

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:  
ECOEFICIENCIA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A TRAVÉS DEL PROTOCOLO  
PARA GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PARA REDUCIR LOS  
IMPACTOS AMBIENTALES EN UNA EMPRESA DE SERIGRAFÍA TEXTIL  
EN EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**GUILLÉN RAMÍREZ, MARIO MIGUEL**

PARA OPTAR A TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA:

**INGRA. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:  
ECOEFICIENCIA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

Título:

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO A TRAVÉS DEL PROTOCOLO  
PARA GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PARA REDUCIR LOS  
IMPACTOS AMBIENTALES EN UNA EMPRESA DE SERIGRAFÍA TEXTIL  
EN EL SALVADOR**

Presentado por:

**GUILLÉN RAMÍREZ, MARIO MIGUEL**

Docente asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

**SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2022**

**TRABAJO DE GRADO APROBADO POR:**

**DOCENTE ASESOR**

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi mamá, Antonia Ramírez y mi papá Miguel Guillén, que con su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional. A mis hermanos, Eder Guillén y Josué Guillén por todas la vivencias, consejos y apoyo brindado en los momentos más difíciles.

A Isemnia Trejo por siempre creer en mí y apoyarme en cada momento de con su cariño y comprensión en cada día que compartimos.

A mi queridísima alma máter, a todos mis docentes, compañeros, conocidos y todos aquellos que de una u otra manera han realizado un aporte para llegar a este logro.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, mil gracias.

## RESUMEN

La huella de carbono es un indicador que mide la cantidad de gases de efecto invernadero, expresados generalmente de toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ), asociados a las actividades de corporación, empres, organización, evento, producto/servicio o persona individual.

Cabe mencionar que la huella de carbono es conocida como una de las principales medidas para actuar frente al cambio climático, dado que permite iniciar acciones de reducción de emisiones y reducir el impacto. Es por esto, que una vez calculada la huella de carbono, deben gestionar estrategias de reducción enfocados en los focos de emisión identificados. Esto supondrá una oportunidad para identificar proyectos de reducción y eficiencia, un plan de eficiencia energética.

Debido a ello se desarrolla la herramienta internacional mas utilizada para el cálculo y comunicaciones de Inventario de emisiones mejor conocida como Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI) o su nombre en inglés Green House Gas Protocol (GHG). El protocolo de GEI tiene una metodología extensa y complicada pero eficaz para la obtención de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero directos e indirectos. Utiliza una visión intersectorial y contabiliza las emisiones, de cualquier sector.

En las siguientes páginas se desarrolla una investigación que expone, de forma general el proyecto, cálculo de la huella de carbono a través del Protocolo para Gases de Efecto Invernadero a la empresa ejemplo. A su vez se destaca el impacto de las actividades de la serigrafía en la emisión de gases de efecto invernadero. También se identifican los tres tipos de alcance vinculados a la metodología del GHG para la empresa ejemplo.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
1. HUELLA DE CARBONO .....	3
1.1. Concepto de huella de carbono.....	4
1.2. Contexto en Latinoamérica de la huella de carbono.....	5
1.3. Contexto de la Huella de carbono en El Salvador .....	6
1.4. Métodos para el cálculo de huella de carbono .....	7
1.4.1. Familia ISO .....	8
1.4.2. Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	8
1.4.3. Bilian Carbone .....	9
1.5. Ventajas que aporta el cálculo de la huella de carbono .....	9
2. SERIGRAFÍA TEXTIL .....	10
2.1. Descripción de procesos realizados en la serigrafía textil .....	10
2.1.1. Proceso de Diseño del Arte .....	10
2.1.2. Proceso de Formulación de Tintas .....	11
2.1.2.1. Tinta Plastisol.....	11
2.1.2.2. Tintas Base Agua .....	12
2.1.3. Proceso de Revelado de Marcos .....	12
2.1.3.1. Tensión de la malla.....	14
2.1.3.2. Espesor de la emulsión en la malla .....	14
2.1.3.3. Contenido de Humedad .....	14
2.1.3.4. Intensidad y tiempo de exposición a luz ultra violeta .....	14
2.1.3.5. Esténcil.....	15
2.1.4. Proceso de estampado.....	15
2.2. Materias primas utilizadas en proceso .....	16
2.2.1. Proceso de diseño de arte.....	16
2.2.2. Proceso de revelado de marcos .....	16
2.2.3. Mallas para estampado .....	16
2.2.4. Emulsión para marcos .....	16

2.2.5. Proceso de formulación de tintas.....	17
2.3. Materiales y residuos de procesos .....	17
2.3.1. Área de Marcos y Revelado .....	17
2.3.1.1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) .....	18
2.3.2. Área de tintas .....	20
2.3.3. Área de producción.....	21
3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS .....	22
3.1. Base metodológica de cálculo.....	22
3.2. Limite organizacional .....	23
3.2.1. Enfoque de participación accionaria .....	23
3.2.2. Enfoque de control .....	23
3.3. Limite operacional .....	24
3.4. Alcances .....	25
4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.....	26
4.1. Cálculo de las emisiones.....	26
4.1.1. Cálculo de emisiones Alcance 1 .....	26
4.1.2. Cálculo de emisiones Alcance 2 .....	31
4.1.3. Cálculo de emisiones alcance 3.....	33
4.2. Huella de Carbono Total. ....	38
4.3. Medidas de reducción de emisiones de GEI .....	40
4.3.1. Energía eléctrica .....	40
4.3.2. Consumo de GLP.....	41
4.3.3. Uso de papel.....	41
CONCLUSIONES .....	42
RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.1</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de GLP 2019 de empresa ejemplo. ....	27
<b>Tabla 4.2</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por DQO degradado 2019 en empresa ejemplo. ....	28
<b>Tabla 4.3</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por consumo de Diésel y Gasolina 2019. ....	30
<b>Tabla 4.4</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de energía eléctrica. ....	32
<b>Tabla 4.5</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por viajes de trabajo de la empresa ejemplo. ....	33
<b>Tabla 4.6</b> Emisiones CO <sub>2eq</sub> transporte de desechos especiales en empresa ejemplo. ....	34
<b>Tabla 4.7</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> Agua potable 2019 de empresa ejemplo. ....	36
<b>Tabla 4.8</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de papel 2019. ....	37
<b>Tabla 4.9</b> Emisiones de CO <sub>2Eq</sub> totales de empresa ejemplo. ....	38
<b>Tabla 4.10</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> totales por alcances de empresa ejemplo. ....	39
<b>Tabla A.1</b> Factores de emisión. ....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Evolución de tendencias de selección de productos por los consumidores. ....	4
<b>Figura 1.2</b> Esquema de los alcances de la huella de carbono. ....	7
<b>Figura 2.1</b> Descripción de entrada y salida en marcos y revelado. ....	17
<b>Figura 2.2</b> Sedimentador y trampa de grasas y aceites. ....	19
<b>Figura 2.3</b> Vista de conjunto del sistema de tratamiento. ....	19
<b>Figura 2.4</b> Descripción de entradas y salidas en el área de tintas. ....	20
<b>Figura 2.5</b> Descripción de entrada y salida en el área de producción. ....	21
<b>Figura 4.1</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de GLP en empresa ejemplo. ....	27
<b>Figura 4.2</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por DQO. ....	29
<b>Figura 4.3</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por consumo de Gasolina en empresa ejemplo. ....	30
<b>Figura 4.4</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por consumo de Diésel en empresa ejemplo. ....	31
<b>Figura 4.5</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por consumo de energía eléctrica en empresa ejemplo. ....	32
<b>Figura 4.6</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por viajes en empresa ejemplo. ....	34
<b>Figura 4.7</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> transporte de desechos especiales empresa ejemplo. ....	35
<b>Figura 4.8</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> Agua potable. ....	36
<b>Figura 4.9</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> por consumo de papel. ....	38
<b>Figura 4.10</b> Emisiones de CO <sub>2Eq</sub> totales de empresa ejemplo. ....	39
<b>Figura 4.11</b> Emisiones de CO <sub>2eq</sub> totales por alcances de empresa ejemplo. ....	40

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se pretende calcular la huella de carbono para la reducción de impactos ambientales en la industria de serigrafía textil, esto debido al creciente mercado globalizado, que reconoce con más intensidad la importancia de un indicador ambiental conocido internacionalmente, como lo es la huella de carbono, su alcance en el comercio de bienes y servicios, especialmente de aquellos productos que son enviados internacionalmente a países con compromiso ambiental.

La huella de carbono y su metodología ha ido evolucionando conforme a los nuevos requerimientos, acuerdos y compromisos que los países adquieren en las cumbres ambientales internacionales. De las metodologías existentes, la metodología del Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha logrado un nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como principal referencia, junto con los estándares ISO, gracias a un fuerte apoyo de los miembros y un gran trabajo de difusión.

En el desarrollo de la industria textil, los requerimientos de los clientes son cada vez más exigentes en materia ambiental, esto debido al cuidado de un Sistema de Gestión Ambiental en toda la cadena de suministro, solicitando indicadores de desempeño ambiental, como lo es huella de carbono.

La serigrafía textil no es la excepción ya que, al trabajar con clientes en su mayoría europeos y del norte del continente americano, ven al medio ambiente como un vecino consiente y sus requerimientos ambientales evolucionan al mismo tiempo que la industria.

Dentro del rubro específico de la serigrafía, el consumo de energía eléctrica, la generación de aguas residuales, la emisión de gases por los hornos de curado y la generación de desechos especiales, son impactos ambientales intrínsecos del proceso, es por ello, que el cálculo de la huella de carbono institucional cobra importancia, no solo por el posicionamiento empresarial y competitividad sino por el compromiso del uso racional y consiente de sus recursos, permitiendo identificar impactos ambientales para mejoras en el desempeño ambiental y reducir la emisiones de GEI en todo el proceso de producción de una empresa de serigrafía textil.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Calcular la Huella de Carbono a una empresa de serigrafía textil para la reducción de impactos ambientales asociados a la emisión de GEI.

### **ESPECIFICOS**

- a. Identificar las actividades y procesos en la empresa de serigrafía textil que presenten impactos ambientales significantes.
- b. Establecer un inventario de GEI en empresa de serigrafía textil.
- c. Calcular la huella de carbono utilizando el protocolo para GEI.
- d. Especificar medidas de reducción de emisiones de GEI que permitan atenuar impactos ambientales.

# 1. HUELLA DE CARBONO

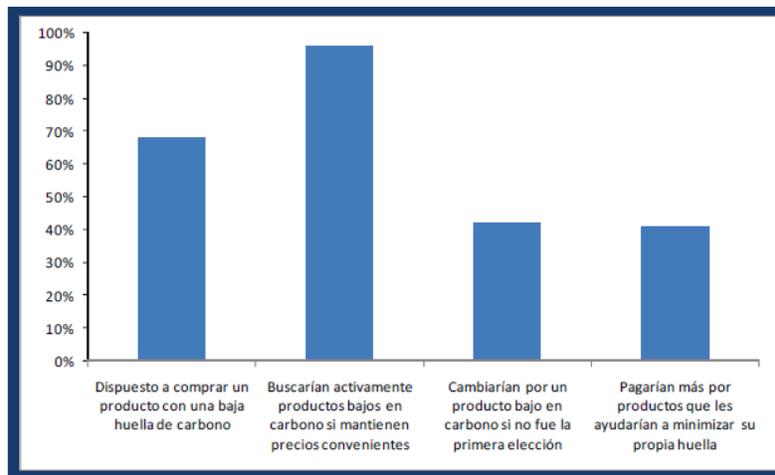
El calentamiento global es un tema que es reconocido y de suma importancia a nivel mundial. El efecto del hombre en dicho fenómeno ha hecho que a escala nacional como internacional, organizaciones y cumbres de reflexión hayan logrado intercambio tecnológico y financiero que mitiguen la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) relacionado con toda actividad humana (CEPAL, 2010).

A nivel internacional se ha implementado el Protocolo de Kyoto, que define los objetivos de reducción de emisiones de GEI de los países firmantes (entre ellos El Salvador).

A pesar de los desafíos planteados por el cambio climático, el tema cada vez preocupa más a los países, aunque existe debate con respecto a las responsabilidades para contrarrestar en calentamiento global.

Esto se refleja en la Huella de Carbono, que es una intención de voluntariedad a la mitigación de GEI. Comúnmente la Huella de Carbono se define como la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización o producto (Carbon Trust, 2008).

