. Adicionalmente, el encargado del área de producción realiza una prueba de sabor tanto de consistencia como las características gustativas de la salsa de tomate. Una vez que la salsa haya pasado la verificación de especificaciones se continua con la etapa de envasado. Ver ANEXO VIII.
- **Envasado y etiquetado:** La mezcla es transportada desde la marmita hacia una tolva dispensadora de salsas mediante una bomba que extrae la salsa desde abajo hacia una altura de 2,40 m y la deposita en la parte superior de la tolva donde se encuentra una malla para retener los grumos que hayan quedado en la mezcla. La salsa de tomate desciende por gravedad hacia dos conexiones dosificadoras y es envasado en la presentación establecida. Ver ANEXO IX y ANEXO X.
- **Almacenamiento y distribución:** Cada parada genera 150 botellas de aderezo de salsa de tomate, los cuales se apila en pallets y se mantiene en un lugar fresco y seco hasta la salida de la planta. Ver ANEXO XIII. La salida de productos de la planta se realiza los días lunes y jueves tal como se muestra en ANEXO XIX.

De manera general se presenta las 9 etapas principales dentro del proceso de fabricación de salsa de tomate REY SABOR descritas en la Figura 5.

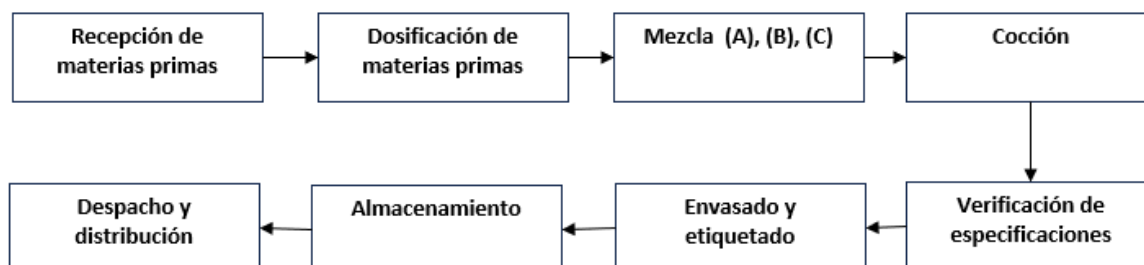


Figura 5. Mapa de procesos del aderezo de salsa de tomate REY SABOR

Fuente: Elaboración Propia

FASE II: ANÁLISIS DE INVENTARIO

Para la elaboración del inventario se destacan los siguientes aspectos

- ✓ Criterios de calidad

Tiempo: Los datos de las actividades relacionadas los procesos se recopilaron en mayo del 2023, mediante una guía de observación del proceso productivo y también a través de la recolección de registros y documentos de la empresa que fueron registrados en el ANEXO I, resultado de múltiples visitas técnicas a la planta de REY SABOR.

ENTRADAS

Las entradas hacen referencia a los datos y la información que se utiliza para determinar el HCP asociadas al producto, estas son fundamentales para priorizar las áreas en las que se pueden establecer mejoras significativas para reducir las emisiones de GEI.

Para la cuantificación del HCP en la fabricación del aderezo de salsas de tomate REY SABOR, se tomó en consideración entradas de diferentes fuentes de emisión tanto de materia y energía, su origen, y la información requerida para la cuantificación de huella asociada en cada caso que se encuentra presentada en la Tabla 7.

Tabla 7. Fuentes de emisión de CO₂ asociadas a la fabricación de aderezo de salsa de tomate

Salsa de tomate REY SABOR	Fuentes de emisión	Origen	Información requerida para la cuantificación
Materia	Producción materias primas	Producción de pasta de tomate	Kg usados de materia prima
	Transporte nacional de materias primas e insumos	Todas las materias primas e insumos	Distancia recorrida por materia prima Volumen transportado
	Transporte por importación de materias primas	Almidón de maíz Pasta de tomate	Distancia recorrida por materia prima Volumen transportado. Medios de transporte usado Lugares de partida y arribo
Energía	Consumo de electricidad	Marmita Bomba Agitador Balanza de precisión Acoplamiento de motor para agitación de grumos	Especificaciones de equipos industriales Consumo de energía kW*h Tiempo de uso maquinaria

			Potencia de máquina HP
	Consumo de combustibles	Sistema de alimentación de caldero pirotubular	Consumo de combustible por unidad de tiempo

- **Producción de materias primas**

En la Tabla 8 se realizó el análisis acerca de la composición de las materias primas presentes y relación de aporte en el producto final. Se evidenció que los principales aportes provienen del agua, vinagre condimentado, almidón de maíz y sal, las cuales representan el 98,73% de participación del total.

Tabla 8. Composición de la salsa de tomate REY SABOR

Materia Prima Salsa de Tomate	Cantidad (kg)	Porcentaje	Acumulado
Agua	450	86,35%	86,35%
Vinagre condimentado	37	7,10%	93,45%
Almidón de maíz	17	3,26%	96,71%
Sal	10,5	2,01%	98,73%
CMC	1,86	0,36%	99,08%
Goma Xanthan	1,86	0,36%	99,44%
Pasta tomate	1,2	0,23%	99,67%
Ácido crítico	0,6	0,12%	99,79%
Aspartame	0,29	0,06%	99,84%
Color caramelo	0,28	0,05%	99,90%
Benzoato de sodio	0,25	0,05%	99,94%
Sorbato de Potasio	0,25	0,05%	99,99%
Colorante rojo 40	0,04	0,01%	100,00%

- **Transporte nacional de materias primas e insumos**

La mayoría de las materias primas e insumos necesarios se adquieren a nivel local, lo que significa que la empresa obtiene la mayor parte de los componentes necesarios para su producción de proveedores cercanos a la planta.

Las entradas de materia prima inmerso en el producto final que se adquiere a nivel nacional se describen en la Tabla 9.

Tabla 9. Distancia de transporte de materias primas

Materia prima	Distancia (km)	Cantidad
Sal	25,3	10 quintales
CMC	8,2	50 kg
Goma xanthan	278	25 kg
Ácido acético	10	63,58 kg
Ácido cítrico	13	50 kg
Color Caramelo	10	25 kg
Benzoato de sodio	8,6	25 kg
Sorbato de Potasio	8,6	25 kg
Aspartame	8,2	25 kg
Clavo de Olor	75	10 kg
Ajo soluble	75	10 kg
Canela	75	10 kg
Rojo 40	4,2	10 kg
Cebolla soluble	75	10 kg

Por otro lado, los insumos utilizados para envasar, etiquetar y embalar se presentan en la Tabla 10, estos productos principalmente corresponden a material plástico. La empresa REY SABOR utiliza galones de capacidad 3,2 litros fabricado a partir de polietileno de alta densidad, cuyo peso es de 105 g por botella, y cumple con regulación Food and Drug Administration (FDA) para ser utilizada en contacto con alimentos.

Tabla 10. Distancia recorrida para adquisición de insumos

Insumos	Distancia (km)	Cantidad
Envases	4,9	1000 envases
Diesel	4,7	40 gal
Etiquetas	18,4	5 rollos
Plástico stretch para embalaje	4	10 rollos

- **Transporte de materias primas importadas**

Solamente existen dos materias primas las cuales son adquiridas de proveedores internacionales. Estos elementos son la pasta de tomate y el almidón de maíz, los cuales son transportados a través vía marítima y terrestre en contenedores desde China y Alemania respectivamente.

En la Tabla 11. se muestra la distancia que recorre los barriles de pasta de Tomate para llegar desde China a Ecuador.

Tabla 11. Recorrido realizado por la pasta de tomate

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)
Xinjiang, China	Sinkiam, China	Terrestre	401
Sinkiam, China	Canal de Panamá, Panamá	Marítima	15099,7
Canal de Panama, Panamá	Puerto de Manta, Ecuador	Terrestre	1349,1
Puerto de Manta, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	392,9

En la Tabla 12. se presenta el recorrido que realiza el Almidón de maíz, desde Alemania hasta llegar a la planta de REY SABOR en Ecuador.

Tabla 12: Recorrido de almidón de maíz

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)
Emilichemheim, Alemania	Hamburgo, Alemania	Terrestre	266
Hamburgo, Alemania	Guayaquil, Ecuador	Marítima	11028
Guayaquil, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	432

- **Consumo de electricidad**

La Tabla 13 se detalla los equipos que se utilizan en cada etapa del proceso, las especificaciones técnicas, el tiempo de uso de las maquinas, y con ello el consumo de energía en términos de kW*h.

Todos los equipos que estaban involucrados en el proceso productivo contaban con sus especificaciones en expresados términos de potencia (Caballos de Fuerza HP), excepto la balanza de precisión para la cual se contaba con el consumo de energía en Watts.

Para todos los casos se tomó la medida del tiempo en minutos, sin embargo, dado que las bases de datos para cálculo de HCP están en términos de horas se realizó la transformación de unidades a utilizando el factor de conversión:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

Cálculo de consumo de energía para balanza de precisión:

$$\text{Consumo Energía (kW * h)} = \text{Potencia del equipo (w)} * \frac{1\text{kW}}{1000\text{w}} * \text{Tiempo(h)}$$

$$\text{Consumo Energía Balanza} = 20\text{W} * \frac{1\text{kW}}{1000\text{W}} * 0,25\text{h}$$

$$\text{Consumo Energía Balanza} = 0,005\text{kW} * \text{h}$$

Cálculo de consumo de energía para el resto de los equipos

Tanto para la marmita, el soplador, las dos bombas, el agitador helicoidal se obtuvo datos en unidades de potencia (Caballos de Fuerza HP) se realizó la conversión de unidades utilizando el factor:

$$1 \text{ HP} = 0,7457\text{kW}$$

Posteriormente, se calculó la energía total utilizada se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Energía (kW * h)} = \text{Potencia (kW)} * \text{Tiempo (h)}$$

Multiplicamos la potencia en kW por el tiempo en horas (h) y obtenemos el resultado del consumo de energía.

A manera de ejemplo se describirá el cálculo del consumo de energía de la marmita

$$\text{Energía consumida por marmita(kW * h)} = \text{Potencia (kW)} * \text{Tiempo (h)}$$

$$\text{Energía consumida por marmita} = 3\text{HP} * \frac{0,745\text{kw}}{1\text{HP}} * 0,83\text{h}$$

$$\text{Energía marmita} = 1,855 \text{ kW} * \text{h}$$

Es importante mencionar que para el resto de los equipos se obtuvo de la misma manera y, para una mejor aproximación los cálculos, se tomarán hasta la tercera cifra decimal.

La Tabla 13 presenta de manera concreta los resultados del consumo de energía eléctrica en cada etapa pertinente.

Tabla 13. Consumo de energía en cada etapa del proceso (kW*h)

Etapa	Equipo	Tiempo (h)	Tipo de energía usada	Potencia	Unidades	kW	kw*h
Dosificación de Materias Primas	Balanza	0,25	Eléctrico	20	watts	0,02	0,005
Mezcla (A), (B), (C).	Marmita	0,08	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,186
	Agitador helicoidal	0,08	Eléctrico	2	HP	1,4914	0,124
	Soplador	0,08	Eléctrico	0,50	HP	0,37285	0,031
	Marmita	0,25	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,559
	Agitador helicoidal	0,25	Eléctrico	2	HP	1,4914	0,373
	Bomba	0,25	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,559
	Marmita	0,17	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,373
	Acoplamiento de motor para agitación de grumos	0,17	Eléctrico	2	HP	1,4914	0,249
	Bomba	0,17	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,373
Cocción	Marmita	0,33	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,746
	Acoplamiento de motor para agitación de grumos	0,33	Eléctrico	2	HP	1,4914	0,497
Envasado y etiquetado	Bomba	0,17	Eléctrico	3	HP	2,2371	0,373

- **Consumo de combustibles**

La planta utiliza un caldero pirotubular de 2 pasos marca Skessel Duisburg, modelo 11288 con control de flama Honeywell 150 de 18 BHP de potencia y 110 PSIG de presión para la fabricación del aderezo de salsa de tomate, este equipo es muy importante puesto que es el que provee vapor saturado de alimentación para elevar la temperatura en la marmita y darse el proceso de mezcla y cocción. Ver ANEXO XVI. Para encontrar el consumo de energía fue necesario analizar el tipo de combustible utilizado, la potencia del caldero, el tiempo de funcionamiento y la eficiencia del caldero.

Partimos calculando la eficiencia de la máquina a partir de la siguiente fórmula, donde se tomó en cuenta

$$Eficiencia (\%) = \frac{Energía\ util\ generada}{Energía\ total\ introducida} * 100$$

Ecuación 1. Cálculo de eficiencia (%) de una máquina

Donde:

- ✓ Energía útil generada: Es la cantidad de energía que realmente se utiliza para generar vapor.
- ✓ Energía total introducida: Es la cantidad total de energía contenida en el combustible que se utiliza para alimentar el caldero.

La empresa REY SABOR contaba con un registro de estos valores puesto que, la empresa S. M.I ubicada en la Av. Mariscal Sucre Lote 3 y Portoviejo realiza el mantenimiento industrial de los equipos de la planta. Con ello se recopiló que la energía total introducida a lo largo de 6 horas fue de 21407,53 kJ

Por otro lado, no se contaba con el dato puntual del valor de la energía útil generada así que se recopiló los datos para el cálculo de este.

Tabla 14. Especificaciones de caldero pirotubular para obtención de energía útil generada

Volumen (L)	Capacidad calorífica (J/kg*°C)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Cocción (°C)	Densidad (Kg/L)
521,13L	$418 \frac{J}{kg} ^\circ C$	20°C	90°C	1,1 Kg/L

Con ello y mediante la siguiente fórmula se logró estimar la energía total generada.

$$E T. Generada = Volumen (L) * densidad \left(\frac{kg}{L} \right) * Cap. calorífica \left(\frac{J}{kg * ^\circ C} \right) * \Delta Temperatura (^\circ C)$$

$$E T. Generada = 521,13L * 1,1 \frac{kg}{L} * 418 \left(\frac{J}{kg * ^\circ C} \right) * (90 - 20)^\circ C$$

$$E T. Generada = 16773090,2J * \frac{1kJ}{1000J}$$

$$E T. Generada = 16773090,2J * \frac{1kJ}{1000J}$$

$$E T. Generada = 16773,09kJ$$

Posteriormente, con estos datos se pudo ya realizar el cálculo de la eficiencia del caldero.

$$Eficiencia (\%) = \frac{Energía\ util\ generada}{Energía\ total\ introducida} * 100$$

$$Eficiencia\ Caldero\ (\%) = \frac{16773,09\cancel{kJ}}{21407,53\cancel{kJ}} * 100$$

$$Eficiencia\ Caldero\ (\%) = 78,35\%$$

A continuación, se utiliza la siguiente fórmula para calcular el consumo de combustible:

$$Consumo\ de\ combustible = \frac{Potencia(kW)}{Eficiencia} * Tiempo\ de\ Funcionamiento(h)$$

$$Consumo\ de\ combustible\ Total = \frac{13,42kW}{0,7835} * 0,83h$$

$$Consumo\ de\ combustible\ Total = \frac{13,42kW}{0,7835} * 0,83h$$

$$Consumo\ de\ combustible\ Total = 14,216kW * h$$

En la Tabla 15. se presenta los resultados del consumo de combustible en cada etapa en que se involucra el uso del caldero pirotubular de 2 pasos.

Tabla 15. Resumen de consumo de combustible

Etapa	Equipo	Tiempo (h)	Tipo de combustible	Potencia	Eficiencia (%)	Unidades	kW	kw*h
Mezcla (A), (B), (C).	Caldero pirotubular de 2 pasos	0,08	Diesel	18	78,35%	BHP	13,4226	1,428
		0,25	Diesel	18		BHP	13,4226	4,283
		0,17	Diesel	18		BHP	13,4226	2,855
Cocción		0,33	Diesel	18		BHP	13,4226	5,711
	Total	0,83						14,276

- **SALIDAS**

Para establecer las salidas se consideró dos aspectos importantes, la salida del producto final, tomando en cuenta los límites funcionales establecidos anteriormente y los residuos generados como resultado del proceso productivo de la salsa de tomate, presentado mediante la tabla 16.

Tabla 16. Salidas del proceso productivo

Salidas	Origen	Información Obtenida
Producto final (Aderezo de salsa de tomate Presentación 3,5kg)	Transformación	Unidades producidas Kg de salsa producida
Residuos	Residuos generados en el proceso de fabricación	Kg de residuos generados en el proceso, incluye residuos de mezcla no integrada, desechos plásticos

- **Producto final**

La principal salida que presenta este estudio es el aderezo de salsa de tomate REY SABOR. Tras el procesamiento de se obtuvo un lote de 150 galones de salsa en presentación de 3,5kg lo cual corresponde a una salida total de 521,13 kg de salsa.

- **Generación de residuos**

Los residuos generados en el sistema que se obtiene durante el proceso de producción de salsa de la salsa son grumos de materia prima no disueltos. Estos grumos son fragmentos o partículas de ingredientes, como tomate u otros componentes, que no se han disuelto completamente en la salsa durante el proceso de fabricación. Estos residuos de materia prima no disueltos pueden requerir una gestión adecuada, como la separación o el tratamiento, para garantizar la calidad y la consistencia del producto final.

FASE III: EVALUACIÓN DEL IMPACTO

Esta fase estuvo dirigida a evaluar la magnitud y la significancia de los impactos ambientales potenciales que surgieron en las diferentes etapas. Aquí se traspasa las entradas y salidas obtenidas en la fase anterior para convertirlas en indicadores de impacto ambiental, para poder priorizarlos y tomar decisiones para desarrollar estrategias que contribuyan a la mejora de sus procesos y reducción de su ambiental.

A partir de todos los datos recogidos en el inventario de proceso en el apartado anterior, se realizó la evaluación de las emisiones de CO2 equivalente en las 5 categorías ya antes mencionadas:

- Producción de materias primas

- Transporte de materias primas
- Consumo de energía eléctrica
- Consumo de combustibles
- Generación de residuos

Para cada uno de los casos, es necesario recalcar que para obtener el cálculo de la huella de carbono asociada se obtiene así:

$$\text{Huella de Carbono} = DA * FE$$

Ecuación 2: Formula para cálculo de huella de carbono

Donde:

FE: Factor de emisión

DA: Nivel de actividad de la fuente estimada

- **SUBSISTEMA: PRODUCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS**

Anteriormente, se determinó que el 98,73% de la composición de la salsa representaban 4 materias primas (agua, vinagre condimentado, almidón de maíz y sal). Para este trabajo se analizó únicamente estos elementos para la determinación de emisiones de CO2 equivalentes puesto que se consideró, es representativo y aunque el producto cuente con otros componentes, estos tienen una contribución mínima en los resultados.

Tabla 17: Principales materias primas en el aderezo

Materia Prima analizada	Cantidad (kg)	Porcentaje	Acumulado
Agua	450	86,35%	86,35%
Vinagre condimentado	37	7,10%	93,45%
Almidón de maíz	17	3,26%	96,71%
Sal	10,5	2,01%	98,73%
Pasta tomate	1,2	0,23%	99,75%

Se procedió a encontrar los factores de emisión para cada caso, inicialmente se determinó que para establecer conclusiones respecto a los mismos era necesario colocar todos los factores a las mismas unidades (kg CO2 /kg Materia Prima).

Los factores de emisión para el vinagre condimentado y agua se encontraron en función de (kgCO₂ /Unidad de volumen). Para este caso entonces se transformó a unidades de masa a partir de la densidad del líquido.

Tabla 18: Factores de emisión (FE) de agua y vinagre

Materia prima	Factor de Emisión	Unidades
Agua	0,0835	kg CO ₂ /m ³
Vinagre condimentado	0,0015	kg CO ₂ /L

- **Agua**

Para convertir 0,0835 kg CO₂/m³ H₂O a kg CO₂/kg H₂O, se tomó la densidad del agua en condiciones de temperatura y presión atmosférica estándar que es igual a 1000 kg/m³.

$$FE \left(\frac{kgCO_2}{kgMP} \right) = FE * \frac{1}{Densidad\ del\ liquido}$$

$$FE = \frac{0,0835kgCO_2}{m^3} * \frac{1m^3H_2O}{1000kg\ H_2O}$$

$$FE = 0,0000835\ kg\ CO_2/kg\ H_2O$$

- **Vinagre condimentado**

Se tomó la densidad del vinagre condimentado en condiciones de presión y temperatura normal, es decir 1,03 kg/L.

Análogamente

al

$$FE \left(\frac{kgCO_2}{kgMP} \right) = FE * \frac{1}{Densidad\ del\ liquido}$$

$$FE = \frac{0,0015kgCO_2}{L\ Vinagre\ Condimentado} * \frac{1L\ Vinagre\ Condimentado}{1,03kg\ Vinagre\ conndimentado}$$

$$FE = 0,001456311\ kg\ \frac{CO_2}{kg}\ Vinagre\ condimentado$$

Por otro lado, los factores de emisión de las materias primas almidón de maíz, pasta de tomate y sal se logró obtener en las unidades que se requería. A continuación, la Tabla 19 que detalla los datos de factores de emisión de CO₂ de todas las materias primas.

Tabla 19. Resumen de Factores de emisión

Materia prima	Cantidad usada (kg)	Factor de Emisión (kgCO ₂ /kg Materia Prima)	Fuente de información de Factore de CO ₂
Agua	450	0,0000835	(Bravo, 2015)
Vinagre condimentado	37	0,001456311	(Environmental Protection Agency (EPA), 2021)
Almidón de maíz	17	0,0005	(OECC, 2023)
Sal	10,5	0,09	(CEPAL, 2014)
Pasta tomate	1,2	0,247	(Bravo, 2015)

Con estos datos se calculó la huella de carbono equivalente para cada caso

$$Huella\ de\ Carbono\ Agua = DA\ Agua * FE_agua$$

$$Huella\ de\ Carbono\ Agua = 450\ kg\ H_2O * \frac{0,0000835kgCO_2}{kgH_2O}$$

$$Huella\ de\ Carbono\ Agua = 0,037575kg\ CO_2\ eq.$$

La Tabla 20, muestra los resultados de las emisiones de CO₂ equivalente en la producción de materias primas para elaborar el aderezo de salsa de tomate

Tabla 20. Emisiones de CO₂ equivalente en la producción de MP

Materia prima	Cantidad de MP utilizada (kg)	Factor de Emisión (kgCO ₂ /kg Materia Prima)	Emisiones de kgCO ₂ equivalentes
Agua	450	0,0000835	0,037575
Vinagre condimentado	37	0,001456311	0,053883495
Almidón de maíz	17	0,0005	0,0085
Sal	10,5	0,09	0,945
Pasta tomate	1,2	0,247	0,2964

Además de la materia prima utilizada para fabricar la salsa, se tomó en cuenta el uso de los envases y el material plástico para retractilado, se indica el proceso para el cálculo de la huella de carbono en los envases. Para esta investigación se limitó a la unidad funcional como un lote de 150 envases de aderezo en presentación de 3,5 kg, con lo cual, se obtiene lo siguiente:

$$Huella\ de\ carbono\ envases = DA\ envases * FE_envases$$

$$\text{Huella de Carbono envases} = 15,75 \text{ kg envases plasticos} * \frac{1,9\text{kgCO}_2}{\text{kg envases plasticos}}$$

$$\text{Huella de Carbono envases} = 29,92\text{kg CO}_2 \text{ equivalente}$$

De la misma manera se realizó el resto de los cálculos para las etiquetas y el plástico de retractilado, lo cual se encuentra resumido en la Tabla 21.

Tabla 21. Emisiones de CO2 de insumos de envasado

Materia prima	Unidades usadas	Cantidad usada (kg)	Factor de Emisión (kgCO2 /kg MP)	Emisiones kgCO2 equivalentes	Fuente de Factores FE
Envases Galón tiburón 3.2 L	150 unid	15,75	1,9	29,925	(PLACN, 2017)
Etiquetas	150 unid	0,75	1,6	1,2	(Bravo, 2015)
Embalaje Plástico stretch	1/2 rollo	3	0,031	0,093	(Yandún, 2018)
Total de emisiones CO2 eq.				31,125	

- **SUBSISTEMA: TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS**

Para el cálculo de huella de carbono asociada al transporte de materias primas, se partió de la recopilación de datos específicos, como la distancia recorrida por el medio de transporte, tanto marítimo como terrestre para cada caso, el tipo de vehículo utilizado, el consumo de combustible y la eficiencia del mismo, así como los factores de emisión de CO2 relacionados con el tipo de combustible empleado. Estos datos se introdujeron en la calculadora

Para el caso de las materias primas obtenidas a nivel nacional se transporta en un camión de alimentos Chevrolet de aproximadamente 6,5 toneladas como se observa en la Figura 6.



Figura 6: Medio de transporte de MP

Para calcular el CO2 equivalente involucrado se tomó información de la distancia recorrida desde la planta de REY SABOR hasta el local del proveedor, la cantidad de materia prima que suelen adquirir en un viaje, además se tomó datos de la capacidad ocupada por la materia prima, esto es un dato importante ya que, se suele comprar varios insumos o materias primas a un mismo proveedor, y cabe destacar que también se consideró que existe viajes donde a pesar de la gran capacidad del camión, únicamente se abastece de materia prima para una semana por lo cual el resto de la capacidad del camión es inutilizada.

Con todas estas consideraciones, se introdujo los datos a la calculadora de emisiones donde se fue colocando los parámetros y el software devolvió los kg de CO2 equivalente para cada caso como se observa en la Figura 7.

km	Transport: cars, vehicles	CO ₂ g/km	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound
Cálculo de las emisiones de CO ₂ de los coches ⓘ				
<input type="text" value="4.2"/>		<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="0.63 kg"/>	<input type="text" value="1.39 lb"/>
quantity	Fuel combustion	CO ₂ kg factor	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound
¿Cuántos kilos de CO ₂ se emiten durante la combustión? ⓘ				
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="Diesel (gal US)"/>	<input type="text" value="9.94"/>	<input type="text" value="9.94 kg"/>	<input type="text" value="21.91 lb"/>
quantity	Unit	Fuel	Distance	Unit
Cálculo de las emisiones reales en g/km en su coche ⓘ				
<input type="text" value="0.384304217"/>	<input type="text" value="gal US"/>	<input type="text" value="Diesel"/>	<input type="text" value="25.3"/>	<input type="text" value="Km"/>
			<input type="text" value="151.75 g/km"/>	<input type="text" value="0.54 lb/mi"/>
CO ₂ Emis.	Unit	Distance	Unit	CO ₂ kilogram
Calculation of CO ₂ emitted in the life or one year of your car ⓘ				
<input type="text" value="120"/>	<input type="text" value="g/Km"/>	<input type="text" value="20000"/>	<input type="text" value="Km"/>	<input type="text" value="2400.00 kg"/>
				<input type="text" value="5291.09 lb"/>

Figura 7: Calculadora de emisiones CO2 por transporte

Posteriormente, se recopiló todos los valores de kilogramos de CO2 equivalente para estas materias primas en una sola tabla presentada a continuación Tabla 22. Se determinó que

el abastecimiento de las materias primas a nivel local genera 74,323 kg de CO2 totales por toda la materia prima adquirida. Sin embargo, la empresa realiza un abastecimiento cada 20 paradas de operaciones por lo cual para el análisis para un lote de 150 botellas de aderezo de salsa de tomate REY SABOR se tiene una generación de 3,71 kg de CO2 equivalente.

Tabla 22. Resumen de CO2 eq. en adquisición de MP

Materia prima	Distancia (km)	Cantidad	Capacidad ocupada (%)	kg CO2 equivalente MP TOTAL	kg CO2 equivalente MP TOTAL
Sal	25,3	10 quintales	23,00%	1,7434	0,08717
CMC	8,2	50 kg	20,00%	0,492	0,0246
Goma xanthan	278	25 kg	60,00%	50,04	2,502
Ácido acético	10	63,58 kg	75,00%	2,25	0,1125
Ácido cítrico	13	50 kg	60,00%	2,34	0,117
Color Caramelo	10	25 kg	15,00%	0,45	0,0225
Benzoato de sodio	8,6	25 kg	25,00%	0,645	0,03225
Sorbato de Potasio	8,6	25 kg	25,00%	0,645	0,03225
Aspartame	8,2	25 kg	20,00%	0,492	0,0246
Clavo de Olor	75	10 kg	5,00%	1,125	0,05625
Ajo soluble	75	10 kg	35,00%	7,875	0,39375
Canela	75	10 kg	15,00%	3,375	0,16875
Rojo 40	4,2	10 kg	12,00%	0,1512	0,00756
Cebolla soluble	75	10 kg	12,00%	2,7	0,135
kg CO2 Total				74,3236	3,71618

Por otro lado, como se había mencionado en nuestro caso de estudio se tiene 2 materias primas que provienen del exterior a partir de buques, los cuales transportan contenedores de productos de un país a otro. Se tomó como referencia un buque portacontenedores de 18.000 teu (contenedor de 20' de largo, 8' de ancho y 8,5' de altura), cuyo peso máximo de carga por contenedor es de 11,5 toneladas, puede transportar 414.000 toneladas Haga clic o pulse aquí para escribir texto.. Un buque de estas características emite 1,24 g de CO2 por km recorrido como establece la Organización Marítima internacional Haga clic o pulse aquí para escribir texto..