Cada vez existe una conciencia creciente con respecto al calentamiento global y las consecuencias del cambio climático, se observa más presión a nivel voluntario. Los consumidores empiezan a ser conscientes del impacto de su forma de vida y sus hábitos de consumo, sobre la evolución del medio ambiente y dentro de esto, el calentamiento global. Como ejemplo, las metas de reducción del gobierno inglés que trasmite a su población, tiene influencia principalmente en el consumo de energía, e, indirectamente en el consumo de materias primas y productos elaborados; es por ello que más del 50% de la población inglesa está dispuesto a comprar un producto con una baja huella de carbono, tal como se observa en la figura 1 (Recalde, 2018).



**Figura 1.1** Evolución de tendencias de selección de productos por los consumidores.

Fuente: Recalde, 2018

### 1.1. Concepto de huella de carbono

Se entiende que huella de carbón es una medida de la cantidad total exclusiva de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que es directa o indirectamente causados por una actividad o es acumulado a lo largo de las etapas de vida de un producto (Wiedmann, 2011).

El enfoque de la huella de carbono se puede definir de dos maneras:

- I. **Huella de carbono de una organización.** Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- II. **Huella de carbono de producto.** Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

El análisis de huella de carbono proporciona como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad que desarrolla la organización. La huella de carbono se configura, así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales en forma más eficiente.

## **1.2. Contexto en Latinoamérica de la huella de carbono**

Con el inicio de la Revolución Industrial en el mundo, la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la atmósfera mostró los siguientes incrementos: bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 31%; metano (CH<sub>4</sub>), 151%, y óxidos de nitrógeno (N<sub>2</sub>O). Los científicos consideran a estos factores como el resultado de la quema de los combustibles fósiles y las actividades humanas, que tienen como consecuencia un aumento de la temperatura en aproximadamente 0.6°C durante el siglo XX (Quintero, 2011).

La población mundial seguirá creciendo a unos, 12,000 millones en el año 2,025, lo que obliga a las empresas a producir más, generar mayor presión sobre el uso de los recursos naturales y una mayor demanda de bienes de consumo y servicios, ampliar la capacidad de producción de las empresas, aumentar la utilización de recursos naturales y producir un mayor volumen de desechos contaminantes a ser vertidos en el medio ambiente. El uso excesivo y sin control de todos los recursos ocasiona graves daños al ambiente (Vanegas, 2009).

En términos porcentuales, se puede decir que América Latina presenta una baja contribución a la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera al compararla con USA o Europa.

En países de Latinoamérica, las políticas sobre el cambio climático no están incluidas en sus programas nacionales. Resulta difícil que estos países logren cumplir con las obligaciones impuestas por las convenciones del cambio climático, sobre todo en la elaboración de estrategias nacionales, divulgación nacional, o un compromiso político sólido.

En la región es más preocupante puesto que no hay una campaña ambiental que concientice a toda la población. Cada país trabaja por su cuenta para contrarrestar el calentamiento global.

Existen campañas esporádicas impulsadas por diferentes organizaciones como El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), quien realiza la campaña mundial La Hora del Planeta, en el que en una sola hora en el año se apaga o se desconectan los aparatos eléctricos en varios países que apoyan este programa. Se podría decir que el objetivo es muy bueno

para concienciar al ser humano, pero falta mucho para lograr que se convierta en un estilo de vida, la reducción del consumo de energía eléctrica (Recalde, 2018).

### **1.3. Contexto de la Huella de carbono en El Salvador**

En El Salvador, la adopción de la huella de carbono es un tema de carácter completamente voluntario, ya que no se cuenta con regulaciones legales para imponer este cálculo en las diferentes industrias del país, sin embargo, muchas empresas han adoptado este indicador ambiental debido a su compromiso ambiental empresarial o requerimientos de clientes internacionales en el cuidado de su cadena de producción.

Algunas de la iniciativa en el país con la huella de carbono, son promovidas a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con apoyo de instituciones como el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML), Fundación Empresarial para la Acción Social (Fundemas), La alianza Camino al Carbono Positivo (ECCO+).

Alguna de las empresas comprometidas en calculado su huella de carbono en El Salvador son:

- a. Banco Agrícola, Hipotecario y Scotiabank
- b. Empresa cafetalera Borgonovo Pohl,
- c. Carvajal Empaques,
- d. La Constancia,
- e. Laboratorios Suizos,
- f. Chocolates Melher
- g. Distribuidora Salvadoreña (DISA)
- h. Sherwin Williams
- i. Termoencogibles,
- j. Tigo y Sykes.

A estas compañías se suman Fundemas y la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES).

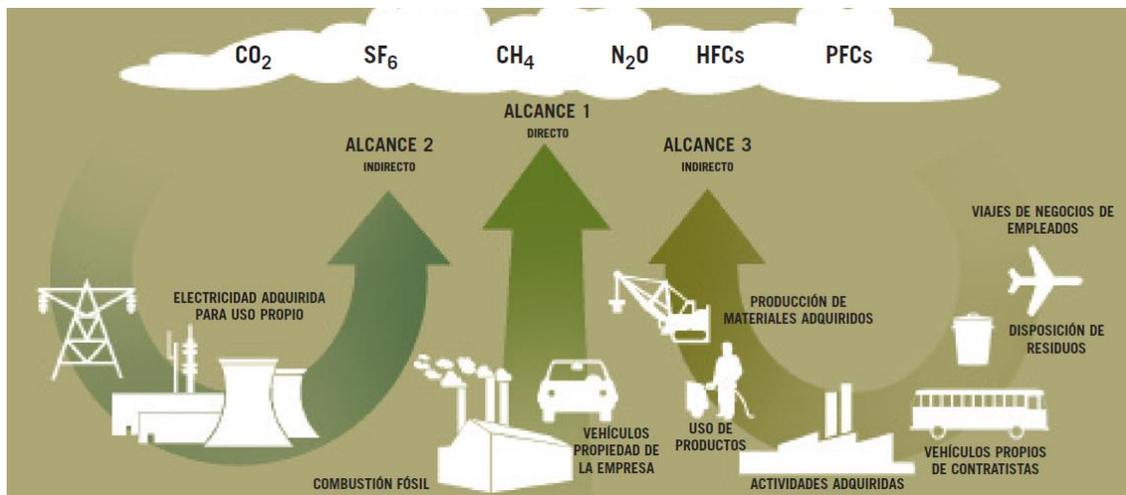
#### 1.4. Métodos para el cálculo de huella de carbono

A la fecha no se cuenta con un marco metodológico común y uniforme de medición de las emisiones de GEI en forma voluntaria que se adaptan a proyectos específicos y responden a criterios y procesos de aprobación propios de estas estructuras internacionales vinculadas con el Protocolo de Kyoto. Durante años se han desarrollado muchas metodologías para la medición de GEI.

Es importante precisar que la huella de carbono se puede aplicar a múltiples conceptos, siendo los principales:

- Una empresa o administración
- Un territorio
- Un bien o un servicio
- Un evento
- Una persona

La huella de carbono se puede medir, además, en distintas escalas, perímetros o alcances (comúnmente designado como “alcances”.) se distinguen 3 alcances, tal como se presentan en la figura 2.



**Figura 1.2** Esquema de los alcances de la huella de carbono.

Fuente: GHG Protocol

Alcance 1: Las emisiones directas (que ocurran físicamente en el periodo analizado. Como el consumo interno de combustibles, la generación de desechos, etc.).

Alcance 2: Las emisiones indirectas vinculadas con el consumo de energía (como el consumo de energía suministrada por la red eléctrica).

Alcance 3: Todas las otras emisiones indirectas (como las vinculadas a los proveedores de materias primas y el uso y fin de vida de los productos generados).

De las metodologías desarrolladas, se cuenta con marcos metodológicos de relevancia como los siguientes:

- a. Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI)
- b. Bilian Carbone
- c. Familia ISO

#### **1.4.1. Familia ISO**

Las normas ISO 14064 e ISO 14067 tienen como objetivos dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisiones de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI.

- I. ISO 14064-1: Diseño y desarrollo de inventarios de GEI para las organizaciones.
- II. ISO 14064-2: Cuantificación, seguimiento e informe de la reducción de emisiones y el aumento de las remociones.
- III. ISO 14067: Desarrollo del HCP por unidad funcional o HCP parcial por unidad declarada. Informe de estudio sobre HCP.

#### **1.4.2. Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

El GHG es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas de cálculo de emisiones de GEI.

Gracias al fuerte apoyo de los miembros y un gran trabajo de difusión, el GHG Protocol ha logrado un nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como principal referencia, junto con los estándares ISO.

### **1.4.3. Bilian Carbone**

Bilian Carbone es el método de cálculo de emisiones de GEI desarrollado por el organismo público francés. Sus primeras versiones fueron implementadas en el 2004 y responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14064 y GHG Protocol.

Esta metodología está basada en un programa en formato Excel, acompañado de guías de utilización. Se caracteriza por disponer los factores de emisión y fórmulas utilizadas, garantizando transparencia.

### **1.5. Ventajas que aporta el cálculo de la huella de carbono**

El cálculo de la huella de carbono de una organización se constituye como una herramienta con una doble finalidad: reducir los costes que implica el consumo de energía para iluminación, climatización, calefacción y transporte y, por otro lado, contribuir a la reducción de las emisiones de GEI y a una mayor concienciación medioambiental.

Por tanto, el cálculo de la huella de carbono, además de contribuir a la lucha contra el cambio climático, tiene las siguientes ventajas:

- I. Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI. La mayor parte de ellas se derivarán de la reducción de consumos energéticos y por tanto se obtendrán ahorros económicos.
- II. Formar parte de esquemas voluntarios nacionales (Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono), regionales o privados.
- III. Mejorar la reputación corporativa y el posicionamiento de la empresa. Obtención de reconocimiento externo por el hecho de realizar acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.
- IV. Identificar nuevas oportunidades de negocio: atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el cambio climático y el medio ambiente.

## **2. SERIGRAFÍA TEXTIL**

La palabra serigrafía tiene su origen en la palabra latina "sericum"(seda) y en la griega "graphé" (acción de escribir, describir o dibujar). Los anglosajones emplean el nombre de Silk-screem (pantalla de seda) para las aplicaciones comerciales e industriales, y el de serigrafía para las reproducciones artísticas, aunque en la actualidad se ha impuesto este último para todas las técnicas de impresión que tienen su origen en el tamiz.

La serigrafía consiste en transferir una tinta a través de una gasa tensada en un marco, el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará la tinta (Parada, 2009).

Este sistema de impresión es repetitivo, esto es, que una vez que el primer modelo se ha logrado, la impresión puede ser repetida cientos y hasta miles de veces sin perder definición.

En el transcurso de la 2ª Guerra Mundial, los Estados Unidos descubrieron lo apropiado de este sistema para marcar material bélico tanto en las fábricas como en los propios frentes de guerra, habiéndose encontrado restos de talleres portátiles una vez acabada la contienda.

El desarrollo de la publicidad y el trabajo industrial en serie a partir de los años 50, convirtieron a la serigrafía en el sistema de impresión indispensable.

La impresión por serigrafía es el sistema que ofrece mayores posibilidades, pues prácticamente no tiene ningún tipo de limitaciones.

### **2.1. Descripción de procesos realizados en la serigrafía textil**

#### **2.1.1. Proceso de Diseño del Arte**

En este proceso se hacen los ajustes digitales necesarios, haciendo un balance entre los requerimientos del cliente y la factibilidad técnica disponible. Es decir que en este punto se determina lo que el cliente requiere y se hacen los ajustes necesarios, según el consentimiento de este.

El resultado final de este proceso es el siguiente:

1. Un juego de acetatos que se conocen como positivos, los cuales son uno por color a utilizar.
2. Los colores que se utilizaran, especificados por medio de números de patrón de colores.

### **2.1.2. Proceso de Formulación de Tintas**

En este proceso se pretende igualar las tintas a un patrón de colores específico. Las tintas utilizadas en el proceso de serigrafía se pueden clasificar en dos tipos: Plastisoles y Base Agua.

#### **2.1.2.1. Tinta Plastisol**

Las tintas plastisoles son una mezcla de una resina (PVC), de un plastificante y otros aditivos que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente con propiedades visco-elásticas, en ausencia de pigmento es de color blanquecino. Bajo la acción del calor (160° – 200° C), los plastisoles dejan su estado líquido inicial para pasar a un estado sólido, sin pérdida de peso ni cambio de volumen notable. A este proceso térmico se conoce como curado.