Se partió por cambiar el factor de emisión a unidades en kg CO2/km recorrido de donde se obtuvo

$$FE \text{ de } CO2 \text{ maritimo} = \frac{1,24 \text{ g } CO2}{\text{km recorrido}} * \frac{1kg}{1000g}$$

$$FE \text{ de } CO_2 \text{ maritimo} = 0,001242 \frac{kg \text{ } CO_2}{km \text{ recorrido}}$$

Para el almidón de maíz, proviene de Alemania a través de vía marítima hasta la ciudad de Guayaquil y de ahí es trasladado a Quito: De manera general, según los históricos de los registros de compra el almidón de maíz se trae a la planta en cada viaje 10 quintales, los cuales se utilizan para las diferentes recetas y estos se dan para el uso de 4 semanas de operaciones, por ello, los kg CO₂ equivalente total se dividió para 70 paradas de salsa y se obtuvo como resultado 21,02 kg CO₂ equivalente por motivos de transporte de almidón desde Alemania a la planta de REY SABOR, tal y como se puede observar en la Tabla 23 que se presenta a continuación.

Tabla 23. CO₂ equivalente de transporte por importación de almidón de maíz.

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)	Utilización de capacidad de Modo de transporte (%)	kg CO ₂ equivalente para todo el producto	kg CO ₂ equivalente para 1 lote
Emilichemheim, Alemania	Hamburg, Alemania	Terrestre	266	0,0015	39,3	0,56142857
Hamburg, Alemania	Guayaquil, Ecuador	Marítima	11028	0,001	1367,472	19,5353143
Guayaquil, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	432	0,25	64,8	0,92571429
TOTAL CO₂ eq					1471,572	21,0224571

De la misma manera se procedió con la pasta de tomate, esta proviene desde China hasta Panamá y posteriormente a Ecuador. De igual manera este es trasladado a través de vía marítima y terrestre. La planta adquiere 3 barriles de pasta de tomate los cuales se utilizan en el procesamiento de 160 paradas. Primero se calculó la huella de CO₂ del cargamento, esta fue de 2068,18 kg CO₂ equivalente total y tomando en cuenta el número de paradas para las que se utiliza se calculó el equivalente a 1 lote de producción de salsa, dando como resultado 12,92 kg CO₂ equivalente como lo detalla Tabla 24.

Tabla 24. CO2 equivalente de transporte en importación de pasta de tomate.

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)	Utilización de capacidad de Modo de transporte (%)	Kg CO2 equivalente para todo el producto	Kg CO2 equivalente para 1 lote
Xinjiang, China	Sinkiam, China	Terrestre	401	0,2	13,83	0,0864375
Sinkiam, China	Canal de Panama, Panamá	Marítima	15099,7	0,001	1872,3628	11,7022675
Canal de Panamá, Panamá	Puerto de Manta, Ecuador	Marítima	1349,1	0,001	167,2884	1,0455525
Puerto de Manta, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	392,9	0,25	14,7	0,091875
TOTAL CO2 eq					2068,1812	12,9261325

En resumen, Tabla 25 presenta los resultados del análisis en el subsistema transporte de materia prima, tanto nacional como lo que respecta a importaciones.

Tabla 25. Resumen de emisiones de CO2 por transporte nacional e internacional de materias primas

Transporte de Materias Primas	kg CO2 equivalente en un lote de 150 botellas de salsa de tomate presentación de 3,5 kg	Contribución a la huella Subsistema Transporte (%)
Materia prima nacional	3,72	9,87%
Materia prima importada	33,95	90,13%
Total	37,66	100%

- **SUBSISTEMA: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Para el cálculo de HCP en el proceso de fabricación, se utilizó la calculadora de emisiones de CO2 de la Haga clic o pulse aquí para escribir texto..

Como se puede notar, en la Figura 8 se pone un ejemplo ingresa el valor de los kW*h obtenidos del análisis de tiempo de uso de la máquina, nivel de eficiencia, potencia y la calculadora nos devuelve como resultado los kg de CO2 equivalentes para cada caso.

Energy kWh	Electricity mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg Emissions
Cálculo de CO ₂ para producir electricidad en kWh ⓘ			
<input type="text" value="0.373"/>		<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="0.19 kg"/>

Figura 8. Calculadora de emisiones por consumo eléctrico.

Las emisiones dióxido de carbono CO₂ provenientes del consumo de electricidad se calculó en las etapas de dosificación de materias primas, mezcla, cocción envasado y etiquetado. En la Tabla 26 se recopila toda la información de emisiones individuales, seguida del cálculo total de emisiones en este subsistema siendo 2,24001 los kg de CO₂ equivalente por consumo de electricidad.

Tabla 26. Resumen de emisiones de CO₂ por consumo de electricidad

Etapa	Equipo	Tiempo (h)	Tipo de energía usada	Potencia	Unidades	kw*h	Emisiones kgCO ₂ equivalentes
Dosificación de Materias Primas	Balanza	0,25	eléctrico	20	watts	0,005	0,00001
Mezcla (A), (B), (C).	Marmita	0,08	eléctrico	3	HP	0,186	0,1
	Agitador helicoidal	0,08	eléctrico	2	HP	0,124	0,06
	Soplador	0,08	eléctrico	0,50	HP	0,031	0,02
	Marmita	0,25	eléctrico	3	HP	0,559	0,28
	Agitador helicoidal	0,25	eléctrico	2	HP	0,373	0,19
	Bomba	0,25	eléctrico	3	HP	0,559	0,28
	Marmita	0,17	eléctrico	3	HP	0,373	0,19
	Acoplamiento de motor para agitación de grumos	0,17	eléctrico	2	HP	0,249	0,12
	Bomba	0,17	eléctrico	3	HP	0,373	0,19
Cocción	Marmita	0,33	eléctrico	3	HP	0,746	0,37
	Acoplamiento de motor para agitación de grumos	0,33	eléctrico	2	HP	0,497	0,25
Envasado y etiquetado	Bomba	0,17	eléctrico	3	HP	0,373	0,19
						Total CO₂ eq	2,24001

- **SUBSISTEMA: CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

En la planta de REY SABOR únicamente el caldero pirotubular funciona mediante la energía proveniente de combustible Diesel para los procesos de mezcla y cocción del aderezo de salsa de tomate; para ello se parte de los datos de potencia, eficiencia y tiempo de uso de la máquina y se transforma a unidades de energía. Además, la empresa contaba con el registro de galones de combustible para cada lote fabricado, siendo la media de 0,093 galones de diésel utilizado para la unidad funcional (1 lote de 150 unidades de aderezo de salsa de tomate en presentación de 3,5 kg) en un tiempo de durante un periodo de 0,83h.

Este resultado se introduce en la calculadora de la (Environmental Protection Agency (EPA), 2021) como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Calculadora de CO2 por combustibles

Los resultados obtenidos en casa caso fueron trasladados a la Tabla 27, cuya suma resultante fue de 6,84 kg de CO2 equivalente generado por el subsistema de uso de combustibles.

Tabla 27. Resumen de huella de carbono por uso de combustibles.

Etapa	Equipo	Tiempo (h)	Tipo de combustible	Potencia	Eficiencia (%)	Unidades	kw*h	kg CO2 equivalente
Mezcla (A), (B), (C).	Caldero pirotubular de 2 pasos	0,08	Diesel	18	78,35%	BHP	1,428	0,71
		0,25	Diesel	18		BHP	4,283	2,14
		0,17	Diesel	18		BHP	2,855	1,13
Cocción		0,33	Diesel	18		BHP	5,711	2,86
Total		0,83					14,276	6,84

- **SUBSISTEMA GENERACIÓN DE RESIDUOS**

Residuos orgánicos

Antes del proceso de envasado, la mezcla es bombeada hacia una tolva, la cual cuenta con una malla filtro en la parte superior, la mezcla baja por gravedad y los residuos de grumos que no se lograron incorporar se quedan en la malla. Al pesar estos desechos dio como resultado 2,1 kg de grumos no disueltos mediante la fórmula detallada en la parte inferior se realizó el cálculo respectivo

$$\text{Huella de carbono Residuos} = DA_{\text{residuos}} * FE_{\text{residuos}}$$

$$\text{Huella de Carbono grumos no disueltos} = 2,1 \text{ kg grumos no dis} * \frac{0,42 \text{ kgCO}_2}{\text{kg grumos no dis}}$$

$$\text{Huella de grumos no disueltos} = 0,882 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalente}$$

Para el caso de agua, se lo tomó como generación de residuo ya que parte del proceso involucra el lavado de los equipos para lo cual se utiliza agua, que después es enviada por el grifo sin ningún tipo de tratamiento. La Tabla 28, muestra los resultados del subsistema generación de residuos.

Tabla 28. Emisiones de CO2 residuos orgánicos

Materia prima	Cantidad usada (kg)	Factor de Emisión (kgCO₂ /kg MP)	Emisiones kg CO₂ equivalentes
Agua	98	0,0000835	0,008183
Grumos no disueltos	2,1	0,42	0,882
		Total emisiones CO₂ eq.	0,890183

Residuos inorgánicos

También, se llevó a cabo la estimación de los desechos de plástico que se generaron durante las etapas finales del proceso de fabricación. Como lo muestra la Tabla 29, aunque las emisiones de los residuos inorgánicos, especialmente plásticos y residuos de etiquetas son pequeñas, se calculó para tener una aproximación acertada de las emisiones en el aderezo de salsa de tomate REY SABOR.

Tabla 29. Emisiones de residuos de embalaje y retractilado

Materia prima	Cantidad usada (kg)	Factor de Emisión (kgCO₂ /kg MP)	Emisiones kg CO₂ equivalentes
Residuos de embalaje y etiquetas	3,17	0,031	0,09827

Finalmente, los resultados se recopilaban en la Tabla 30. Se evidencia 0,99 kg CO₂ equivalente producto de los residuos involucrados en este proceso productivo.

Tabla 30. Resumen de emisiones por generación de residuos

Materia prima	Cantidad usada (kg)	Factor de Emisión (kgCO₂ /kg MP)	Emisiones kg CO₂ equivalentes
Residuos de embalaje y etiquetas	3,17	0,031	0,10
Agua	98	0,0000835	0,01
Grumos no disueltos	2,1	0,42	0,88
		Total de CO₂ equivalente	0,99

FASE IV: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Es la fase del análisis ACV se presenta el resumen de resultados del Inventario de Ciclo de Vida referente a cada subsistema y de la Evaluación del impacto de estos.

Para el caso del subsistema “Producción de Materias Primas”, se desglosó el impacto en las secciones de componentes en mezcla e insumos.

Se puede observar en la Figura 10, que existe una participación significativa de la sal la generación de CO₂. Los resultados muestran que la misma representa el 70,45% de huella de carbono respecto a este subsistema, esto se debe a que el procesamiento de sal para consumo humano a menudo involucra procesos de evaporación o extracción en minas, que pueden requerir una cantidad significativa de energía puede provenir de fuentes de energía que emiten grandes cantidades de CO₂.

Por otro lado, la producción de pasta de tomate representa el 22,10% de participación en la huella de carbono, especialmente dado a su cultivo y transformación, implicando el uso de maquinaria pesada que funcionan con combustibles, el uso de fertilizantes y pesticidas en el cultivo y su posterior procesamiento.

Finalmente, los componentes que tienen menor participación en huella de carbono son el vinagre condimentado con el 4,02%, seguido del agua con el 2,80% y el almidón de maíz con una participación del 0,63%. Para una mejor apreciación se colocó los resultados de la Figura 10.

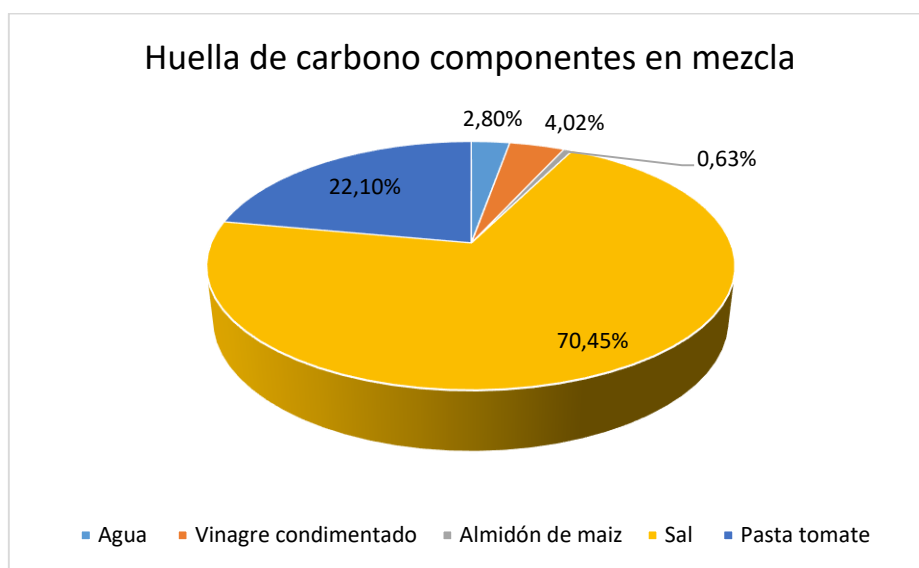


Figura 10. Participación en Huella de carbono subsistema "Producción de Materias Primas, componentes en mezcla.

Por el lado de los insumos, la Figura 11 muestra que, la mayor generación de impacto ambiental proviene de la producción de los galones usados para envasar la salsa de tomate; su aporte fue del 96,14%. Por otro lado, el aporte de la fabricación de etiquetas que va colocado en la salsa tuvo una participación del 3,86% y por último el plástico stretch para retractilado tuvo un impacto tan solo del 0,30%, esto se debe a que este material es usado en pequeñas cantidades en comparación de los otros insumos.

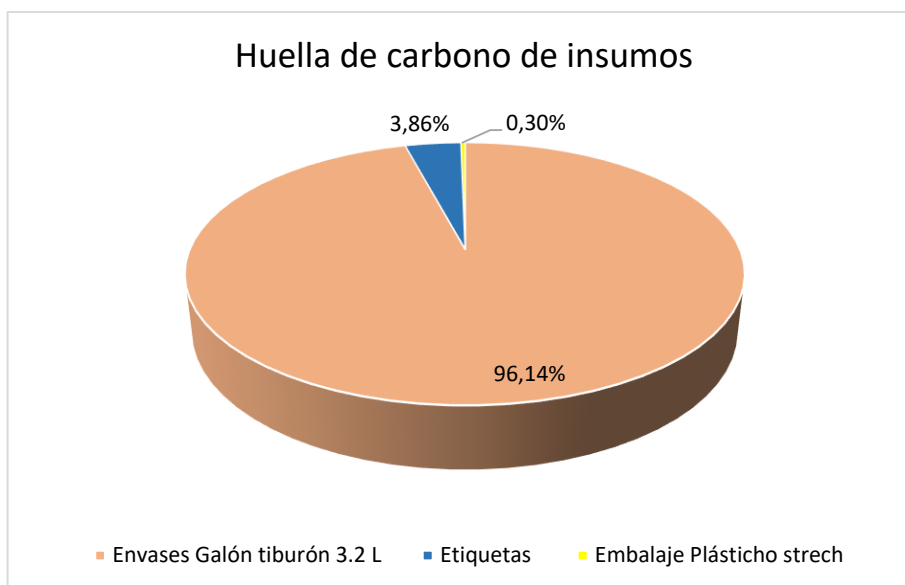


Figura 11. Participación de insumos en Huella de carbono subsistema "Producción de Materias Primas", sección insumos.