En estado sólido, el plastisol resiste la abrasión, el calor y la electricidad. La tinta Plastisol no tiñe las fibras del sustrato textil. Las fibras quedan envueltas por la tinta. Se forma un enlace mecánico entre la tinta y las fibras. Por esta causa la tinta Plastisol no se adhiere a los sustratos no porosos tales como plásticos, metales y vidrio. Tampoco se adhiere muy bien el Plastisol a las fibras de nylon resistentes al agua (impermeables) sin la previa adición a la tinta de un fijador para telas sintéticas.

Para la igualación de patrón de colores utilizando las tintas plastisoles, se parte de un sistema de formulación ya establecido. Hay varios tipos de sistemas de formulación de tintas plastisol, cada uno depende de la casa distribuidora y dentro de cada casa distribuidora hay varios tipos de sistema de mezclado.

Cada sistema tiene especificada la combinación aproximada de los diferentes tipos de tintas principales para poder igualar al patrón de colores, sin embargo, la mayoría de las

ocasiones, es siempre necesario hacer ajustes a dicha formulación, debido a que el patrón de colores seleccionado es el más cercano al requerido. La razón de esto es que el tono de la tinta depende del tipo de tela en que se va a estampar, no es lo mismo estampar sobre una tela de color blanco que sobre una de color negro, por lo que la tinta en el recipiente puede ser igual al patrón de colores deseado, sin embargo, al aplicarla sobre la tela, este cambia y es necesario hacer ajustes a la formulación (Parada, 2009).

#### **2.1.2.2. Tintas Base Agua**

Las tintas base agua utilizadas son pigmentos solubles en agua, los cuales tienen como solvente, resinas de formaldehído-urea, que son polímeros del grupo denominado como resinas termofraguantes. Estas resinas no se ablandan con el calor, sino que se endurecen debido a la formación del “cross-links” (enlaces cruzados) adicionales entre las moléculas de los polímeros. Es por esto que a la resina de urea se le llama termofraguante. Estas resinas penetran dentro de la tela y al secarse a temperatura alta, quedan incrustadas dentro de las fibras de la tela.

#### **2.1.3. Proceso de Revelado de Marcos**

El proceso de revelado de marcos, consta de utilizar los positivos generados en el proceso de diseño del arte, para elaborar un marco por color a utilizar. El marco está compuesto por un rectángulo que se considera al marco en sí, el cual tiene la función de tensar una malla, la cual puede ser de diferentes tipos de malla. Comúnmente al marco de serigrafía se le conoce como estencil. A continuación, se mencionan los pasos del proceso de elaboración de marcos:

1. **Colocación de malla en el marco:** En este paso se coloca la malla con la malla a utilizar en el marco.
2. **Tensado:** Posteriormente se hacen los justes necesarios al marco hasta que la malla quede tensada dependiendo de la malla.
3. **Emulsión:** dependiendo si se utilizara tinta base agua o no, se utiliza un tipo diferente de emulsión para cubrir la malla. Por el momento clasificaremos las emulsiones para tinta base agua como emulsiones base agua y para tinta plastisol

como emulsión plastisol. Las emulsiones para tintas plastisol, son compatibles con las tintas libres de PVC.

4. **Secado de emulsión.** El secado de emulsión se da en un horno a 56°C, el cual contiene un flujo de aire constante dentro del mismo.
5. **Exposición a luz Ultra Violeta.** En este punto, se coloca el positivo adecuadamente en el marco y se colocan en una cámara de luz ultravioleta. Esta luz reacciona con la emulsión expuesta y la solidifica y la hace menos soluble en agua. La parte no expuesta cubierta por el positivo, mantiene la misma solubilidad en agua.
6. **Proceso de revelado.** Se lava el marco con agua y se disuelve el área no expuesta a la luz ultra violeta.
8. **Secado de marco revelado.** Se seca el marco húmedo para poder utilizarlo en el proceso de serigrafía. El proceso se hace en un horno similar al de proceso de secado de emulsión.
9. **Encintado.** Se coloca cinta adhesiva en las orillas del marco para proteger la malla.
10. **Des-cintado.** En este proceso se quita las cintas adhesivas que protegieron la malla en el proceso de serigrafía.
11. **Des-emulsionado.** Se coloca la emulsión en una solución desenmulsionante, la cual tiene la función de hacer nuevamente soluble en agua la emulsión. Posteriormente se lava el marco para eliminar la emulsión de la malla.
12. **Desengrasado.** Se coloca a la malla desengrasante, el cual desengrasa cualquier residuo de plastisol adherido a esta.
13. **Lavado de desengrasado.** Se lava con agua el marco para eliminar el desengrasante.
14. **Secado.** Se seca el marco en un horno cuyo proceso es similar al de los dos anteriores.

Los pasos del 9 hasta el 13, son conocidos como proceso de recuperación de marco, pues se dan después que el marco se utilizó en el proceso productivo. El número de veces que se recupera un marco es tres veces antes de que se rompa la malla. Las principales variables de este proceso son:

1. Tensión de la malla.
2. Espesor de la emulsión en la malla.
3. Contenido de Humedad.
4. Intensidad y tiempo de exposición a luz ultra violeta

#### **2.1.3.1. Tensión de la malla**

Si la malla no está lo suficientemente tensionada en el proceso de estampado se estirará, de forma que las áreas que no tienen emulsión, las cuales la fusión de ellas es depositar la tinta en esas áreas específicas, también se estiraran y la tinta se depositaria en áreas en las cuales no le corresponde, dando lugar al defecto para el proceso de estampado, por lo que se debe utilizar uno nuevo.

#### **2.1.3.2. Espesor de la emulsión en la malla**

El espesor de la emulsión da durabilidad al marco, permitiendo que soporte más tiempo de uso, sin embargo, al utilizar demasiada emulsión, pierde definición en las áreas de aplicación de tinta, por lo que es necesario hacer un balance entre el espesor de la emulsión.

#### **2.1.3.3. Contenido de Humedad**

Debido a que la emulsión es soluble en agua, si el marco no es secado adecuadamente, este se deteriorará en el proceso de estampado y la emulsión se desprenderá de la malla quedando inutilizado. Debido a esto es imprescindible que el marco tenga la mínima humedad posible.

#### **2.1.3.4. Intensidad y tiempo de exposición a luz ultra violeta**

Estas dos variables, son las que permiten proporcionar la definición al estampado. Si se utiliza mucho tiempo, con una intensidad dada, el estampado pierde definición y las orillas de los colores tendrán un efecto ondulado. Sin embargo, si se utiliza poco tiempo a una intensidad dada, es posible que no seque bien la emulsión y esta se desprenda en el proceso de revelado.

### 2.1.3.5. Esténcil

El esténcil es una técnica de decoración en que una plantilla en la que se ha recortado una zona es usada para aplicar pintura con la forma de esa zona. Un esténcil es un recortable con zonas abiertas y cerradas. La mejor forma de crearlo es recortando la imagen deseada en una hoja de papel duro; el dibujo aparece como un espacio abierto con zonas sólidas alrededor. La plantilla así obtenida se sitúa sobre una nueva hoja de papel y se aplica la pintura sobre toda la superficie. Las zonas de pintura que llegan a la hoja inferior quedan limitadas a la forma de los huecos de la plantilla, creando así la imagen deseada. Los marcos elaborados en el proceso de serigrafía hacen las veces del papel con los espacios en forma de la figura deseada.

### 2.1.4. Proceso de estampado

El proceso de estampado depende de todos los procesos anteriores para poder ser satisfactorio. Este proceso se ve afectado tanto por las variables que afectan los procesos anteriores, principalmente las de tintas y revelado.

Sin embargo, este proceso tiene sus propias variables que lo controlan las cuales se determinaran en su momento. A continuación, se presenta el proceso de estampado:

1. **Montaje de los marcos.** Se montan los marcos en la maquina estampadora.
2. **Montaje de bases.** Se montan en la maquina estampadora, las bases que se utilizaran en el proceso.
3. **Registro de marcos.** Se coloca un positivo sobre la base y se ubica en el lugar donde se estampará el diseño. Posteriormente todos los marcos montados se ajustan al positivo por medio de las líneas de registro.
4. **Colocaron de escurridores y raquetas.** Se colocan escurridores y raquetas, las cuales son accesorios que permiten el proceso de estampado.
5. **Colocación de Tinta y eliminación de arrastre.** Se colocan las tintas sobre el positivo adecuado. Posteriormente se colocan lienzos de tela de prueba para terminar de ajustar el registro y permitir que la tinta llene los espacios vacíos que existen entre la seda.

6. **Estampado de una pieza.** Se estampa una pieza en la ubicación determinada.
7. **Curado.** La pieza estampada pasa por un proceso de curado, en el que se calienta entre 320°F a 350°F
8. **Determinación de patrón de colores.** Se hace una evaluación visual para determinar si los patrones de colores coinciden. Si no coinciden se hacen ajustes en el ángulo y presión del escurridor y se repiten los pasos 6 y 7. si aún no se corrige el defecto, se recupera la tinta, se hacen ajustes a la formulación y se repiten los pasos 5, 6 y 7. se continúa este proceso de prueba y error hasta que los tonos se ajustan a lo requerido.
9. **Producción de diseño.** Una vez ajustados los tonos, se inicia la producción.

## **2.2. Materias primas utilizadas en proceso**

### **2.2.1. Proceso de diseño de arte**

En este proceso, únicamente se utiliza como materia prima, película de acetatos, sin embargo, estos acetatos son cruciales para el proceso de serigrafía.

### **2.2.2. Proceso de revelado de marcos**

En este proceso, los materiales a utilizar son varios, pero la ventaja es que en un proceso determinado se utiliza únicamente el material necesario para poder realizar dicho proceso, a continuación, se presentan los materiales con sus respectivas propiedades.

### **2.2.3. Mallas para estampado**

Las mallas utilizadas tienen una estructura similar al de un tejido de tela con espacios. Las mallas se clasifican en función de los espacios que existe entre el tejido transversales.

### **2.2.4. Emulsión para marcos**

Las emulsiones fotosensibles son mezclas de polímeros dispersados en una base de agua. Son, por lo tanto, solubles en agua. Sin embargo, una emulsión textil, una vez terminado el

marco, debe resistir a tintas que también son polímeros dispersos en base acuosa. Ello sólo es posible si la emulsión sufre una transformación química una vez revelada. Esto implica desarrollar un producto cuya química sea bastante compleja.

Una emulsión para elaborar marcos de serigrafía, debe poseer la propiedad de pasar de soluble en agua a insoluble, una vez expuesta a la luz

Las emulsiones utilizadas en este proceso son fotosensibilizadas con diazocompuestos, los cuales reaccionan específicamente al rango de luz ultravioleta, estos son compuestos orgánicos con un grupo funcional consistente en dos átomos de nitrógeno enlazados

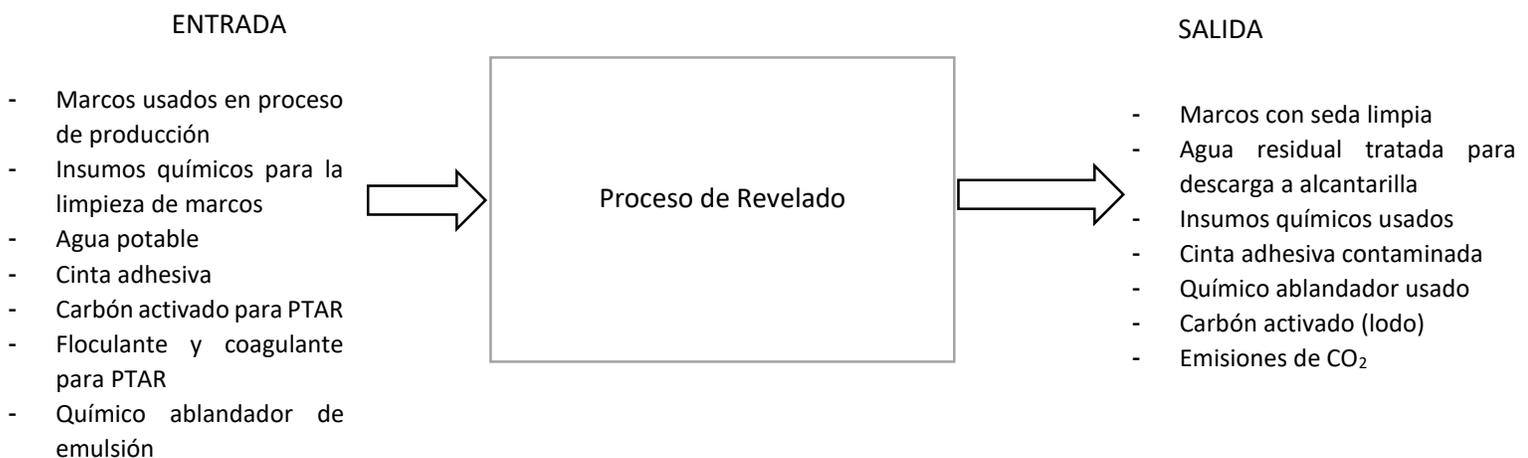
### 2.2.5. Proceso de formulación de tintas

Los materiales que se utilizan en este proceso son únicamente para hacer mezclas, las cuales provienen de tintas plastisoles y base agua.

## 2.3. Materiales y residuos de procesos

En la Fig. 2.1, se detallan por cada etapa del proceso productivo los materiales e insumos, así como las salidas del proceso utilizados para el fin del estampado textil.

### 2.3.1. Área de Marcos y Revelado



**Figura 2.1** Descripción de entrada y salida en marcos y revelado

En la entrada del proceso de revelado, el marco proveniente de la etapa de estampado contiene ciertos implementos utilizados en dicho proceso, como lo son: cinta adhesiva utilizada para delimitar las secciones del arte, emulsión fotosensible solidificada sobre la seda y residuos de tintas.

Para ablandar la emulsión se utiliza un químico específico para este fin, se deja reposar el marco en una pila con este químico para el posterior proceso de lavado con agua a presión que retira la emulsión de la seda, esta emulsión es insoluble en agua por lo cual es fácilmente sedimentable.

Estando la emulsión blanda para el lavado, se trasladan los marcos al proceso de lavado con el fin de retirar la emulsión de la seda y poder reutilizar los marcos en el proceso productivo. Terminando el lavado, los marcos están listos para utilizarlos de nuevo.

El agua procedente del lavado es de carácter especial por lo cual debe ser tratada para cumplir las normativas vigentes según sea el medio receptor.

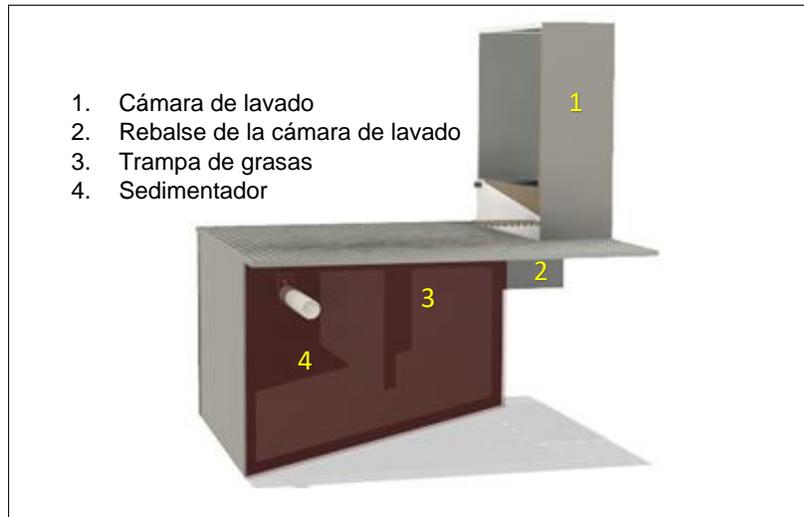
#### **2.3.1.1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**

El tratamiento de las aguas residuales empleado en la empresa ejemplo se basa inicialmente en la prevención, evitando que tintas, solventes y otros contaminantes lleguen a la trampa de sedimentación.

Cuando el marco esta con la emulsión blanda, se procede a lavar a alta presión para limpiar la seda, utilizando una hidrolavadora, dentro de una cámara de lavado, que es la etapa primaria de sedimentación. En esta etapa se bota toda la emulsión del marco y esta es sedimentada dentro del depósito de la cámara de lavado de acero inoxidable.

Por rebalse el agua de esta cámara pasa a la etapa de rejillas, en cual se sigue filtrando y sedimentando la emulsión.

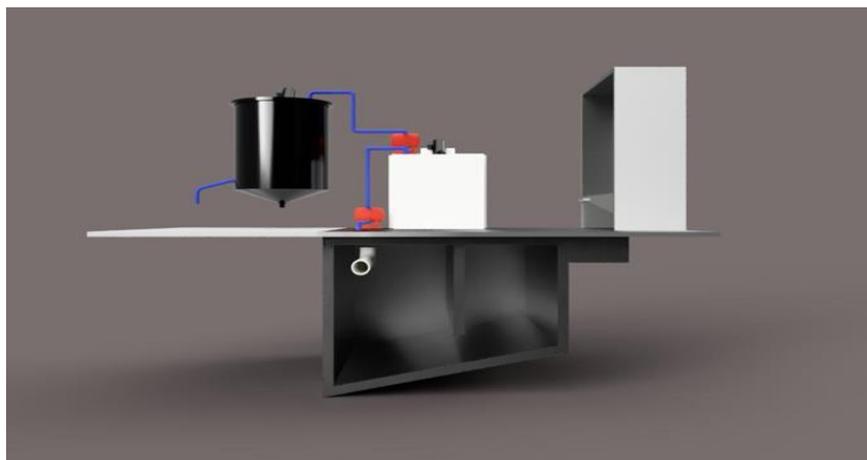
Después de las rejillas el agua llega a la trampa de grasas, para luego pasar al sedimentador, donde la emulsión termina de precipitarse al fondo. Esta etapa se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2** Sedimentador y trampa de grasas y aceites.

La emulsión utilizada tiene la característica que no es miscible, por lo que es totalmente sedimentable.

Posterior a la sedimentación y la separación de grasas y aceites, el agua residual es bombeada para un tanque donde se mezcla con carbón activado. La mezcla de carbón activado y agua residual pasan a un tanque de floculación-coagulación para su posterior descarga de agua residual tratada a alcantarilla (ver figura 2.3) . El promedio diario de consumo de agua potable es de aproximadamente 6 m<sup>3</sup>.



**Figura 2.3** Vista de conjunto del sistema de tratamiento.

### 2.3.2. Área de tintas



**Figura 2.4** Descripción de entradas y salidas en el área de tintas

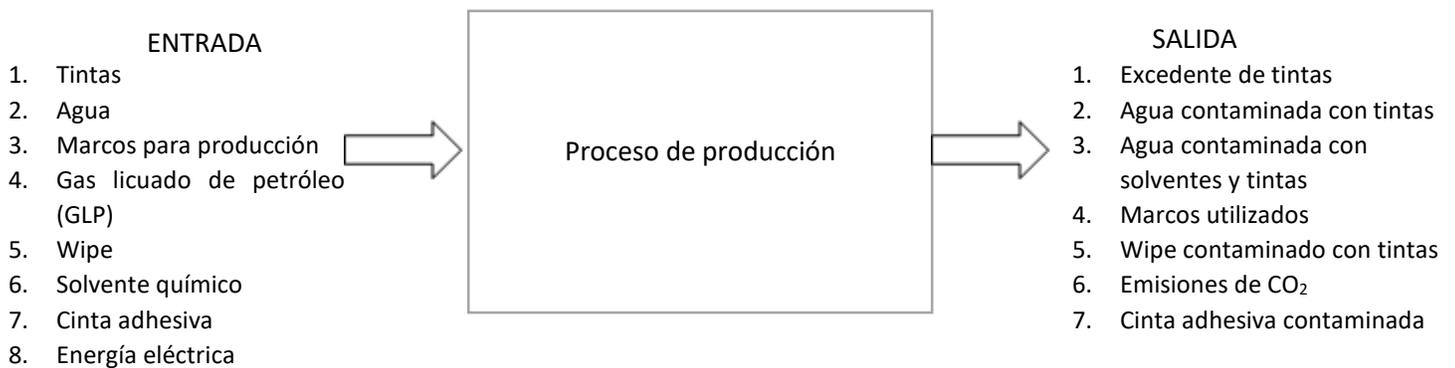
En este proceso se reciben tintas de diferentes colores y características para su respectiva formulación. Cada formulación es específica para cumplir los requerimientos de los clientes para cada diseño.

Primeramente, se tiene una etapa de prueba donde se formula el color requerido por el cliente, estas pruebas son realizadas por el área de muestras, quienes definen todos los detalles necesarios para obtener la pieza estampada solicitada.

En los departamentos de tintas para producción y tintas muestra se generan los mismos desechos. El desecho más significativo son los residuos de tintas.

Los recipientes que contienen tintas son lavados para su reutilización; si la tinta es base agua se lava agua y si son tintas plastisoles se utiliza solvente para la limpieza del recipiente.

### 2.3.3. Área de producción



**Figura 2.5** Descripción de entrada y salida en el área de producción

Cuando las formulaciones de las tintas, el tipo de malla a utilizar, las técnicas y toda la información necesaria para la producción a gran escala es recopilada se inicia con este proceso, que es el fin de la empresa, el estampado textil.

Para que el proceso de producción consiga su fin, el estampado de prendas, se necesita de diferentes insumos, por ende, se generaran residuos como resultado.

El proceso comienza con adecuar las maquinas con los marcos y escurridores necesarios para poder lograr el estampado deseado. Se añade la tinta sobre la seda del marco para que el escurridor de la maquina esparza la tinta sobre la seda, estampando en la tela las secciones seleccionadas para el paso de la tinta. Cuando los marcos se ensucian o es necesario algún tipo de limpieza, se utilizan retazos de tela para quitar las tintas de lugares no deseado o limpieza de algún implemento utilizado, este wipe impregnado es depositado en los depósitos de desechos especiales.

Al terminar el proceso de estampado se retiran los marcos y los escurridores para su respectiva limpieza, se retornan las tintas no utilizadas al área de Tintas. Los marcos se lavan en el área de Marcos y Revelados Los escurridores que fueron utilizados para producir diseños con tintas plastisoles se lavan con solvente para remover las tintas, al igual que las tintas base agua.

### 3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

De las metodologías expuestas anteriormente, se utilizará el Protocolo para Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el cálculo de la huella de carbono, ya que es la metodología con mayor recorrido, teniendo consigo la fiabilidad que ha logrado para dicho cálculo; además, es una metodología de libre acceso a la cual se puede acceder y descargar sus guías desde su portal web.

El cálculo de la huella de carbono se realizará sobre una empresa que se dedica a la serigrafía textil en El Salvador, ya que en este rubro no se es consciente con la dimensión del impacto ambiental que se genera en el proceso productivo, por lo cual, se determinará la huella de carbono institucional bajo la metodología del GHG.

El alto consumo de energía eléctrica, la generación de residuos y vertidos de agua residual de carácter especial, son los procesos con mayor potencial de generación de impactos ambientales negativos, siendo estas áreas las de mayor interés al realizar la metodología GHG y la elaboración de un inventario de emisiones para determinar posibles oportunidades de mejora.

#### 3.1. Base metodológica de cálculo

Básicamente puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión (ec. 1)}$$

Donde:

- I. El **dato de actividad**: es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en hornos de curado (kWh de gas natural).
- II. El **factor de emisión**: supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate.

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq).

Por otro lado, cabe destacar a qué hace referencia el término CO<sub>2</sub> eq, unidad utilizada para exponer los resultados en cuanto a emisiones de GEI. Los gases que se indican en el Protocolo de Kioto como máximos responsables del efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y, desde la COP 181 celebrada en Doha a finales de 2012, el trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>). Sin embargo, el CO<sub>2</sub> es el GEI que influye en mayor medida al calentamiento del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La t CO<sub>2</sub> eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de estos GEI, expresado en términos del PCG de una unidad de CO<sub>2</sub> (MITECO, 2019).

## **3.2. Limite organizacional**

Para definir los límites organizacionales, se cuenta dos tipos de enfoque, sobre los cuales se parte para análisis posteriores.

### **3.2.1. Enfoque de participación accionaria**

Bajo el enfoque de participación accionaria, una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria. La participación accionaria refleja directamente un interés económico, el cual representa el alcance de los derechos que una empresa tiene sobre los riesgos y beneficios que se derivan de una operación.

### **3.2.2. Enfoque de control**

Bajo el enfoque de control una empresa contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control. Al utilizar el enfoque de control para contabilizar sus emisiones de GEI las empresas deben decidir cuál criterio utilizar: control financiero o control operacional.

- a. **Control financiero:** una empresa tiene control financiero sobre una operación si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades.