La Tabla 31 presenta el resumen de participación en la huella de carbono del subsistema "Producción de Materias Primas". El total de CO₂ equivalente generado en este subsistema es de 32,47kg CO₂ eq, donde el 95,87% se atribuye a la fabricación de insumos (envases, etiquetas y plástico de embalaje), y el 4,13% corresponde a la fabricación de los componentes que contiene directamente el aderezo de salsa de tomate REY SABOR.

Tabla 31. Resumen participación huella de carbono

Materias primas	kg CO ₂ equivalente	Participación en huella de carbono (%) subsistema "Producción de Materias Primas"
Componentes en mezcla	1,34	4,13%
Insumos	31,13	95,87%
Total	32,47	100,00%

Además, para una mejor visualización se colocó esta información a manera gráfica en la Figura 12.

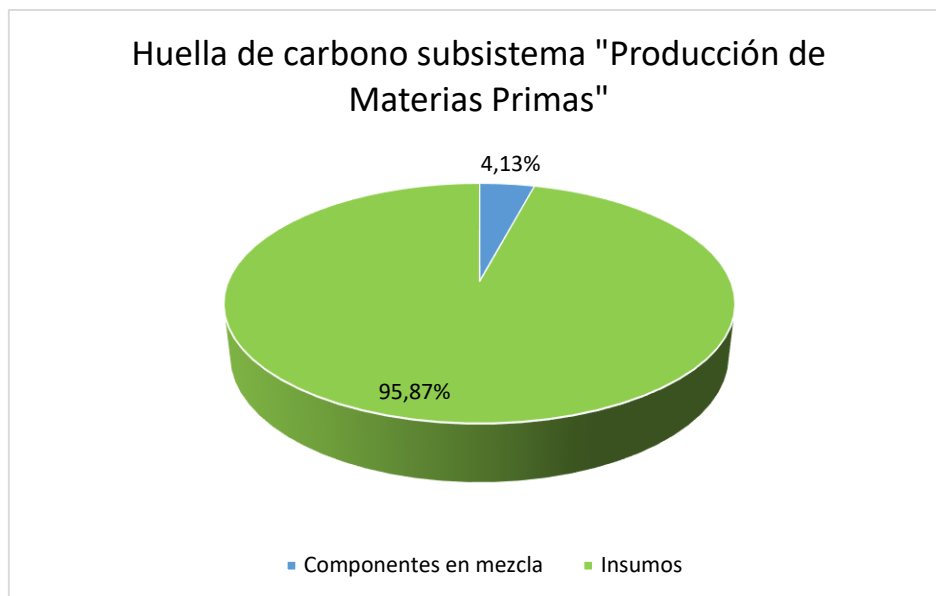


Figura 12. Participación en Huella de carbono (%) subsistema "Producción de Materias Primas"

Para el caso del subsistema "Transporte", el análisis se dividió en dos categorías: el transporte de materia prima a nivel nacional y la importación de materia prima.

Para el primer caso, la materia prima que más genera impacto ambiental por transporte es la Goma Xanthan, puesto que esta es traída desde Guayaquil, del proveedor SOLVESA ECUADOR cuya distancia hasta la planta es de 278 km. En segundo lugar, se tiene al ajo soluble con el 10,60% de aporte, que es traído desde Ibarra al igual que la cebolla en polvo, el clavo de olor y la canela que son especias para elaborar el vinagre condimentado que es añadido a la mezcla. En el caso de los conservantes (ácido cítrico, benzoato de sodio, ácido acético y sorbato de potasio), endulzantes (CMC y aspartame) y colorantes (color caramelo y colorante rojo N° 40), representan un aporte bajo a la huella de carbono, ya que estas materias primas se adquieren en Quito, de los proveedores QSI ECUADOR SA, TOP QUIMICOS, y KEM CIA.LTDA respectivamente. Ver en la Figura 13.

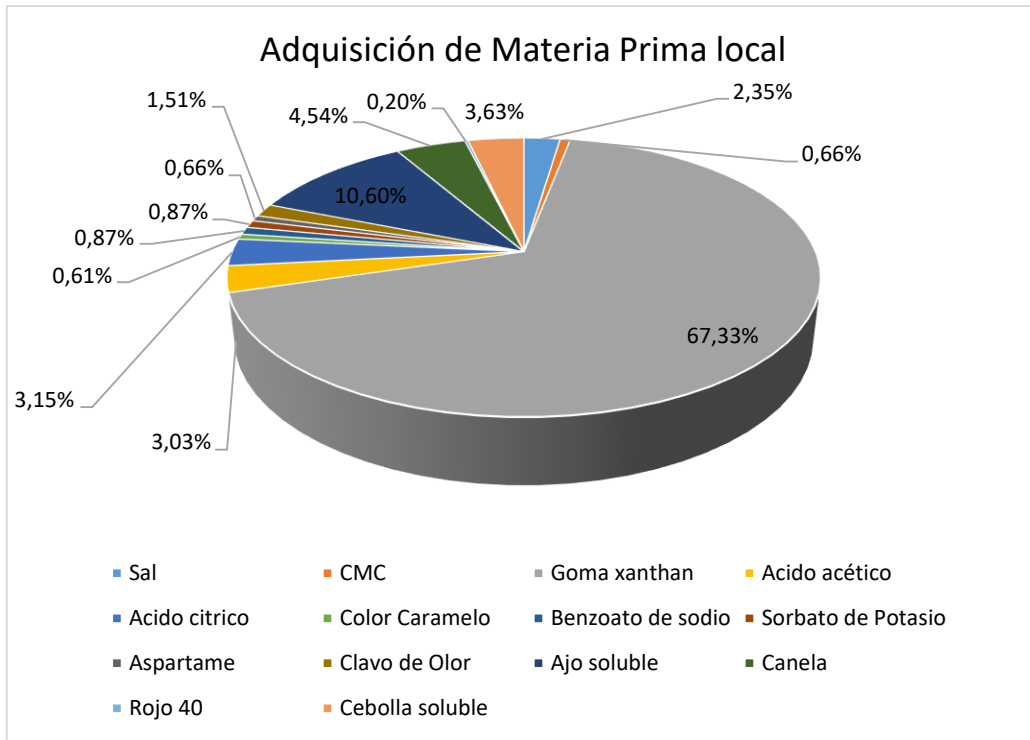


Figura 13. Adquisición de Materia Prima local "Subsistema Transporte"

Se explicó anteriormente que, la pasta de tomate y el almidón de maíz son adquiridos a través de importación desde China y Alemania respectivamente, Tabla 23 y Tabla 24. El traslado de la pasta de tomate recorre la ruta Xinjiang-Sinkiam-Canal de Panamá-Puerto de Manta-Quito, por lo que contribuye en el 61,92% de CO2 en este subsistema, mientras que el almidón de maíz el 38,08% de CO2, en virtud de su recorrido a través de la ruta Emilichemheim-Hamburg-Puerto de Guayaquil-Quito mediante transporte marítimo y terrestre para ambos casos, evidenciado en la Figura 14.

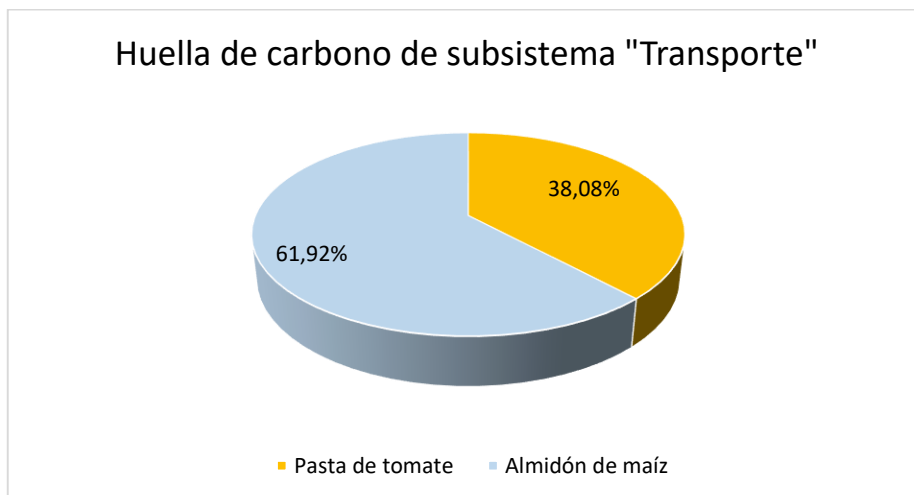


Figura 14. Participación MP importada "Subsistema Transporte"

Con todo lo anterior, se establece en la figura XX donde muestra el resumen de emisiones en el subsistema "Transporte" tanto de las materias primas adquiridas a nivel nacional e internacional. El 90,13% de CO₂ en transporte es ocasionado por la adquisición de materias primas importadas; mientras que, tan solo el 9,87% es generado por la adquisición de MP a nivel nacional. Esta diferencia abismal se debe a la distancia que recorrida por cada caso. Ver Figura 15.

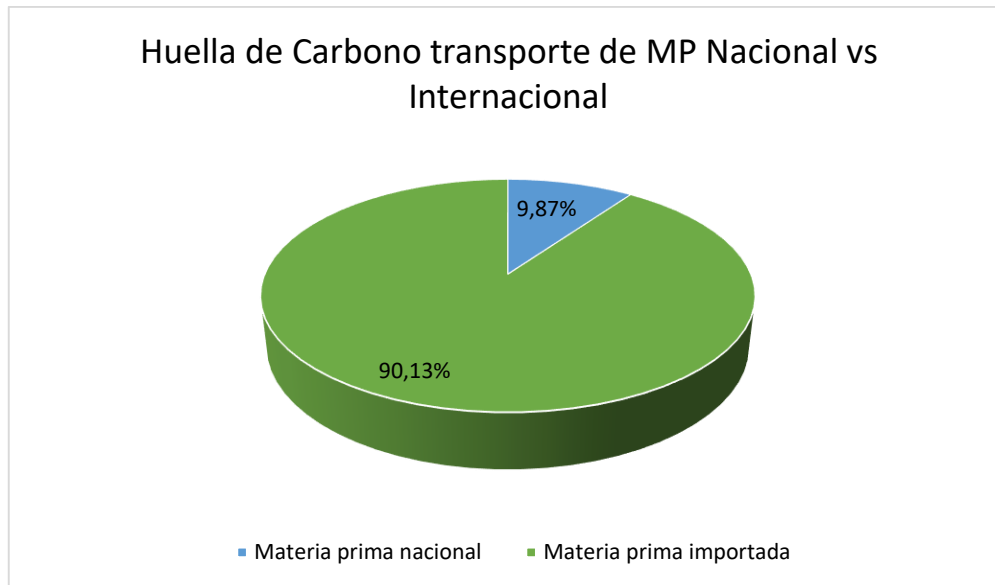


Figura 15. Contribución a la huella de Carbono subsistema "Transporte" adquirido a nivel nacional e internacional.

A continuación, la Figura 16 describe que en relación con el subsistema "Consumo de Energía Eléctrica", el principal impacto está dado por el uso de la marmita con el 41,9641%, seguido de la bomba que se usa para el transporte de líquido entre máquinas y funcionamiento del caldero pirotubular con una intervención del 29,4642% y el acoplamiento de motor para agitación de grumos cuyo aporte en generación de CO₂ es de 27,6784%. En el caso del soplador y la balanza tienen una contribución muy baja ya que sumando los dos no superan el 1% de participación en la huella.

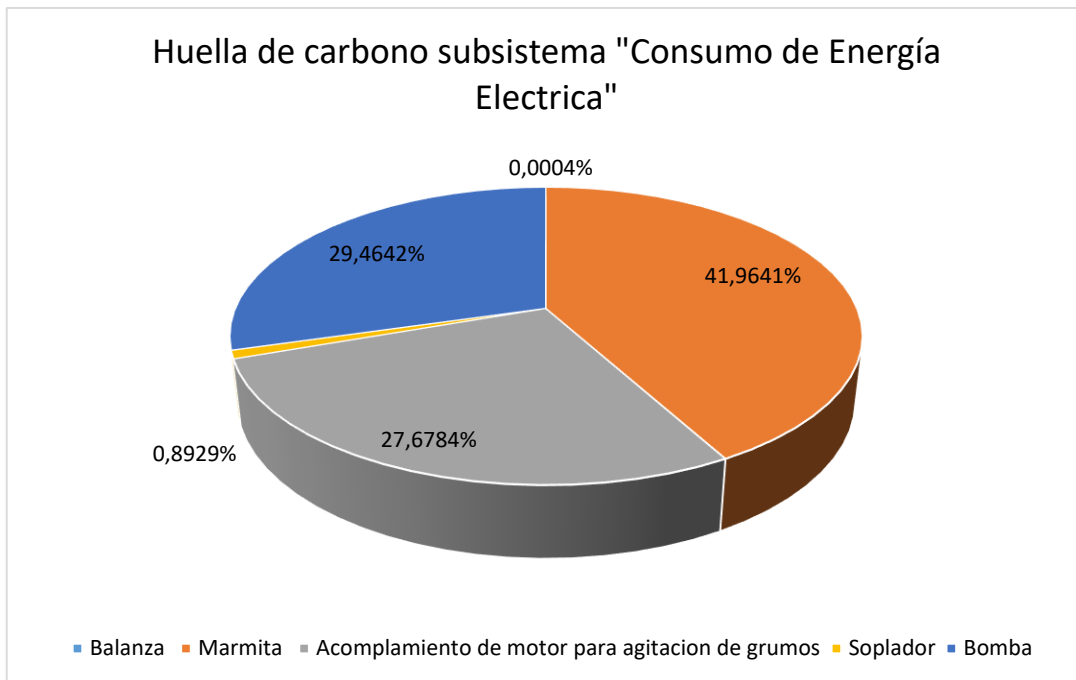


Figura 16. Participación de equipos en HC subsistema "Consumo de Energía Eléctrica"

Para el subsistema "Consumo de Combustible", se consideró el análisis del caldero pirotubular de 2 pasos ya que es el único equipo que en la planta utiliza diesel para su funcionamiento, donde el 58,19% de CO₂ es generado en las operaciones de mezcla, y el 41,81% es generado en la etapa de cocción de la salsa, tal como detalla la Figura 17.