De igual manera, se considera que una empresa ejerce el control financiero sobre una operación si es capaz de captar la mayoría de los riesgos y beneficios inherentes a la propiedad sobre los activos de la operación.

- b. **Control operacional.** Una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha empresa o alguna de sus subsidiarias tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

Bajo el enfoque de control operacional, la empresa que posee el control de una operación, ya sea de manera directa o a través de una de sus subsidiarias, deberá contabilizar como propio el 100% de las emisiones de la operación.

La empresa ejemplo, no tiene participación accionaria, por lo cual, el enfoque será de control, ya que posee tanto control financiero como control operacional al dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios.

### **3.3. Limite operacional**

Una vez definidos los límites organizacionales en términos de las operaciones de las que es propietaria o tiene el control, se establecen los límites operacionales. Esto involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas.

Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa.

### 3.4. Alcances

Para delimitar las fuentes de emisiones directas e indirectas, se definen tres "alcances" para propósitos de reporte y contabilidad de GEI (alcance 1, alcance 2 y alcance 3). Los alcances 1 y 2 se definen cuidadosamente en este estándar para asegurar que dos o más empresas no contabilicen emisiones en el mismo alcance.

**Alcance 1: Emisiones directas de GEI.** Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Las emisiones de GEI no cubiertos por el Protocolo de Kioto, como CFCs, NOx, etc., no deben incluirse en el alcance 1, pudiendo ser reportadas de manera separada.

**Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la Electricidad.** El alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa. Las emisiones del alcance 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada.

**Alcance 3: Otras emisiones indirectas** El alcance 3 es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades del alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos.

Para el análisis de la metodología GHG, se define para la empresa ejemplo, la determinación de emisiones de alcance 1, alcance 2 y alcance 3.

## 4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Establecidos los alcances, límites organizacionales y operacionales de la empresa ejemplo, se define el año 2019 como año base para la recopilación de información necesaria para el cálculo de emisiones. El año 2020 se considera un año atípico, por lo cual, se descarta para el análisis de datos.

La “Guía para la Integración de Consideraciones Climáticas en la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos en El Salvador” recomienda que, si no se dispone de factores específicos, se apliquen factores por defecto proporcionados por el IPCC.

### 4.1. Cálculo de las emisiones.

Para el cálculo de emisiones, es necesario la recopilación de datos representativos de la empresa ejemplo. Cada uno de los tres alcances requieren datos específicos para poder determinar las emisiones correspondientes.

Para el cálculo de las emisiones se utilizará la ecuación 1:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde los datos de actividad es la información recopilada de la empresa ejemplo y el factor de emisión convierte la actividad a gas de efecto invernadero y esto es específico para cada actividad.

#### 4.1.1. Cálculo de emisiones Alcance 1

Para el cálculo de las emisiones de alcance 1 se recopilaron los siguientes datos del año 2019:

- I. Galones de GLP.
- II. DQO del efluente de agua residual.
- III. Galones de gasolina para vehículos.
- IV. Galones de diésel para vehículos.

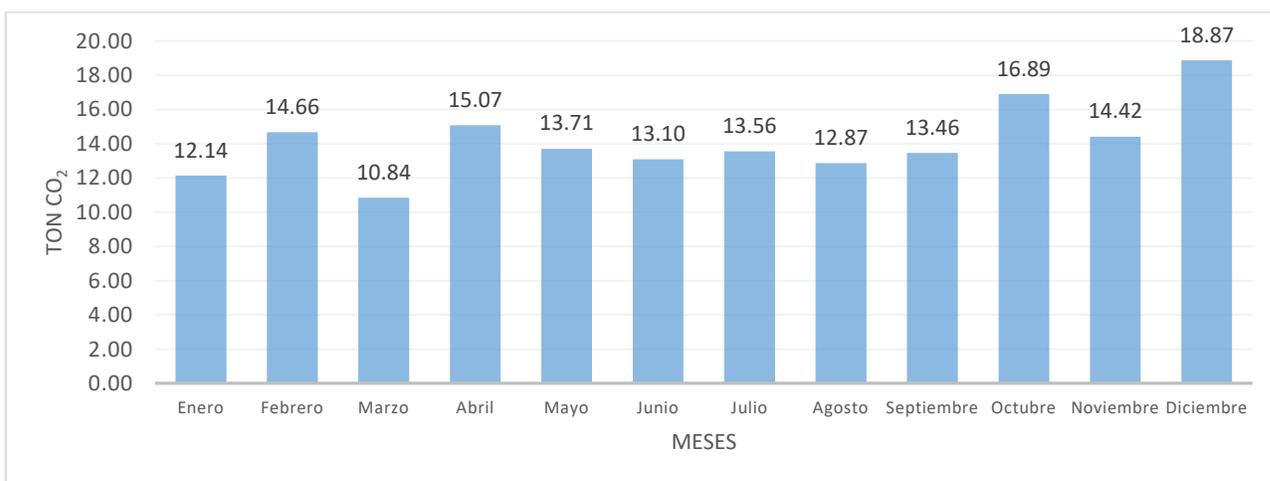
#### 4.1.1.1. Consumo de GLP

El GLP es utilizado por los hornos de baja temperatura para curar las tintas sobre las prendas a estampar. La empresa ejemplo posee 3 hornos de curado para este fin.

El consumo de este derivado del petróleo para el 2019 se presenta en la tabla 4.1, así como el CO<sub>2</sub> equivalente por el uso de este recurso.

**Tabla 4.1** Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de GLP 2019 de empresa ejemplo.

Meses	gal GLP	m <sup>3</sup> GLP	kg GLP	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	1,840.00	6.97	4,068.35	12,142.52	12.14
Febrero	2,222.00	8.41	4,912.97	14,663.41	14.66
Marzo	1,642.00	6.22	3,630.56	10,835.88	10.84
Abril	2,284.00	8.65	5,050.06	15,072.56	15.07
Mayo	2,078.00	7.87	4,594.58	13,713.13	13.71
Junio	1,985.00	7.51	4,388.95	13,099.40	13.10
Julio	2,055.00	7.78	4,543.73	13,561.34	13.56
Agosto	1,950.00	7.38	4,311.57	12,868.43	12.87
Septiembre	2,040.00	7.72	4,510.56	13,462.36	13.46
Octubre	2,560.00	9.69	5,660.31	16,893.94	16.89
Noviembre	2,185.00	8.27	4,831.16	14,419.24	14.42
Diciembre	2,860.00	10.83	6,323.63	18,873.70	18.87
TOTAL	25,701.00	97.29	56,826.44	169,605.90	169.61



**Figura 4.1** Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de GLP en empresa ejemplo.

### Ejemplo de cálculo.

$$\begin{aligned} \text{Enero: } & 1,840 \text{ gal} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.172 \text{ gal}} * \frac{584.1 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{63,100 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \frac{0.0000473 \text{ kg CO}_2}{\text{kJ}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} \\ & = 12.14 \text{ Ton CO}_{2eq} \end{aligned}$$

#### 4.1.1.2. DQO efluente de agua residual.

El caudal del efluente de agua residual a la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es en promedio 6 m<sup>3</sup> diarios. Se realizan 6 batch de un m<sup>3</sup> al día, donde el efluente es descargado al alcantarillado sanitario.

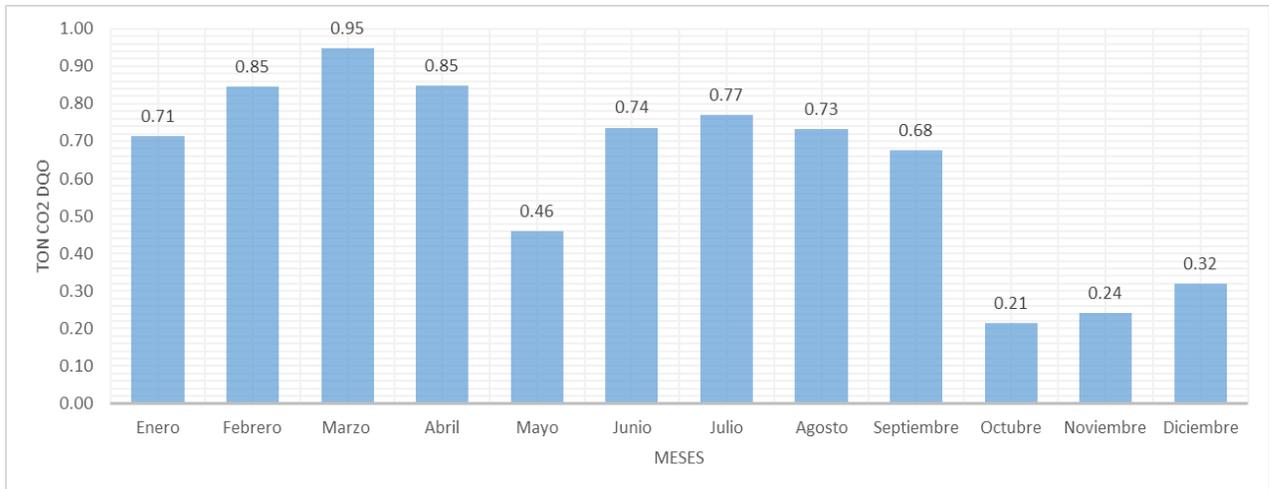
La empresa ejemplo monitorea mensualmente la carga orgánica, realizando pruebas de laboratorio para determinar el DQO a la salida del tratamiento de la PTAR.

El proceso de tratamiento no es un proceso anaerobio ya que consiste en tratamiento de floculación-coagulación que dura alrededor de 15 minutos, por lo cual, no da lugar a fermentación de agua residual.

El DQO reportado mensualmente y sus emisiones de CO<sub>2</sub> se presentan en la tabla 2.

**Tabla 4.2** Emisiones de CO<sub>2</sub> por DQO degradado 2019 en empresa ejemplo.

Mes	DQO mg/L	mg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	942	942,000	0.942	0.71
Febrero	1118	1,118,000	1.118	0.85
Marzo	1253	1,253,000	1.253	0.95
Abril	1121	1,121,000	1.121	0.85
Mayo	607	607,000	0.607	0.46
Junio	973	973,000	0.973	0.74
Julio	1017	1,017,000	1.017	0.77
Agosto	967	967,000	0.967	0.73
Septiembre	894	894,000	0.894	0.68
Octubre	282	282,000	0.282	0.21
Noviembre	319	319,000	0.319	0.24
Diciembre	421	421,000	0.421	0.32
<b>Total</b>	<b>9,914.00</b>	<b>9,914,000.00</b>	<b>9.91</b>	<b>7.49</b>



**Figura 4.2 Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por DQO**

**Ejemplo de cálculo.**

$$\begin{aligned}
 \text{Enero: } & \frac{942 \text{ mg}}{L} * \frac{1 L}{0.001 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1 \times 10^6 \text{ mg}} * \frac{144 \text{ m}^3}{\text{mes}} * \frac{0.25 \text{ kg CH}_4}{\text{kg DQO}} * \frac{21 \text{ kg CO}_2}{\text{kg CH}_4} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} \\
 & = \mathbf{0.71 \text{ Ton CO}_{2eq}}
 \end{aligned}$$

**4.1.1.3. Consumo de combustible en vehículos**

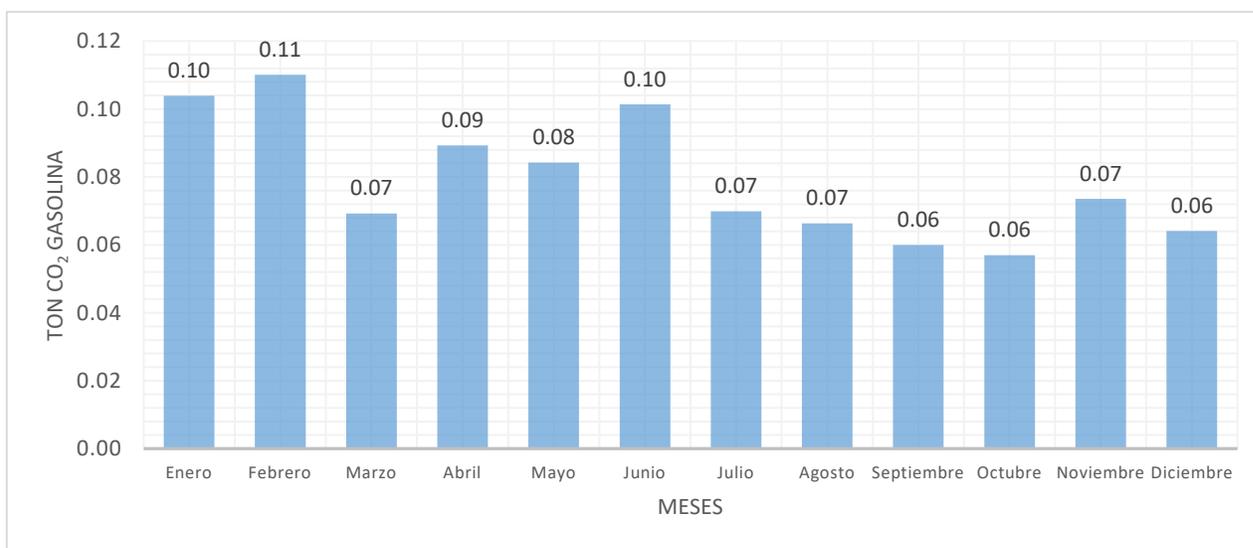
La empresa ejemplo tiene vehículos automotores que consumen diésel como gasolina como combustibles. Estos vehículos son utilizados para el traslado de materia prima entre las plantas de la empresa y visitas a clientes externos.

Por gasolina superior se define aquella gasolina que tiene un mínimo número de octanos igual a 95 y como máxima cantidad inherente de Plomo 0.013 g Pb/l de combustible. Por gasolina regular se define aquella gasolina que cuyo número de octanos es 87/88 como mínimo y como máxima cantidad inherente de Plomo 0,013 g Pb/l de combustible. (MARN, 2018)

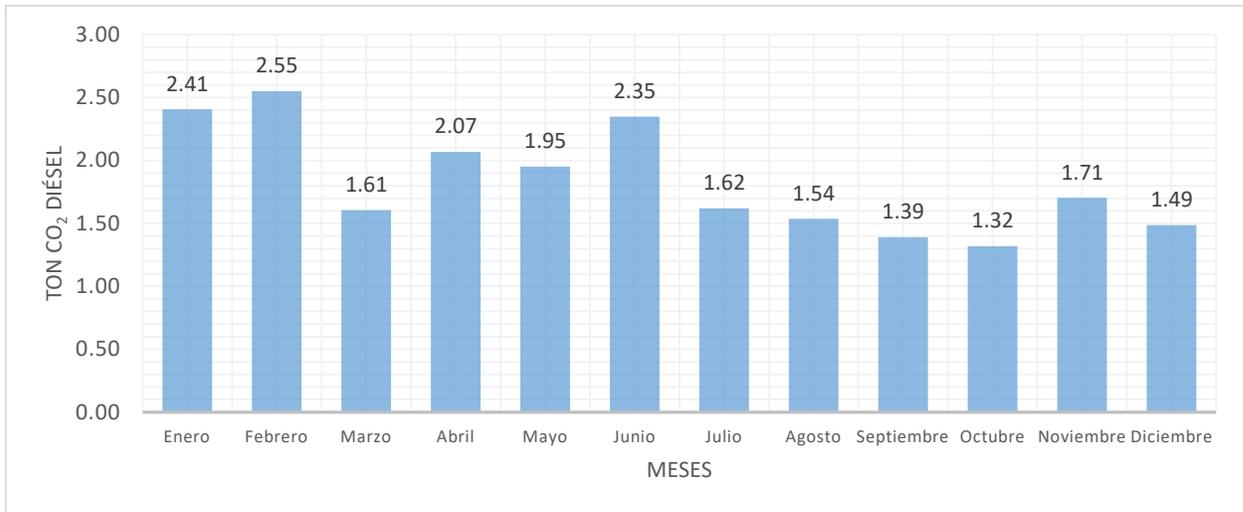
Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por el consumo de combustible diésel como gasolina se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 4.3** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por consumo de Diésel y Gasolina 2019.

Meses	Galones	Diésel gal	Gasolina gal	kg Diésel	kg CO <sub>2eq</sub> Diésel	Ton CO <sub>2eq</sub> Diésel	kg Gasolina	kg CO <sub>2eq</sub> Gasolina	Ton CO <sub>2eq</sub> Gasolina
Enero	246.84	234.49	12.34	750.38	2407.62	2.41	34.10	103.87	0.10
Febrero	261.64	248.56	13.08	795.39	2552.03	2.55	36.15	110.10	0.11
Marzo	164.59	156.36	8.23	500.35	1605.38	1.61	22.74	69.26	0.07
Abril	212.13	201.52	10.61	644.87	2069.09	2.07	29.31	89.27	0.09
Mayo	200.09	190.09	10.00	608.28	1951.69	1.95	27.65	84.20	0.08
Junio	240.82	228.78	12.04	732.09	2348.93	2.35	33.27	101.34	0.10
Julio	166.04	157.74	8.30	504.77	1619.56	1.62	22.94	69.87	0.07
Agosto	157.71	149.82	7.89	479.43	1538.27	1.54	21.79	66.37	0.07
Septiembre	142.53	135.40	7.13	433.28	1390.20	1.39	19.69	59.98	0.06
Octubre	135.40	128.63	6.77	411.63	1320.72	1.32	18.71	56.98	0.06
Noviembre	174.81	166.06	8.74	531.41	1705.04	1.71	24.15	73.56	0.07
Diciembre	152.29	144.68	7.61	462.96	1485.43	1.49	21.04	64.09	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>2,254.88</b>	<b>2,142.14</b>	<b>112.74</b>	<b>6,854.84</b>	<b>21,993.95</b>	<b>21.99</b>	<b>311.55</b>	<b>948.90</b>	<b>0.95</b>



**Figura 4.3** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por consumo de Gasolina en empresa ejemplo.



**Figura 4.4** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por consumo de Diésel en empresa ejemplo.

#### Ejemplo de cálculo.

##### Diésel.

$$\text{Enero: } 234.49 \text{ gal} * \frac{3.2 \text{ kg}}{\text{gal}} * \frac{43,300 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \frac{7.41 \times 10^{-5} \text{ kg CO}_2}{\text{kJ}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 2.41 \text{ Ton CO}_{2eq}$$

##### Gasolina.

$$\text{Enero: } 12.34 \text{ gal} * \frac{2.76 \text{ kg}}{\text{gal}} * \frac{43,950 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \frac{6.93 \times 10^{-5} \text{ kg CO}_2}{\text{kJ}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 0.10 \text{ Ton CO}_{2eq}$$

#### 4.1.2. Cálculo de emisiones Alcance 2

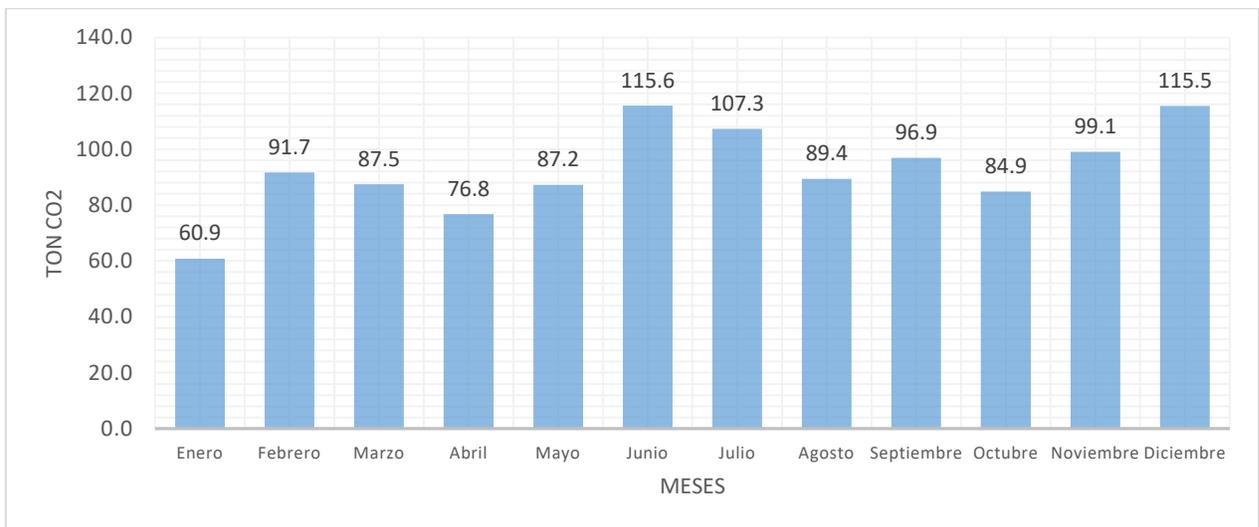
Para el cálculo de las emisiones de alcance 2 se recopilaron los datos de la facturación de energía eléctrica del año 2019.

La entidad encargada de la elaboración y actualización del factor de emisión asociado a la producción de energía eléctrica en El Salvador es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el cual cuenta con la última actualización de dicho factor realizado en el año 2011.

Este consumo de energía eléctrica se refleja en la tabla 4, de manera mensual con sus respectivas emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente para ese mismo periodo de tiempo.

**Tabla 4.4** Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de energía eléctrica

Mes	kWh	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	89,544.00	60,872.01	60.9
Febrero	134,928.00	91,724.05	91.7
Marzo	128,664.00	87,465.79	87.5
Abril	112,944.00	76,779.33	76.8
Mayo	128,328.00	87,237.37	87.2
Junio	170,088.00	115,625.82	115.6
Julio	157,896.00	107,337.70	107.3
Agosto	131,568.00	89,439.93	89.4
Septiembre	142,608.00	96,944.92	96.9
Octubre	124,848.00	84,871.67	84.9
Noviembre	145,776.00	99,098.52	99.1
Diciembre	169,944.00	115,527.93	115.5
<b>Total</b>	<b>1,637,136.00</b>	<b>1,112,925.05</b>	<b>1,112.93</b>



**Figura 4.5** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por consumo de energía eléctrica en empresa ejemplo.

**Ejemplo de cálculo.**

$$\text{Enero: } 89,544 \text{ kWh} * \frac{0.6798 \text{ kg CO}_2}{\text{kWh}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 60.9 \text{ Ton CO}_{2eq}$$

### 4.1.3. Cálculo de emisiones alcance 3

Par el cálculo de las emisiones de alcance 3, que son emisiones que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa, por lo cual, se recolectó la información el año 2019:

- I. Viajes de trabajo
- II. Transporte de desechos especiales.
- III. Consumo de agua fresca.
- IV. Resmas de papel utilizadas.

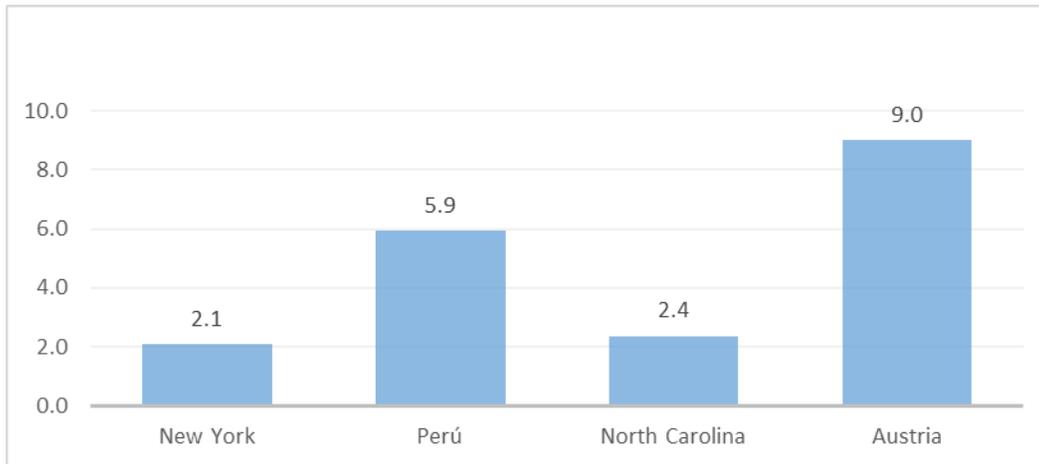
#### 4.1.3.1. Viajes de trabajo

Estos viajes son realizados por personal de la empresa ejemplo hacia diferentes países del mundo por motivos de negocios. Para el año 2019, el viaje de mayor distancia recorrida fue a Austria, como se muestra en la siguiente tabla del recorrido para viajes de trabajo.

Para el cálculo de las emisiones por viajes se utilizó la calculadora en línea de CERO CO<sub>2</sub>, una iniciativa pionera en España, promovida en alianza por las ONGs ECODES y Acciónatura para proponer acciones concretas para el cuidado del clima, facilitando y promoviendo la implicación de todos los actores sociales; y ayudando a organizaciones públicas y privadas, a empresas y personas de manera individual a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Ver ejemplo de cálculo en Anexo B.