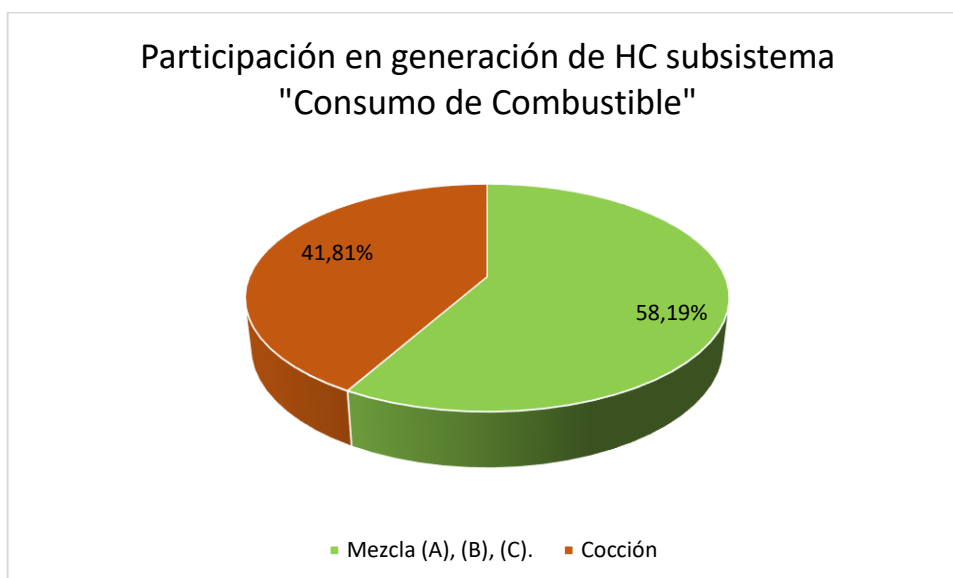


Figura 17. Participación en generación de HC subsistema "Consumo de Combustible"

Por último, el subsistema "Generación de Residuos" presentó los siguientes resultados. Véase en Figura 18. El 99,08% de CO₂ producido en este subsistema corresponde a los grumos disueltos, en la cual son retirados antes del proceso de envasado mediante un filtro malla y el 0,92% es atribuido al residuo de agua.

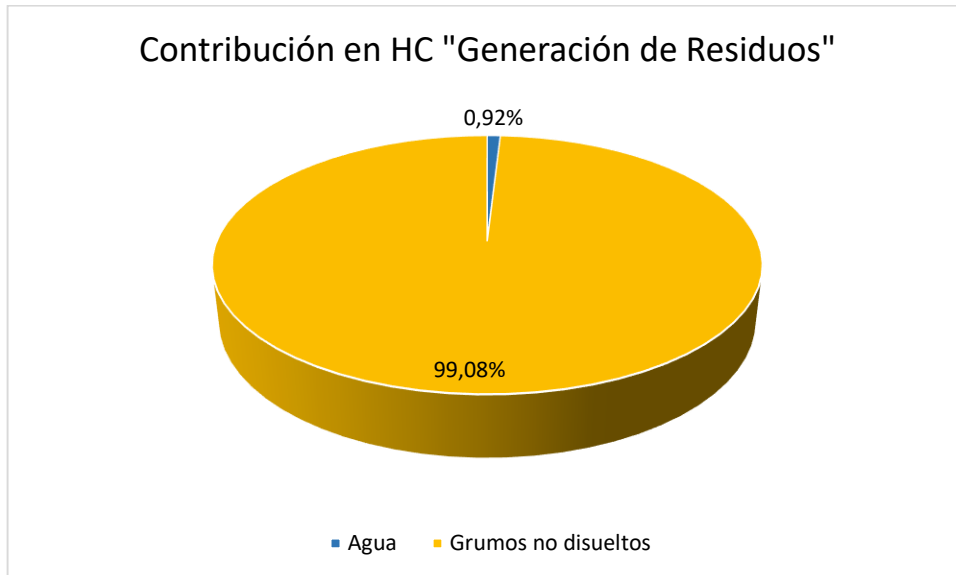


Figura 18. Contribución en HC subsistema "Generación de Residuos"

Para concluir esta sección se presenta el resumen de participación de cada subsistema analizado. En la Figura 19, claramente podemos ver que los principales impactos se encuentran en el subsistema de transporte con una participación del 46,96% del total, seguido de la producción de materias primas e insumos con un 40,48%, consumo de combustible 8,53% y aproximadamente el 4% restante se divide entre el consumo de energía eléctrica y la generación de residuos.

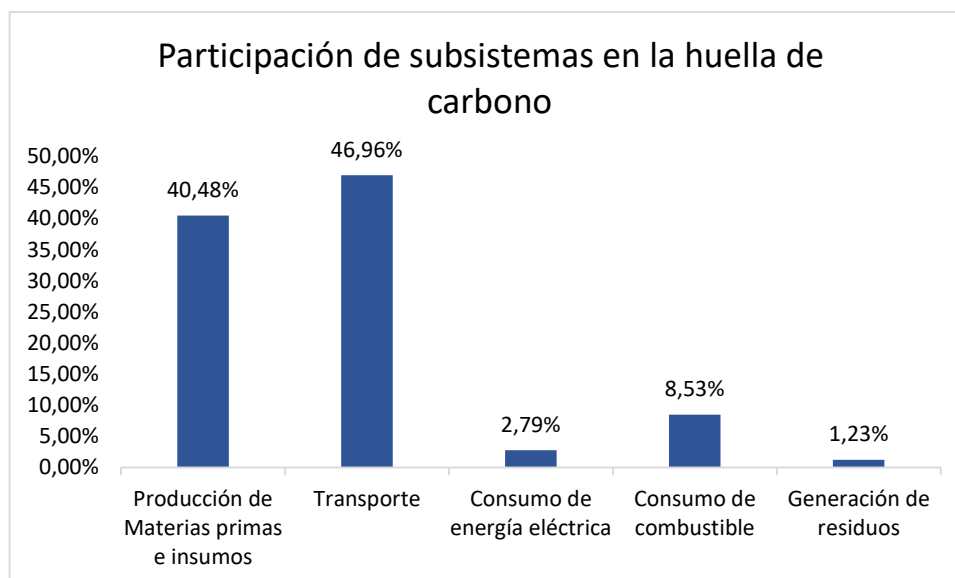


Figura 19. Participación de subsistemas en la huella de carbono

PLAN DE MEJORA PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA FABRICACIÓN DEL ADEREZO DE SALSA DE TOMATE.

El plan de mejora que será presentado a continuación tiene el objetivo de dar a conocer propuestas y posibilidades de mejora que tiene la empresa REY SABOR para reducir el impacto ambiental en la fabricación del aderezo de salsa de tomate, enmarcados en los subsistemas que mayor impacto generaron.

Las ideas presentadas de este plan se fundamentan en el conocimiento previo de las operaciones dentro del proceso de producción, el tratamiento de datos e información proporcionados por la empresa, y un análisis de la situación actual versus lo propuesto en el plan de mejora con el uso de las herramientas planteadas en la metodología. Además, los puntos abordados en este plan se derivan de los criterios y la experiencia que posee el investigador en la evaluación de la Huella de Carbono que permiten conducir a mejoras ambientales significativas.

El propósito de la formulación de este plan es proporcionar a la empresa un conjunto de acciones que puedan ser ejecutadas teniendo en cuenta su viabilidad y la facilidad de implementación y supervisión por parte de los diferentes involucrados dentro de la organización.

Dados los antecedentes previamente expuestos, se pone a consideración el siguiente plan de mejora para reducir la huella de carbono asociada al proceso de producción del aderezo de tomate de la empresa REY SABOR:

- **Mejora en subsistema “Transporte de Materias Primas”**

Como se observó en los resultados en la Figura 19, la contribución a la generación de huella de carbono es del 46,96%, es decir, representa casi la mitad del CO2 equivalente total generado en la fabricación de la salsa de tomate.

Por ello, la mejora consiste en que las materias primas que se traen mediante importación desde China y Alemania se encuentren opciones sustitutas más cercanas.

Para el caso de la pasta de tomate, se propone traer esta materia prima desde México, ya que, como se observa en la Figura 20, México es uno de los 10 países top en producción de tomate para el año 2023 con una producción de alrededor de 3,7 millones de toneladas métricas de tomate.



Figura 20. Estados con mayor producción de tomate en México

Para nuestro caso, se eligió el estado de Jalisco, ya que ahí se encuentra una de las procesadoras de pasta de tomate más grandes. Algunos proveedores de esta materia prima que se podría tomar como alternativas son: Grupo Herdez, Pochteca, Industrias Guacamaya. S.A., Rus Internacional. S.A., y Saporis Comercial, S.A. Todas estas empresas se encuentran en la zona industrial de Puerto Vallarta, Jalisco, cuyo puerto marítimo es cercano a las fábricas.

En la 32, se calculó la distancia que recorrería los barriles de pasta de Tomate para llegar desde Jalisco-México a la planta de REY SABOR.

Tabla 32. Recorrido pasta de tomate

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)
Puerto Vallarta-México	Canal de Panamá-Panamá	Maritimo	4174,1
Canal de Panamá-Panamá	Guayaquil - Ecuador	Maritimo	1257
Guayaquil, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	432
Distancia Recorrida			5863,1

Utilizando el factor de emisión de CO2 para transporte marítimo

$$FE \text{ de } CO_2 \text{ maritimo} = 0,001242 \frac{kg \text{ } CO_2}{km \text{ recorrido}}$$

Y además la calculadora de emisiones de CO2 por transporte de vehículos vía terrestre se obtuvo que la huella de carbono sería de 6,88 kg CO2 equivalentes

Tabla 33. Cuantificación huella de carbono propuesta de mejora

Salida	Arribo	Modo de transporte	Distancia (km)	Utilización de capacidad de Modo de transporte (%)	Kg CO2 equivalente para todo el producto	Kg CO2 equivalente para 1 lote
Puerto Vallarta-México	Canal de Panamá-Panamá	Maritimo	4174,1	0,2	1035,1768	6,469855
Canal de Panamá-Panamá	Guayaquil - Ecuador	Maritimo	1257	0,001	1,55868	0,00974175
Guayaquil, Ecuador	Quito, Ecuador	Terrestre	432	0,001	64,8	0,405
TOTAL CO2 eq					1101,54	6,88

Como se observa en la Tabla 33, traer la pasta de tomate desde México resulta beneficioso para la empresa REY SABOR en términos ambientales, ya que existe una reducción de la huella en un 53,26% tal cual se muestra en la Figura 21.

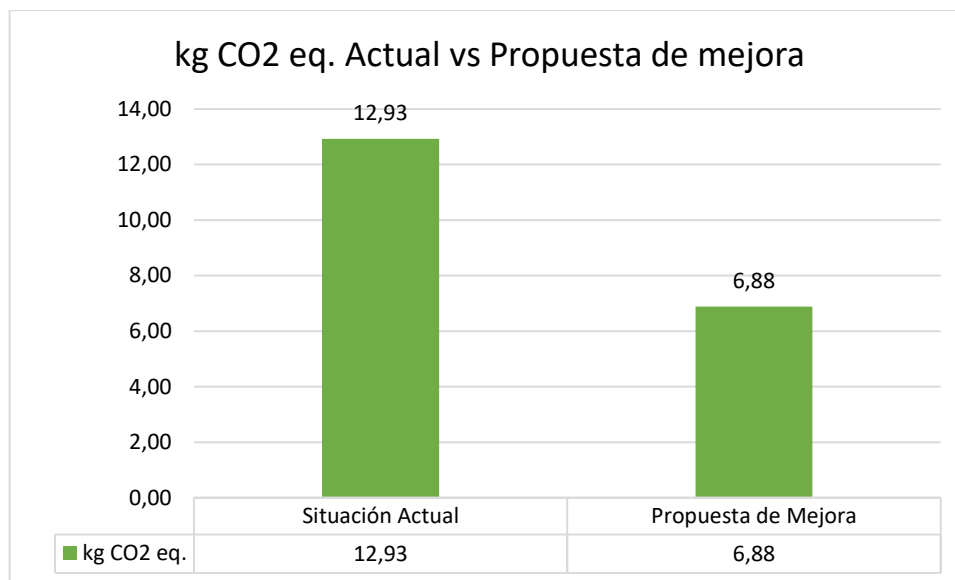


Figura 21. kg CO2 eq. Actual vs Propuesta de mejora

$$Mejora (\%) = \frac{(CO2 Eq. Actual - CO2 Eq. PropMejora)}{CO2 Eq. Actual} * 100$$

$$Mejora Transporte Pasta de tomate(\%) = \frac{(12,92 \text{ kg } CO2 \text{ eq} - 6,88 \text{ kg } CO2 \text{ eq})}{12,92 \text{ kg } CO2 \text{ eq.}} * 100$$

$$Mejora Transporte Pasta de tomate = 46,74\%$$

Por otro lado, en el caso del almidón de maíz, se propone dejar de importar esta materia prima, y adquirirla a nivel local, ya que la empresa Molinos Oro Blanco Cia Ltda., ubicada en Latacunga, fabrica almidón de maíz especial para aderezos. Se calculó el recorrido del camión, siendo este de 213,2 km de ida y vuelta. Posteriormente, se trasladó estos datos a la calculadora descrita en el ANEXO XX, la cual calculó que la huella de carbono total era de 31,98 kgCO₂, esta materia prima es usada en 25 paradas de producción con lo cual se obtuvo un valor de 25,56 kg CO₂ generados. Esto se puede observar en la Tabla 34

Tabla 34. CO2 eq. almidón de maíz propuesta de mejora

Materia prima	Distancia recorrida (km)	Utilización de capacidad de Modo de transporte (%)	CO2 equivalente para todo el producto	CO2 equivalente para 1 lote
Almidón de maíz	213,2	0,0015	31,98	2,56

Realizando el cambio de importación desde Alemania a una adquisición local, la huella de carbono en transporte de esta materia prima solamente es de 2,56 kg CO2 equivalentes como se detalla en la Figura 22.