**Tabla 4.5** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por viajes de trabajo de la empresa ejemplo.

<b>Destino</b>	<b>Personas/viaje</b>	<b>km</b>	<b>kg CO<sub>2eq</sub></b>	<b>Ton CO<sub>2eq</sub></b>
New York	2	3,347	2,088	2.1
Perú	6	3,176	5,945	5.9
North Carolina	3	2,529	2,367	2.4
Austria	3	10,011	9,009	9.0
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>19,063</b>	<b>19,409</b>	<b>19.4</b>



**Figura 4.6** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por viajes en empresa ejemplo.

#### 4.1.3.2. Transporte de desechos especiales

Los desechos de carácter especial generados por la empresa ejemplo, es una actividad que ocurre en la empresa, pero su fuente de emisión en el transporte de dichos desechos es generada por propiedad (camión de transporte) que no son controladas por la empresa.

El recorrido de los camiones recolectores es de 56 km del sitio de recolección al lugar de tratamiento de desechos y el factor de rendimiento del combustible Diésel para un camión de 8 toneladas como el que se usa para la recolección es de 0.4 L/km. El registro de envíos de desechos especiales y su equivalente de emisiones generadas para el año base en estudio se muestra en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6** Emisiones CO<sub>2eq</sub> transporte de desechos especiales en empresa ejemplo.

Mes	Envíos	km recorridos	L Diésel	gal Diésel	kg Diésel	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
Febrero	3	168	67.2	17.75	56.81	182.05	0.18
Marzo	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
Abril	4	224	89.6	23.67	75.74	242.73	0.24
Mayo	3	168	67.2	17.75	56.81	182.05	0.18
Junio	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
Julio	4	224	89.6	23.67	75.74	242.73	0.24
Agosto	1	56	22.4	5.92	18.94	60.68	0.06

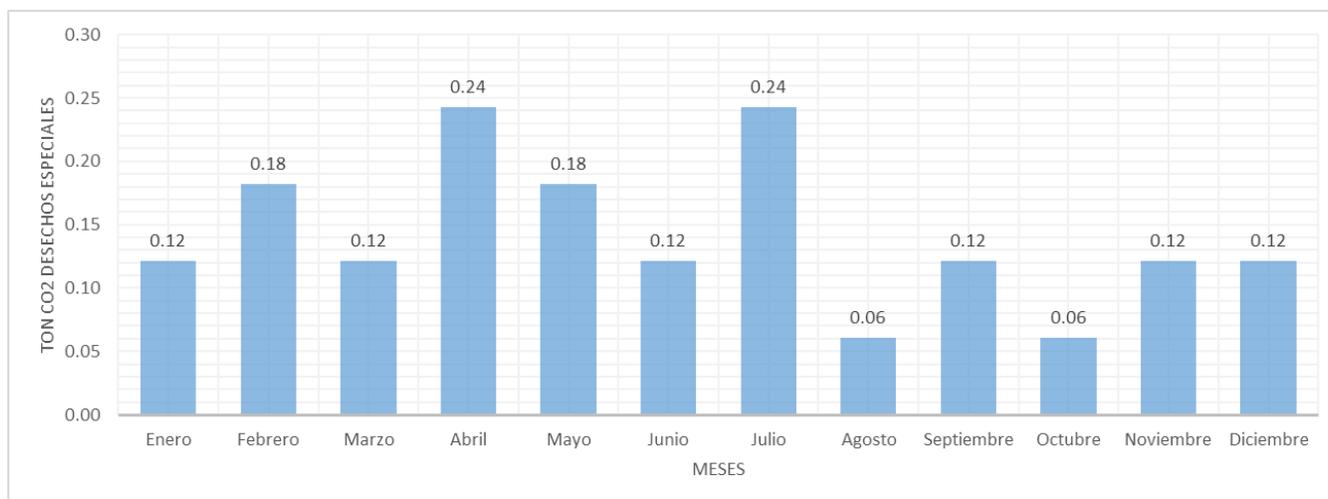
Continúa.

**Tabla 4.6** Emisiones CO<sub>2eq</sub> transporte de desechos especiales en empresa ejemplo (Continuación).

Mes	Envíos	km recorridos	L Diésel	gal Diésel	kg Diésel	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Septiembre	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
Octubre	1	56	22.4	5.92	18.94	60.68	0.06
Noviembre	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
Diciembre	2	112	44.8	11.83	37.87	121.36	0.12
<b>Total</b>	<b>28.00</b>	<b>1568.00</b>	<b>627.20</b>	<b>165.69</b>	<b>530.20</b>	<b>1699.11</b>	<b>1.70</b>

**Ejemplo de cálculo.**

$$\begin{aligned}
 \text{Enero: } & 2 \text{ envíos} * \frac{56 \text{ km}}{\text{envío}} * \frac{0.4 \text{ L}}{\text{km}} * \frac{3.2 \text{ kg}}{\text{gal}} * \frac{1 \text{ gal}}{3.78 \text{ L}} * \frac{43,300 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \frac{7.41 \times 10^{-5} \text{ kg CO}_2}{\text{kJ}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} \\
 & = 0.12 \text{ Ton CO}_{2eq}
 \end{aligned}$$



**Figura 4.7** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> transporte de desechos especiales empresa ejemplo.

**4.1.3.3. Agua potable**

El consumo de agua fresca de la empresa ejemplo es suministrada por ANDA para ser utilizada en el proceso productivo de estampados. Su mayor consumo está relacionado al uso en baños de la empresa y agua potable para beber.

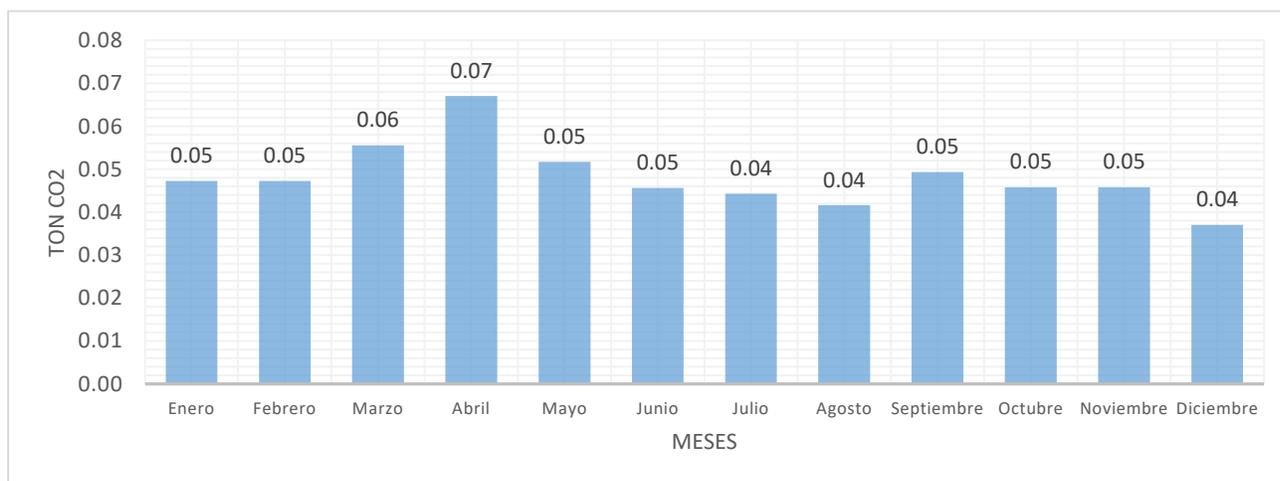
El proceso húmedo donde se generan aguas residuales consume 144 m<sup>3</sup> en promedio mensual, representando aproximadamente un 25% del consumo de agua fresca de la empresa.

El Salvador no tiene un factor de emisión relacionado al consumo de agua, su potabilización o distribución, por lo cual, el cálculo se basa en el factor de emisión asociado al consumo de energía eléctrica para la potabilización y depuración de agua (ver anexo A).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por el consumo de agua fresca se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 4.7** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> Agua potable 2019 de empresa ejemplo.

Mes	m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	565	47.22	0.05
Febrero	565	47.22	0.05
Marzo	665	55.58	0.06
Abril	802	67.03	0.07
Mayo	619	51.73	0.05
Junio	546	45.63	0.05
Julio	530	44.30	0.04
Agosto	498	41.62	0.04
Septiembre	590	49.31	0.05
Octubre	548	45.80	0.05
Noviembre	548	45.80	0.05
Diciembre	443	37.02	0.04
<b>Total</b>	<b>6919</b>	<b>578.26</b>	<b>0.58</b>



**Figura 4.8** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> Agua potable

#### Ejemplo de cálculo.

$$\text{Enero: } 565 \text{ m}^3 * \frac{0.083576 \text{ kg CO}_2}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = \mathbf{0.05 \text{ Ton CO}_{2eq}}$$

#### 4.1.3.4. Resmas de papel utilizadas

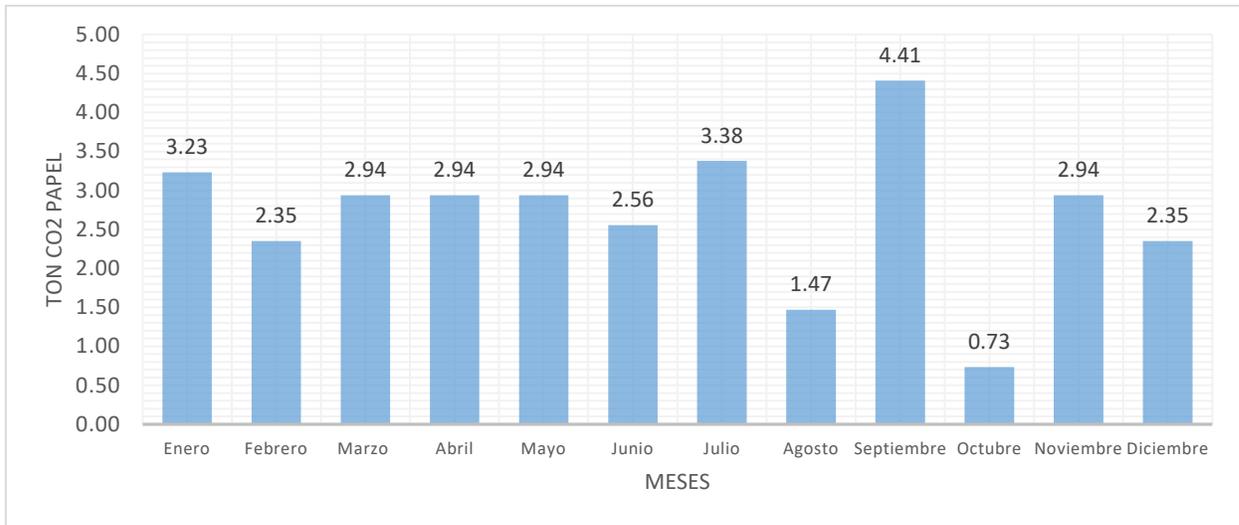
El consumo de papel de la empresa ejemplo consiste en su uso para copias, impresiones, facturación, trámites aduaneros, etc.

Los trámites relacionados con facturación y aduana por materia prima recibida o envío de productos, consumen grandes cantidades de papel al efectuar esos procedimientos, consumiendo alrededor de 4 resmas diarias de papel común.