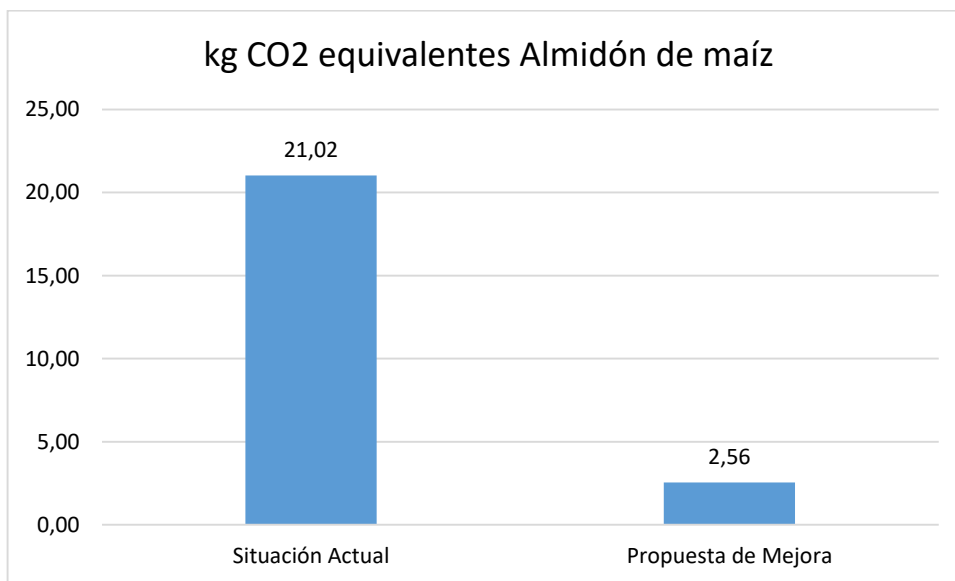


Figura 22. kg CO2 equivalentes Almidón de maíz analizada entre situación actual vs propuesta de mejora

Al igual que en el caso anterior se calculó el porcentaje de mejora, y notamos que realizando este cambio se tiene una disminución del impacto ambiental en un 87,83%.

$$Mejora (\%) = \frac{(CO2 \text{ Eq. Actual} - CO2 \text{ Eq. PropMejora})}{CO2 \text{ Eq. Actual}} * 100$$

$$Mejora \text{ Transporte Almidón de maiz}(\%) = \frac{(21,02 \text{ kg CO2 eq} - 2,56 \text{ kg CO2 eq})}{21,02 \text{ kg CO2 eq.}} * 100$$

$$Mejora \text{ Transporte Almidón de maiz} = 87,83\%$$

De manera general, al proponer estos cambios permiten pasar de tener una huella de 37,66 kg de CO2 equivalentes a 13,16 kg de CO2 equivalentes, como se muestra en la Figura 23

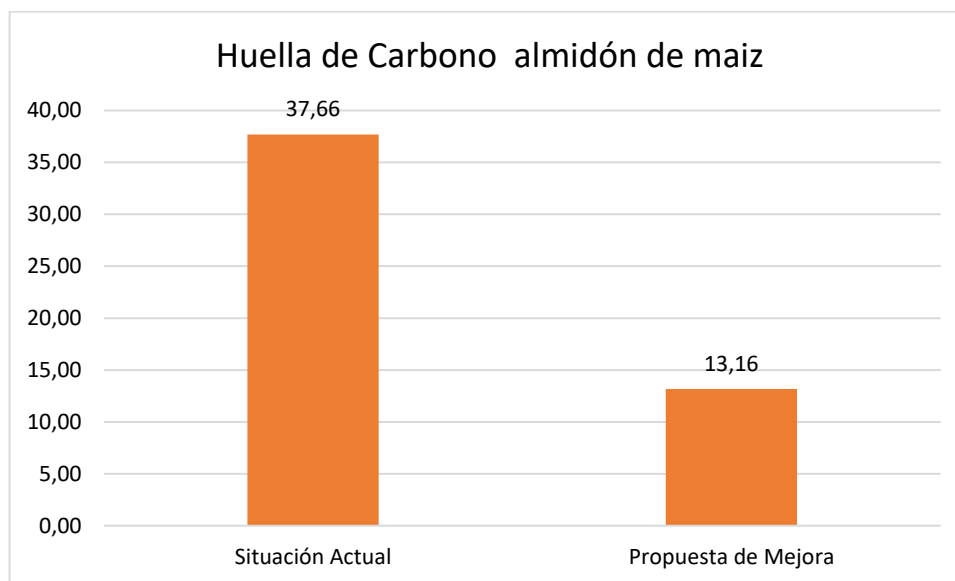


Figura 23. Comparativa de kg CO2 equivalente por transporte de almidón de maíz situación actual vs propuesta de mejora.

El subsistema de transporte de materias primas experimentaría un 65,06% de reducción de las emisiones de dióxido de carbono en generadas durante el proceso de fabricación del aderezo de salsa de tomate REY SABOR, lo que demuestra una mejora significativa en términos ambientales; además esto contribuye al desarrollo de la economía nacional puesto que, al comprar materia prima nacional esto favorece en la generación de empleos e impulsa el crecimiento económico en la región.

$$Mejora (\%) = \frac{(CO2 Eq. Actual - CO2 Eq. Prop Mejora)}{CO2 Eq. Actual} * 100$$

$$Mejora Subsistema Transporte = \frac{(37,66 \text{ kg } CO2 \text{ eq} - 13,16 \text{ kg } CO2 \text{ eq})}{37,66 \text{ kg } CO2 \text{ eq.}} * 100$$

$$Mejora Subsistema Transporte = 65,06\%$$

- **Mejoras Subsistema “Consumo de combustible”**

Para este subsistema “Consumo de combustible” es necesario recordar que, el caldero pirotubular de dos pasos es el único equipo que funciona mediante el uso de combustible, por ello, se propone que para la reducción de kg de dióxido de carbono generados en los

procesos de mezcla y cocción se debe mejorar la eficiencia en esta máquina con el fin de reducir el consumo de diésel.

Inicialmente se propone realizar un mantenimiento completo cada seis meses, lo cual involucra asegurar de que el caldero esté en óptimas condiciones, verificar las partes internas, como las tuberías y los quemadores, para eliminar obstrucciones, lo cual mejoraría la eficiencia de la máquina en un 5% (Minango et al., 2021).

Por otro lado, se conoce que las calderas requieren un exceso de aire para lograr una combustión completa. Sin embargo, la cantidad precisa de aire en exceso es crítica ya que puede influir de manera significativa en la eficiencia de la caldera por acumulación de hollín y la producción de monóxido de carbono. Por ello MASTERSI (2021), sugiere que se instale un sistema automático de control de combustión que puede monitorear y ajustar de manera inteligente la cantidad óptima de aire requerida para el proceso de combustión para generar un ahorro de diésel de al menos un 15% (MASTERSI, 2021).

Tabla 35. CO2 eq plan de mejora subsistema consumo de combustible

Etapa	Equipo	Tiempo (h)	Tipo de combustible	Potencia (BHP)	Eficiencia (%)	kw*h	kg CO2 equivalente
Mezcla (A), (B), (C).	Caldero pirotubular de 2 pasos	0,08	Diesel	18	83,35%	1,342	0,67
		0,25	Diesel	18		4,026	2,01
		0,17	Diesel	18		2,684	0,99
Cocción		0,33	Diesel	18		5,368	2,68
Total		0,83				13,420	6,35

Mejorando la eficiencia de la máquina en un 5% se tiene que, la huella de carbono del subsistema “consumo de combustible” para un lote de producción de 150 unidades en presentación de 3.5kg de aderezo de salsa de tomate es de 6,35kg de CO2 equivalente.

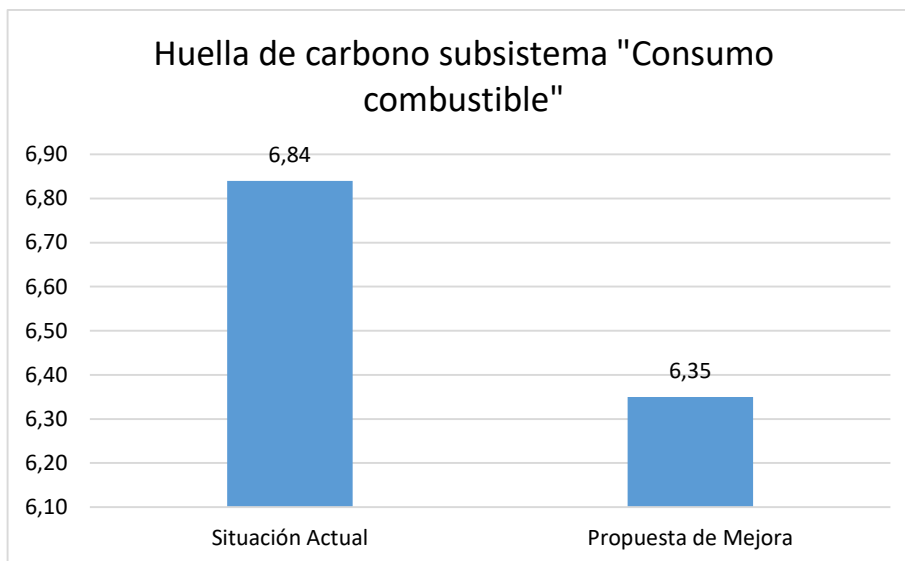


Figura 24. Comparativa de huella de carbono subsistema "Consumo combustible" situación actual vs propuesta de mejora

Realizar estos cambios, representaría a la empresa una mejora de 7,16%

$$Mejora (\%) = \frac{(CO2 Eq. Actual - CO2 Eq. PropMejora)}{CO2 Eq. Actual} * 100$$

$$Mejora Consumo combustible(\%) = \frac{(6,84 \text{ kg } CO2 \text{ eq} - 6,35 \text{ kg } CO2 \text{ eq})}{6,84 \text{ kg } CO2 \text{ eq.}} * 100$$

$$Mejora Consumo de combustible = 7,16\%$$

Un aspecto que se propone adicionalmente a la empresa con el fin de disminuir su consumo de combustible es, planificar las operaciones de cocción para evitar tiempos de inactividad innecesarios y apagar el caldero pirtubular cuando no esté en uso.

Resultados esperados del plan de mejora

A manera de resumen, se muestra los resultados finales que se esperaría de la ejecución del plan de mejora en la Figura 25, donde se observa que la reducción de la huella es del 50,93%, donde la huella de carbono total pasa de 49,07 kg CO2 equivalentes a 24,08 kg CO2 equivalentes.

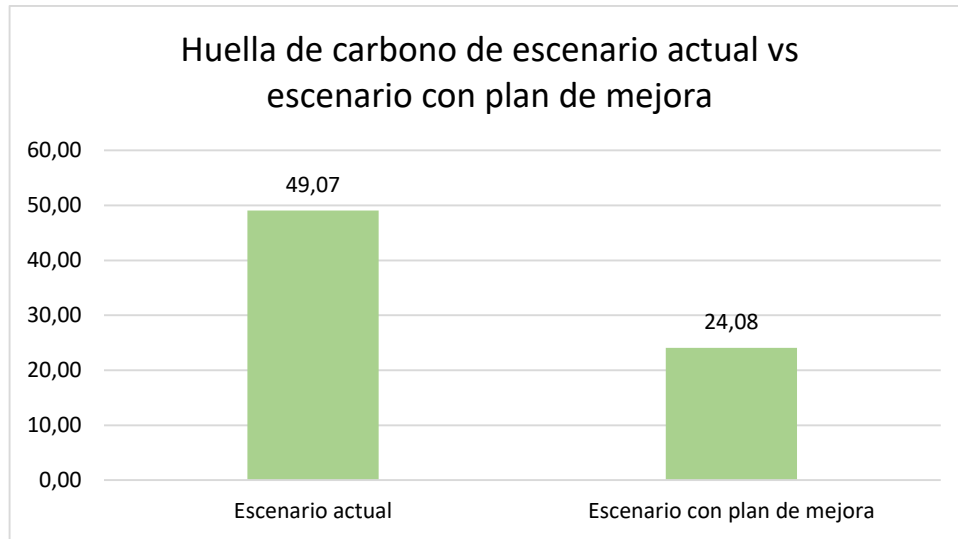


Figura 25. Comparativa de huella de carbono total de escenario actual vs escenario con plan de mejora

3.2 Conclusiones

Con la culminación este trabajo de integración curricular, se presenta las conclusiones obtenidas producto de la investigación:

- Se considera que la investigación realizada ha cumplido con los objetivos planteados inicialmente para el desarrollo del proyecto. Se han logrado realizar la recopilación del inventario de entradas y salidas de acuerdo con el alcance establecido, reconociendo que, en algunos casos, las estimaciones de Factores Emisión no representan plena exactitud puesto que la estimación de estos fue obtenida de fuentes secundarias. Sin embargo, los resultados y análisis desarrollados presentan un nivel de detalle satisfactorio para los elementos recopilados en cada subsistema analizado, tanto en la visita in situ realizada a la planta y a sus procesos, como a los gestionados con los registros proporcionados por la empresa.
- La caracterización de los procesos de producción involucrados en la fabricación del aderezo de salsa de tomate REY SABOR se llevó a cabo con el apoyo de una guía de observación. Esta caracterización identificó aspectos geográficos, información de cada una de las etapas que atraviesa hasta obtener el producto final, registro de datos de entradas y salidas de materia prima y producto final, especificaciones técnicas de máquinas y equipos, tiempos de uso de estas y, cantidad de energía

utilizada. Esta información, fue fundamental para la cuantificación de la huella de carbono.

- La huella de carbono total asociada a la unidad funcional de este caso de estudio fue de 49,07kg CO₂ equivalente para un lote de producción de 150 unidades de aderezo de salsa de tomate en presentación de 3,5kg. Esta cuantificación supone la identificación de áreas específicas donde la empresa REY SABOR puede conducir sus esfuerzos para lograr mejoras ambientales, que pueden tener un impacto positivo en su rentabilidad, reputación y sostenibilidad a largo plazo.
- El subsistema que más influye en la generación de CO₂ para este proceso productivo es el “Transporte de materias primas”, el cual generó 37,66 kg CO₂ equivalente, cuyo valor represente el 46,96% del total de emisiones obtenido.
- Los planes de mejora constituyen un recurso importante dentro de cualquier organización. Para esta investigación, el plan de mejora fue constituido considerando los subsistemas que generaron mayor impacto ambiental en el proceso productivo de la salsa de tomate REY SABOR. Inicialmente, se planeó ciertas alternativas para reducir la huella de carbono en el subsistema “Transporte de materias primas”, el cual representaba el 46,96%, se prevé que, con la aplicación del mismo, esta reduzca en un 65,06% en este subsistema. Posteriormente, se planteó mejoras para el subsistema “Consumo de combustible”, cuyo valor representa el 8,53% del total de la huella de carbono. Esta sección comprende mejoras en cuanto al aumento de eficiencia de las máquinas, específicamente del caldero pirotubular de dos pasos, mismo que se sugiere instalar un sistema automático de control de combustión que puede monitorear y ajustar de manera inteligente la cantidad óptima de aire requerida para el proceso de combustión para generar un ahorro de diésel de al menos un 15%. Tomando en cuenta las mejoras planteadas para estos dos subsistemas, se estima una reducción de 50,93% de la huella de carbono, puesto que se pasamos de 49,07 kg de CO₂ equivalentes a 24,08 kg CO₂ equivalentes. Considerando que la efectividad del plan de mejora depende de la disposición de la empresa para su implementación y que, los resultados solo serán medibles en función de su ejecución, este plan ha logrado identificar acciones alcanzables para reducir el impacto ambiental asociado al proceso productivo de la empresa. Cabe destacar estas acciones generan impactos significativos, lo que implica que estas mejoras pueden tener un efecto relevante en términos de sostenibilidad, reputación, responsabilidad social corporativa y costos.

- A pesar de que el subsistema “Producción de materias primas e insumos” haya tenido un impacto del 40,48% en la generación de huella de carbono, no se estableció una propuesta de mejora para este, ya que, al obtener materia prima e insumos de múltiples proveedores no podemos intervenir en los procesos desarrollados por cada una de las empresas.

3.3 Recomendaciones

Tras la realización del presente trabajo de integración curricular y, considerando la metodología empleada junto con resultados obtenidos, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Para reducir la huella de carbono se sugiere la implementación de un sistema de planificación de requerimientos de materiales (MRP), puesto que en las visitas in situ se evidenció que los materiales e insumos eran adquiridos al momento de terminarse. Tener una planificación MRP permitirá una gestión más precisa y eficiente de nuestros recursos, ya que, en lugar de realizar las compras en múltiples viajes, estos podrían ser consolidados y de esta manera disminuiría el impacto ambiental en transporte y significaría una mejora en la rentabilidad a mediano y largo plazo.
- Alineados con el principio 1 de la ingeniería verde, la cual menciona que, las empresas deben garantizar que las entradas y salidas de materia y energía tengan el menor impacto posible, se recomienda cambiar de proveedores de materia prima internacional a los sugeridos en la propuesta de mejora, puesto que existe opciones con menos generación de CO₂ involucrado, y similares términos de calidad, capacidad y costos.
- Se recomienda instalar un sistema automático de control de combustión para monitorear y ajustar de manera inteligente la cantidad óptima de aire requerida en el proceso de combustión del caldero pirotubular en las etapas de mezcla (A), (B), (C) y etapa de cocción para generar un ahorro de diésel del 5%. Adicionalmente, se recomienda planificar las operaciones de cocción para evitar tiempos de inactividad innecesarios y apagar el caldero cuando no esté en uso.
- Considerando el creciente interés de las organizaciones por la conciencia ambiental y la necesidad de una gestión sostenible de los recursos, se recomienda que la

empresa considere la cuantificación de la huella de carbono en el resto de sus productos, esto le permitirá identificar otras oportunidades de mejora.

- Se recomienda que, en los futuros estudios ambientales se considere la cuantificación de la huella hídrica, cuyo análisis permitirá una comprensión más profunda de como el desperdicio de agua en las actividades de limpieza y lavado de equipos en la empresa impacta en el medio ambiente.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, M., & Ramirez, A. (2020). *Dióxido de carbono, sus dos caras*. www.rseq.org82
- Banco Mundial. (2021). *Tasa de natalidad, nacidos vivos en un año (por cada 1.000 personas)*.
- Bazan, G. (1997). Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth. *Electronic Green Journal*, 1(7). <https://doi.org/10.5070/g31710273>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*.
- Bravo, E. (2015). *Estudio de la huella de carbono de una industria mediante la norma ISO 14.064 en el año 2015*.
- Carballo, A., García Negro, M. C., & Doménech, J. L. (2008). *La huella ecológica corporativa*. 17(2).
- CCQ. (2022). *La Industria de Alimentos y Bebidas explora nuevas oportunidades en el mercado ecuatoriano*. <https://ccq.ec/la-industria-de-alimentos-y-bebidas-explora-nuevas-oportunidades-en-el-mercado-ecuatoriano/#:~:text=Con%20ventas%20del%20sector%20agroalimentario,social%20y%20econ%C3%B3mica%20del%20pa%C3%ADs>.
- CDS. (1987). *El Desarrollo sostenible*. Comisión Mundial Sobre El Medio Ambiente y El Desarrollo.
- CEPSA. (2015). *El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa Dossier Cepsa Dirección de Comunicación*. https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf
- Corporación Financiera Nacional. (2017). *Ficha Sectorial Sector Manufacturero Alimentos preparados y bebidas*.
- Cortés, M., & Elkin, A. (2007). La agroindustria y viabilidad del sector agropecuario. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES*.
- Da Silva, C. (2013). *Agroindustrias y desarrollo*. FAO.
- Dirección de Reconversión Ambiental y Tecnológica. (2020). Buenas prácticas en los procesos de instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración. *Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones Y Pesca de Ecuador*.

- Domínguez, J., & Escrig, D. (2008). *El Impacto Ambiental de las Actividades Industriales*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero#results>
- EPA. (2023). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos . <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- FAO. (2005). *Programa de Agroindustrias de la FAO*.
- FAO. (2010). Las biotecnologías en la agroindustria en los países en desarrollo. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*. <https://www.fao.org/biotech/sectoral-overviews/agro-industry/es/>
- FAO. (2013). *Agroindustrias para el desarrollo* (C. Da Silva, D. Baker, A. Shepherd, & C. Jenane, Eds.). FAO.
- FAO. (2018, May 2). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- Frohmann, A. (2013, March 7). *Cálculo y etiquetado de la huella de carbono*.
- Gama, L., Guarnizo, F., & Mogollón, G. (2014). La agroindustria: Una visión desde la Auditoría Ambiental. *Revista Academia y Virtualidad*, 7(2), 102–111.
- García, G. (2023). *La industria alimentaria busca lograr la neutralidad de carbono*. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/la-industria-alimentaria-busca-lograr-la-neutralidad-de-carbono/#:~:text=La%20neutralidad%20de%20carbono%20implica,se%20absorbe%20por%20Otras%20v%C3%ADas.>
- Graedel, T., & Allenby, B. (2010). *INDUSTRIAL ECOLOGY AND SUSTAINABLE ENGINEERING*.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación - sampieri- 6ta EDICION* (6th ed.).
- IDEAM. (2022). *La radiación solar y su paso por la atmósfera*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera#:~:text=La%20capacidad%20de%20reflexi%C3%B3n%20o,el%20calentamiento%20de%20la%20atm%C3%B3sfera.>
- Ihobe. (2009). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*.
- INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*.
- INEN. (2013). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-CODEX 192:2013*. <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/>

- Inocente, E., Ecoña, A., & Silva, R. (2021). Minimally processed foods: generalities, processing, consumption and physical, chemical and biological changes. *Agroindustrial Science*, 11(1), 117–126. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.14>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Calculadora de emisiones de CO2*. https://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_5
- International Labour Organization. (2023). *Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades industriales*. <https://ilostat.ilo.org/es/resources/concepts-and-definitions/classification-economic-activities/>
- ISO. (2006a). ISO 14.044:2006 Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida , Requisitos y directrices. *International Standards Organization*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>
- ISO. (2006b). SO 14040:2006 Análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia. *International Standards Organization*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- ISO. (2018). *Norma ISO 14067: Gases de Efecto Invernadero, Huella de carbono de productos, requisitos y directrices para cuantificación y comunicación*. <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/tc207sttf>
- Jácome, H., Naranjo, M., & Burgos, S. (2010). *FLACSO-MIPRO Sector Agroindustrial*.
- Jimenez, V. (2016). *Los estudios de casos como enfoque metodológico Case studies as a methodological approach Artículo de Revisión (Vol. 3, Issue 2)*.
- Leibovich, J., Perfetti, J. J., Botello, S., & Vasquez, H. (2010). *El proceso de transformación agrícola en Colombia: Un análisis microeconómico*.
- Marquet, O., Ríos, V., & Miralles Carme. (2016). Estimación de las emisiones de CO 2 desde la perspectiva de la demanda de transporte en Medellín Carme Miralles-Guasch. *Revista Transporte y Territorio*, 15.
- Martinez, R., & García, J. (2016). *Análisis del desarrollo de la agroindustria local ecuatoriana y su relación con el potencial territorial*. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661258005/>
- MASTERSI. (2021). *11 maneras de mejorar la eficiencia en las calderas*. <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/228-11-maneras-de-aumentar-la-eficiencia-de-la-caldera>
- Minango, W., Egas, P., & Terán, F. (2021). *Optimización de los procesos de producción de maquinarias y equipos industriales en una empresa metalmecánica, mediante la aplicación de manufactura esbelta*.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2018). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Mucho Mejor Ecuador. (2022). *El sector de alimentos y bebidas, un mercado que sigue creciendo en el Ecuador*. <https://muchomejorecuador.org.ec/elementor-26163/>

- OMI. (2017). *¿Cuánto contamina realmente un buque?* Organización Marítima Internacional. <https://www.nuestromar.org/antiguas/cuanto-contamina-realmente-un-buque/#:~:text=Un%20buque%2C%20como%20se%20ha,CO2%20por%20cada%20t%2Fkm>.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1–4), 135–160. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Puig, R., Mila, L., Domenech, X., Rieradeval, J., & Fullana, P. (1997). El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y su utilización en el ecoetiquetaje de productos. *Universidad Autónoma de Barcelona*.
- Romero, B. (2003). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos*.
- The International EDP. (2019). *Environmental Product Declarations*. <https://www.environdec.com/pcr-library>
- UNFCCC. (2012). *¿Qué es el Protocolo de Kyoto?* United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/es/kyoto_protocol
- Universidad Cesuma. (2022). *Impacto ambiental de la industria alimentaria*. <https://www.cesuma.mx/blog/impacto-ambiental-de-la-industria-alimentaria.html#:~:text=La%20agricultura%20y%20la%20ganader%C3%ADa,pesticidas%2C%20herbicidas%20y%20fertilizantes%20qu%C3%ADmicos>.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological footprint*.
- WWF. (2022). *¿Qué es la huella ecológica? ¿Cómo se produce? ¿Cómo la podemos reducir?* https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/informe_planeta_vivo_ipv/huella_ecologica/
- Yandún, C. (2018). *Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la cadena agroalimentaria*.
- Yin, R. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications. *Thousand Oaks*. https://www.google.com.ec/books/edition/Case_Study_Research/FzawIAdilHkC?hl=es&gbpv=1&dq=bibliogroup:%22Applied+Social+Research+Methods%22&printsec=frontcover
- Zimmerman, J. B., & Mihelcic, J. R. (2003). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad y Diseño*.

5 ANEXOS

ANEXO I. GUIA DE OBSERVACIÓN PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

GUIA DE OBSERVACIÓN						
ESTUDIANTE :RAQUEL NOEMI FARINANGO GUZMÁN						
EMPRESA	REY SABOR		FECHA:		14-jun-23	
PERSONA A CARGO DEL ÁREA	RENÉ GAGÑAY		CARGO: GERENTE GENERAL			
DIRECCIÓN: QUITO NORTE, ZONA INDUSTRIAL CALDERÓN						
OBJETIVO: RECOPIRAR INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS QUE LLEVA A CABO LA EMPRESA, FLUJOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA Y ENERGÍA, EQUIPOS Y MAQUINAS UTILIZADO, TIEMPOS DE PROCESAMIENTO						
<p style="text-align: center;">MAPA DE PROCESOS</p> <pre> graph LR A[Recepción de materias primas] --> B[Dosificación de materias primas] B --> C[Mezcla (A), (B), (C)] C --> D[Cocción] D --> E[Verificación de especificaciones] E --> F[Envasado y etiquetado] F --> G[Almacenamiento] G --> H[Despacho y distribución] </pre>						
ETAPAS IMPORTANTES	FLUJO DE MATERIA		FLUJO DE ENERGIA		TIEMPO (min)	EQUIPOS
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA		
Recepción de MP	Todas las MP e insumos		e (transporte marítimo y terrestre)	Emisiones CO2	N/A	Camion
Dosificación de Materias Primas	MP (Mezcla A, B,C)	MP Dosificada de acuerdo a	electricidad	Emisiones CO2	15	Balanza de precisión
Mezcla (A),(B), (C)	Agua, Almidon de Maiz, colorante	Mezcla (A)	Energia eléctrica y combustibl e diesel	Emisiones CO2	5	Marmita, caldero pirotubular, soplador
	Sal, Celulosa, Goma Xanthan,	Mezcla (B)	Energia eléctrica y combustibl e diesel	Emisiones CO2	15	Marmita, caldero pirotubular, soplador, bomba, acoplamiento de motor para agitación de
	Vinagre condimenta do, Pasta de tomate,	Mezcla (C)	Energia eléctrica y combustibl e diesel	Emisiones CO2	10	Marmita, caldero pirotubular, soplador, bomba, acoplamiento de motor para agitación de
Cocción	N/A	Salsa cocida	Energia eléctrica y combustibl e diesel	Emisiones CO2	20	Marmita, caldero pirotubular, soplador, bomba, acoplamiento de motor para agitación de
verificación de especificaciones	N/A	Salsa apta para envase	Manual	N/A	3	Viscosimetro Prueba de laboratorio

Envasado y etiquetado	envases plásticos y etiquetas	Salsa envasada/R esiduos de salsa	Energía eléctrica	Emissiones CO2	10	Tolva, flauta, bomba
Almacenamiento	Paletts, plástico para retractilado	pallets de salsa de tomate	Manual	N/A	15	Sin refrigeración
Despacho y Distribución	N/A	Salida de salsas de la planta	Combustible diesel	Emissiones CO2	No definido	camion

ANEXO II. DOCE PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA VERDE

Recuadro / 7.1 Los 12 principios de la Ingeniería Verde

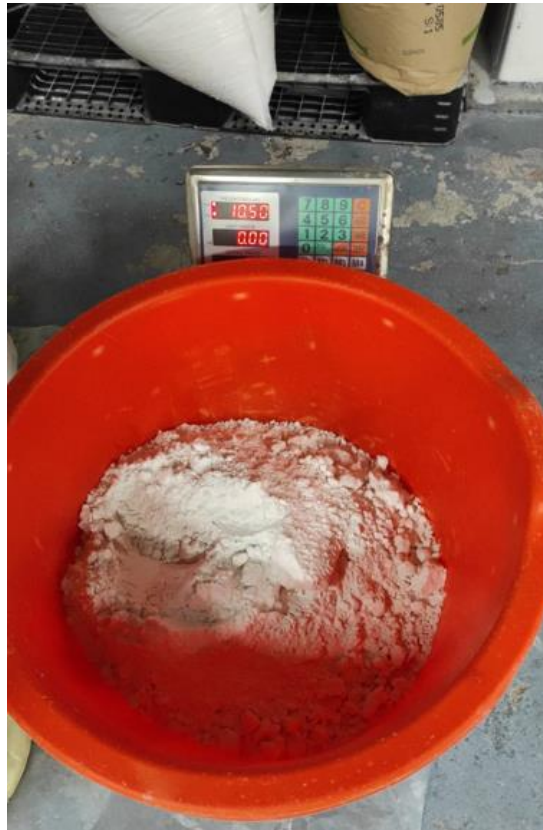
1. Los diseñadores necesitan procurar garantizar que todas las entradas y salidas de material y energía sean tan inherentemente no peligrosas como sea posible.
2. Es mejor prevenir los residuos que tratar o limpiar los residuos después de que se han formado.
3. Las operaciones de separación y purificación deben ser un componente del marco de diseño.
4. Los componentes del sistema (productos, procesos y sistemas) se deben diseñar para maximizar la masa, la energía y la eficiencia temporal.
5. Los componentes del sistema se deben jalar hacia afuera en vez de ser empujados hacia adentro a través del uso de energía y materiales.
6. La entropía incrustada y la complejidad deben ser vistas como una inversión a la hora de tomar decisiones de diseño sobre reciclaje, reutilización o disposición benéfica.
7. La durabilidad pretendida, no la inmortalidad, debe ser un objetivo de diseño.
8. El diseño para la capacidad o aptitudes innecesarias se debe considerar como una falla de diseño. Esto incluye las soluciones de ingeniería de “un tamaño le queda a todos”.
9. Los productos multicomponentes deben procurar la unificación de materiales para promover el desmontaje y la retención de valor (minimizar la diversidad de material).
10. El diseño de procesos y sistemas debe incluir la integración de la interconectividad con los flujos de materiales y energía disponibles.
11. La métrica de desempeño incluye el diseño para el desempeño en la vida comercial “después de”.
12. El diseño debe estar basado en las entradas renovables y fácilmente disponibles durante el ciclo de vida.

(Anastas y Zimmerman, 2003)

ANEXO III. ETAPA 1: RECEPCION DE MATERIA PRIMA



ANEXO IV. ETAPA 2: DOSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS



ANEXO V. TABLA DE COMPOSICIÓN DE SALSA DE TOMATE PARA UN LOTE DE PRODUCCIÓN.

Aderero Salsa de Tomate

DESCRIPCIÓN	Un	Cant x batch	Medida	Costo
Agua	kg	400.000	390.000	425.00
vinagre condimentado	kg	37.500	28.500	27.500
P. tártara	kg	16.700	5.268	16.700
Sal	kg	10.500	5.268	208.9
Azúcar	kg	0.000	0.000	0.000
Pasta de tomate	kg	1.200	0.600	2.200
CMC	kg	1.250	2.000	1.800
Goma xanthan	kg	1.500	2.000	1.000
Adesivo almidón	kg	0.500	0.300	0.500
Color caramelo	kg	0.200	0.140	0.200
Bisfitato de sodio	kg	0.250	0.125	0.250
Sorbato de potasio	kg	0.200	0.125	0.200
Aspartame	kg	0.200	0.140	0.200
Rojo 40	kg	0.000	0.000	0.000
		871.110	518.50	458.85

Handwritten notes on the left side of the table:
 100
 60
 3,500
 1,200
 0,150
 0,150
 0,010
 0,050
 0,150

ANEXO VI. ETAPA 3: MEZCLA (A), (B), (C)



ANEXO VII. ETAPA 4: COCCIÓN



ANEXO VIII: ETAPA 5: VERIFICACIÓN DE ESPECIFICACIONES



ANEXO IX. ETAPA 6: ENVASADO Y ETIQUETADO



ANEXO X. PRODUCTO FINAL ADEREZO DE SALSA DE TOMATE



ANEXO XI. ANÁLISIS DE LABORATORIO COMPOSICIÓN DE SALSA DE TOMATE



INFORME DE RESULTADOS

INF-AQ 2013

Cliente	Reina Raul Garbay Quintana	Lote	49
Dirección	Urb. Ekoina Av. Jello Ramos N60-300 y Gerónimo	Fecha Elaboración	18/2/2021
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento:	18/8/2021
Muestra de	Alimento	Fecha Recepción:	24/2/2021
Descripción	Aderezo de Tomate "Rey Sabor"	Hora Recepción:	15:00:00
		Fecha Análisis:	24/2/2021
		Fecha Entrega:	11/3/2021
		Código/Control:	1ERO

Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Semisolido
Contenido Declarado:	500g
Material de Empaque:	Envase y tapa de polietileno de alta densidad

RESULTADOS AREA QUIMICA

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
* Sólidos Totales	%	23,46	MQ-23/AOAC 920.15
* Ceniza	%	4,33	MQ-07/AOAC 945.46
* Grasa	%	0,16	MQ-08/AOAC 2003,06
* Proteína	%	2,39	MQ-09/AOAC 2001,11
* Fibra	%	0,00	MQ-10/INEN 522
* Carbohidratos Totales	%	16,58	CALCULO
* Carbohidratos Disponibles	%	16,58	CALCULO
* Energía	Kcal/100g	77,28	CALCULO
	KJ/100g	323,81	CALCULO
* Azúcares Totales	%	3,70	MQ-24/LUFF
* Sodio	mg/100g	1177,26	MS/APHA 3500 Na
* Colesterol	mg/100g	<0,01	MQ-134/ESPECTROFOTOMETRIA
* Densidad	g/cc	1,073	MQ-25/INEN 391-2012
* pH	-----	3,96	MQ-22/INEN ISO 1842
* Sólidos Solubles	*Brix	25	MQ-130/AOAC 932.12
* Sulfatos	mg/Kg	1,20	MQ-155/VOLUMETRICO
* Arsénico	mg/Kg	< 0,01	MS/APHA 3114 B MODIFICADO
* Mercurio	mg/Kg	< 0,02	MS/APHA 3112 B MODIFICADO
* Cobre	mg/Kg	2,61	MS/APHA 3111-B MODIFICADO
* Plomo	mg/Kg	<0,02	MS/APHA 3111B MODIFICADO
* Estaño	mg/Kg	125	MS/APHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICALLABS ACREDITACION Nº SAE LEN 18-037

Nota: *Las ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

Dra. Pamela Jacome
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Documento firmado con respaldo de seguridad Quick Response Code

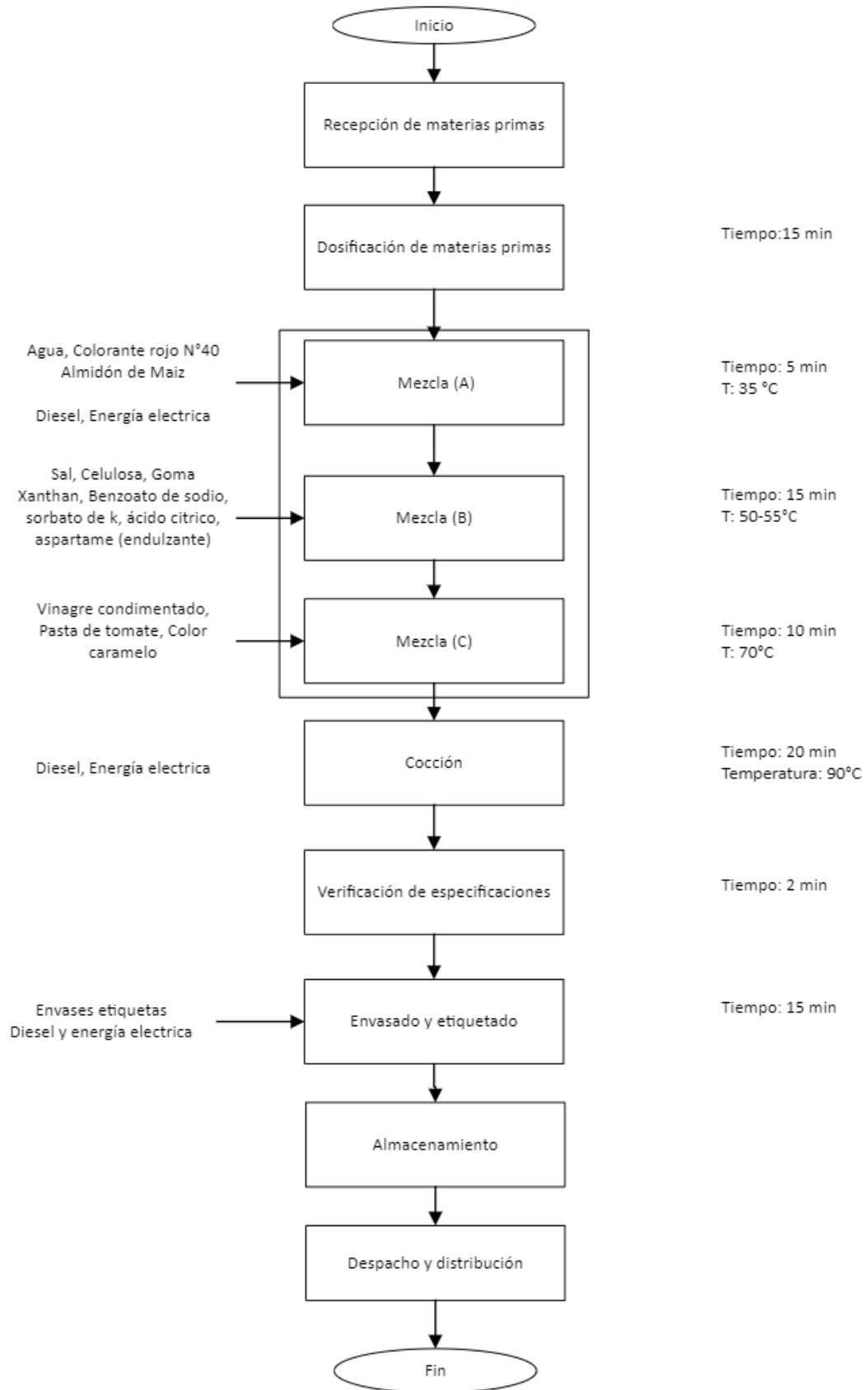
ANEXO XII. ETAPA 7: ALMACENAMIENTO







ANEXO XIII. ETAPA 8: DESPACHO Y DISTRIBUCIÓN



ANEXO XIV. DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIA Y ENERGÍA



ANEXO XV. FICHA TÉCNICA ENVASE PARA SALSA

		FICHA TECNICA	
		CÓDIGO: RE-CA-01	
FICHA TÉCNICA			
CLIENTE		VARIOS	
PRODUCTO		galon tiburón 3.2 litros	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		galon cuadrado 105 g T-42mm natural	
<p>La resina utilizada para la fabricación de este producto cumple la regulación para polímeros de olefinas del capítulo 177.1520 del CFR 21 de la Food and Drug Administration (FDA), para ser utilizada en contacto con alimentos</p>			
TIPO DE MATERIA PRIMA			
polietileno de alta densidad			
natural			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO			
Característica	Unidad	Medida	
Peso Aproximado	Gramos	105 +/- 2	
Dimensión Alto	Milímetros	254,8 +/- 2	
Dimensión Ancho	Milímetros	147,7 +/- 1	
exterior de rosca	Milímetros	41,2 +/- 0,5	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EMPAQUE			
Característica	Unidad	Medida	
Dimensiones de la Funda	Centímetros	62 x 248	
Peso de la Funda	Gramos	225,00	
Producto por Funda	Unidad	50	
Peso Bruto por Funda	Kilogramos	5,3-5,5	
Apilamiento Máximo de Fundas	Unidad	10	
FOTOGRAFIA DEL PRODUCTO			
			
Aprobado Por: MANUEL AMAYA COORDINADOR DE PRODUCCION 		Verificado por: DIANA MAYA JEFE DE CALIDAD 	

ANEXO XVI. CALDERO PIROTUBULAR DE 2 PASOS



ANEXO XVII. TOLVA



ANEXO XVIII. MARMITA



ANEXO XIX. REGISTRO DE DESPACHO DE SALSAS

28/06/2023	FICHA DE DESPACHO PRODUCTOS REY SABOR								TOTAL PRODUCTO S
SALSA DE TOMATE 3,5 KG	8	50	1	8	60	1	12	80	220
SALSA DE TOMATE 2 KG	12	6							18
SALSA DE TOMATE 1 KG	6						60		66
SALSA DE TOMATE 400 GR SQUEEZE									0
SALSA DE TOMATE 6 GR SACHETS 1000									0
SALSA DE TOMATE 6 GR SACHETS 1500									0
PASTA DE TOMATE 3,8 KG									0
PASTA DE TOMATE 1 KG	6								6
MAYONESA 3,8 KG	4	2				1	4	24	35
MAYONESA 3,5 KG									0
MAYONESA 2 KG									0
MAYONESA 1 KG	6	2							8
MAYONESA 400 GR SQUEEZE									0
MAYONESA 6 GR SACHETS 1000									0
MAYONESA 6 GR SACHETS 1500									0
MOSTAZA 3,8 KG	3	12	6				12		33
MOSTAZA 3,5 KG									0
MOSTAZA 2 KG									0
MOSTAZA 1 KG	6						12	12	30
MOSTAZA 400 GR SQUEEZE									0
MOSTAZA 6 GR SACHETS 1000									0
MOSTAZA 6 GR SACHETS 1500									0
SALSA CHINA 3,5 KG	3	4							7
SALSA CHINA 2 KG									0
SALSA CHINA 1 KG	6	3	6						15
SALSA CHINA 400 GR SQUEEZE									0
SALSA CHINA 6 GR SACHETS 1000									0
SALSA CHINA 6 GR SACHETS 1500									0
SALSA DE AJÍ 3,5 KG									0
SALSA DE AJÍ 2 KG									0
SALSA DE AJÍ 1 KG									0
SALSA DE AJÍ 400 GR SQUEEZE									0
SALSA DE AJÍ 6 GR SACHETS 1000									0
SALSA DE AJÍ 6 GR SACHETS 1500									0
SALSA BBQ 3,5 KG	3	1	2			3			9
SALSA BBQ 1 KG	6	4					12		22
SALSA BBQ 400 GR SQUEEZE									0
SAZONADOR 3,5 KG									0
SAZONADOR 400GR									0
SUCEDANEO VINAGRE NATURAL 3,5 LT	4								4
SUCEDANEO VINAGRE NATURAL 2 LT									0
SUCEDANEO VINAGRE NATURAL 500 ML	24								24
VINAGRE DE MANZANA VERDE 3,5 KG									0
VINAGRE DE MANZANA VERDE 500 ML									0
VINAGRE CAFÉ 3,5 LT									0
VINAGRE CAFÉ 500 ML	12								12
BBQ MARACUYA 3,5 KG									0
									509

ANEXO XX. CALCULADORA DE HUELLA DE CARBONO ELECTRICIDAD Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Energy kWh	Electricity mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg Emissions		
Cálculo de CO₂ para producir electricidad en kWh ⓘ					
<input type="text" value="1000"/>		<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="500.00 kg"/>		
Las emisiones de CO₂ por kWh de electricidad y calor ⓘ					
<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="North America"/>	<input type="text" value="481.1105"/>	<input type="text" value="481.11 kg"/>		
Las emisiones de CO₂, la comparación entre diferentes fuentes de energía ⓘ					
<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="Other bituminous coal"/>	<input type="text" value="840"/>	<input type="text" value="840.00 kg"/>		
km	Transport: cars, vehicles	CO ₂ g/km	CO ₂ kilogram		
Cálculo de las emisiones de CO₂ de los coches ⓘ					
<input type="text" value="10000"/>		<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="1500.00 kg"/>		
quantity	Fuel combustion	CO ₂ kg factor	CO ₂ kilogram		
¿Cuántos kilos de CO₂ se emiten durante la combustión? ⓘ					
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="Petrol (kg)"/>	<input type="text" value="3.088"/>	<input type="text" value="3.09 kg"/>		
quantity	Unit	Fuel	Distance	Unit	CO ₂ g/km

https://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_5