El consumo de este insumo en la empresa ejemplo se presenta en la tabla 8 como el equivalente de emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 4.8** Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de papel 2019

Meses	Resmas	kg papel	kg CO <sub>2eq</sub>	Ton CO <sub>2eq</sub>
Enero	110	997.7	3,232.548	3.23
Febrero	80	725.6	2,350.944	2.35
Marzo	100	907	2,938.68	2.94
Abril	100	907	2,938.68	2.94
Mayo	100	907	2,938.68	2.94
Junio	87	789.09	2,556.6516	2.56
Julio	115	1,043.05	3,379.482	3.38
Agosto	50	453.5	1469.34	1.47
Septiembre	150	1,360.5	4408.02	4.41
Octubre	25	226.75	734.67	0.73
Noviembre	100	907	2,938.68	2.94
Diciembre	80	725.6	2,350.944	2.35
<b>Total</b>	<b>1097</b>	<b>9,949.79</b>	<b>32,237.3196</b>	<b>32.24</b>



**Figura 4.9** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> por consumo de papel

**Ejemplo de cálculo.**

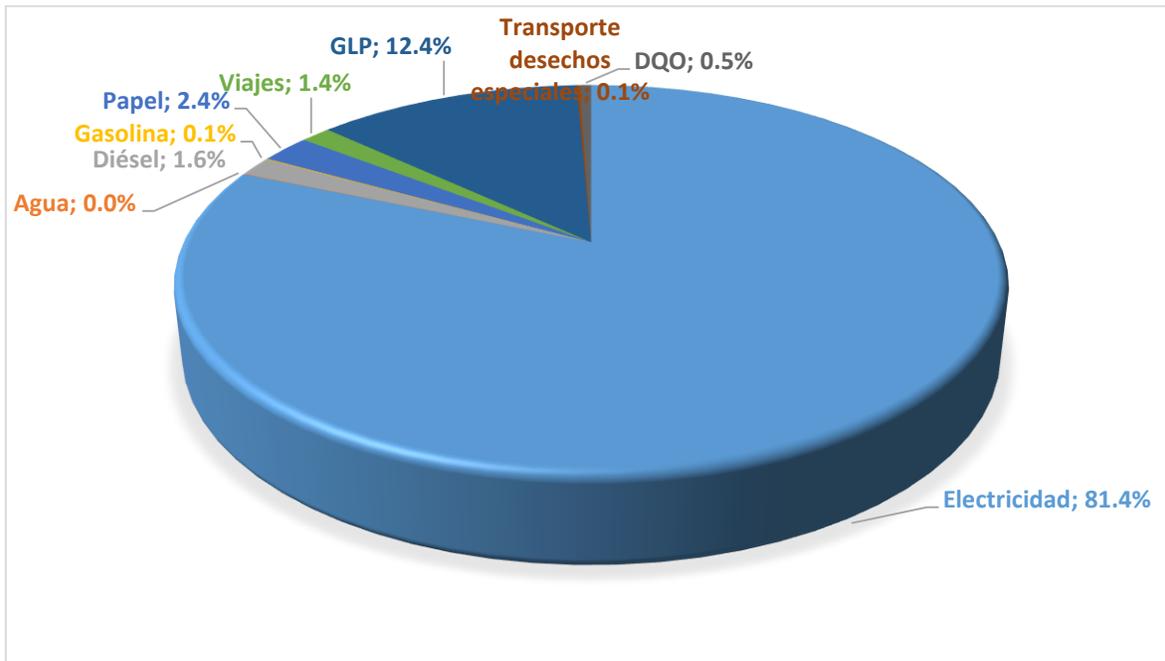
$$\text{Enero: } 110 \text{ resmas} * \frac{9.07 \text{ kg papel}}{\text{resma}} * \frac{3.24 \text{ kg CO}_2}{\text{kg papel}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 3.23 \text{ Ton CO}_{2eq}$$

## 4.2. Huella de Carbono Total.

La Huella de Carbono de la empresa ejemplo con base a los resultados de las emisiones por cada una de las actividades se encuentra distribuida de esta manera:

**Tabla 4.9** Emisiones de CO<sub>2Eq</sub> totales de empresa ejemplo.

Consumo	Ton CO <sub>2eq</sub>	%
Electricidad	1,112.93	81.4%
Agua	0.58	0.0%
Diésel	21.99	1.6%
Gasolina	0.95	0.1%
Papel	32.24	2.4%
Viajes	19.409	1.4%
GLP	169.6	12.4%
Transporte desechos especiales	1.7	0.1%
DQO	7.49	0.5%
<b>TOTAL</b>	<b>1,366.89</b>	<b>1.00</b>



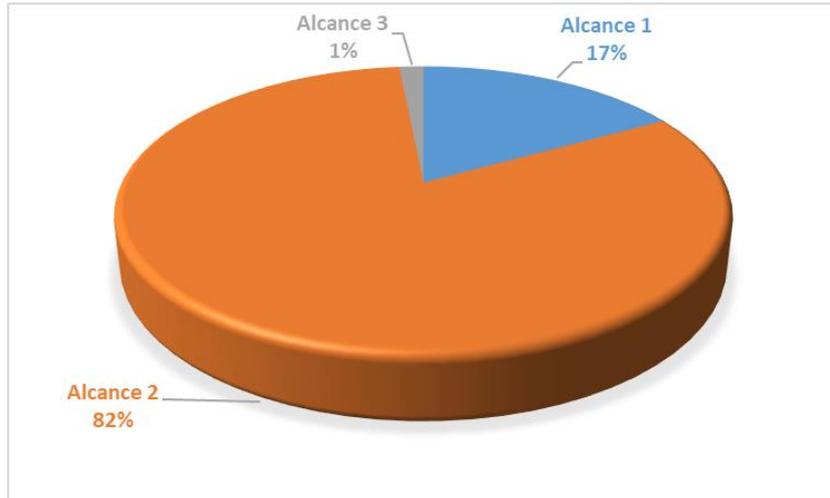
**Figura 4.10** Emisiones de CO<sub>2</sub>Eq totales de empresa ejemplo.

Del cálculo de emisiones en los diferentes procesos y actividades, el consumo de energía eléctrica, el uso de GLP en los hornos de curado y el uso de papel en las diferentes actividades, son las acciones que más contribuyen a la emisión de CO<sub>2</sub> de la empresa ejemplo.

Al separar las emisiones por tipo de alcance, podemos observar que el alcance 2 representa más del 80% de las emisiones totales que genera la empresa, como se presenta en la tabla 10.

**Tabla 4.10** Emisiones de CO<sub>2</sub>eq totales por alcances de empresa ejemplo.

Alcance	Ton CO <sub>2</sub> eq	%
Alcance 1	232.86	17.0%
Alcance 2	1,112.93	81.4%
Alcance 3	21.1	1.5%
Total	1,366.89	1.00



**Figura 4.11** Emisiones de CO<sub>2eq</sub> totales por alcances de empresa ejemplo.

### **4.3. Medidas de reducción de emisiones de GEI**

Del cálculo de la huella de carbono para la empresa ejemplo, podemos identificar impactos ambientales relacionados a la emisión de GEI. Las principales tres fuentes de emisión son las relacionadas a al uso de energía eléctrica, consumo de GLP y uso de papel en oficinas. Estas tres actividades representan el 96.2% de las emisiones totales de GEI en la empresa ejemplo, por lo cual, sobre esas actividades se proponen medidas para atenuar el impacto ambiental relacionado a las emisiones de GEI.

#### **4.3.1. Energía eléctrica**

El impacto ambiental más significativo es la emisión de CO<sub>2eq</sub> por el consumo de energía eléctrica en la empresa, por lo cual, atenuar este impacto ambiental requiere de medidas que puedan garantizar la reducción del consumo de energía eléctrica en la planta.

Una auditoría energética tipo 2 descrita por la ISO 50002, daría un diagnóstico en cuanto a los aspectos en ella descritos, se debe partir del cálculo de consumo de energía mediante el uso de equipos de medición adecuados, datos de placa y factor de uso. Esta auditoría tiene como fin la reducción anual del 4% en el consumo de energía, por ende, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la disminución de este impacto ambiental.

### **4.3.2. Consumo de GLP**

Si bien los hornos es un tipo de maquinaria que permanece funcionando todo el tiempo operativo de la planta, estos representan la segunda fuente de emisión más grande de GEI, por lo cual, este impacto ambiental debido a la quema de GLP, se puede atenuar con un programa de mantenimiento que garantice que la eficiencia de transferencia de calor del horno no baje del 70%, de esta manera, el GLP se quemaría eficientemente evitando problemas de combustión y liberación de gases con mayor potencial de calentamiento global, como el mismo GLP.

### **4.3.3. Uso de papel**

El uso de papel común para las diferentes actividades de la empresa ejemplo, representa la tercera fuente de emisión de GEI. Este es un impacto ambiental producido fuera de las instalaciones de la organización y puede disminuirse al migrar por papel reciclado o una opción ecológica para disminuir las emisiones asociadas. Con este cambio de papel, se puede reducir hasta un 50% de las emisiones de GEI asociadas al uso de papel común.

## CONCLUSIONES

- I. El desarrollo y crecimiento de la industria textil, ha llevado consigo el uso y aprovechamiento de recursos sin considerar el impacto ambiental potencial que esta industria puede ocasionar al medio ambiente, por ello, el cálculo de la Huella de Carbono al ser un indicador reconocido internacionalmente da la pauta de posibles impactos ambientales generados por diferentes actividades de esta industria. Por ello se retoma la empresa en cuestión para realizar el cálculo de la Huella de carbono a fin de reducir impactos ambientales.
- II. A través del planteamiento de límites operacionales, organizacionales y alcances aplicados a la industria de serigrafía textil en El Salvador, la metodología del Protocolo de GEI establece una guía clara para un autoanálisis del impacto de la industrial al medio ambiente, específicamente en la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- III. El cálculo de Huella de Carbono permite identificar áreas de mejoras dentro del proceso serigráfico y a la vez establecer puntos de control que no se perciben fácilmente en la cadena de producción. En ese sentido, se determinó la Huella de Carbono de la empresa ejemplo, dentro del rubro de la industria textil, emitiendo 1,366.89 toneladas de CO<sub>2eq</sub> equivalente, para 2019 como año base.
- IV. Una herramienta determinante para el logro de los tres alcances planteados es el establecimiento de un inventario de emisiones, el cual permite identificar oportunidades de reducción de impactos ambientales relacionados a las actividades de la empresa, presentando la mayor cantidad de emisiones en el consumo de energía eléctrica, consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y uso de papel para las diferentes actividades, representando estos el 96.2% de las emisiones.
- V. Sobre las actividades de mayor emisión de GEI, se proponen medidas para atenuar los impactos ambientales relacionados a las emisiones de la organización, estas medidas consisten en auditorías energéticas basadas en la ISO 50002, mantenimiento de los hornos de curado y cambio de papel común por papel reciclado, esto con el fin de la reducción de la Huella de carbono institucional y por ende los impactos ambientales asociados.

## RECOMENDACIONES

- I. Calcular la huella de carbono cada año para llevar un control adecuado de las emisiones generadas de la empresa ejemplo.
- II. Para la gestión del recurso hídrico se puede implementar un sistema de captación de agua lluvia que pueda suplir las necesidades de agua en el área de los baños.
- III. Establecer un balance hídrico para cuantificar los usos actuales de agua en las instalaciones de la empresa ejemplo que permitan identificar potenciales reúsos y/o minimización del consumo de agua
- IV. Mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales, implementando una etapa de filtración del efluente de agua residual para retener las partículas suspendidas de carbón activado, reduciendo de esta manera el DQO a la salida del tratamiento y por ende el impacto al factor ambiental agua.
- V. Para la reducción de emisiones relacionadas al uso de combustible (GLP, gasolina y diésel), se recomienda dar mantenimiento preventivo a la flota vehicular y hornos de curado para mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento.
- VI. Para la gestión de desechos especiales, implementar un programa de reducción de desechos desde el origen para disminuir la cantidad de desechos enviados a disposición final, reduciendo los envíos mensuales.
- VII. Buscar mecanismos de compensación de CO<sub>2</sub> para la actividad de viajes, tales como aportación voluntaria de una cantidad económica proporcional al CO<sub>2</sub> emitido dirigidos a proyectos de absorción o reducción de emisiones. También se puede compensar a través de recepción de créditos de carbono.
- VIII. De forma general realizar capacitaciones a colaboradores sobre uso eficiente de la energía, agua y minimización de desechos.

## BIBLIOGRAFÍA

CEPAI (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. (Santiago de Chile).

Núñez, J. (2012). *Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero*, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 112-120. Campus Querétaro. (México).

Ranganathan, J. Moorcroft, D. Koch, J. Bhatia, P. (2005). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*, Edición revisada, World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute, secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.9-54. (México).

Ayala, A. (2014). *Calculo de la Huella de Carbono en fuentes fijas y fuentes móviles, durante el proceso de una empresa concretara en El Salvador*, Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. 59-66. (El Salvador).

Parada, L. (2008). *Propuesta de gestión ambiental para la industria de serigrafía textil en el salvador* (Tesis de grado, Universidad de El Salvador) Repositorio UES. (El Salvador).

Rodríguez, D. (2014). *Propuesta de metodología para cuantificación de huella de carbono de la energía operacional en edificios existentes*, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias físicas y matemáticas. 45-58. (Santiago de Chile).

Recalde M. Páez J. Zumarraga E. Haro R. Cueva M. (2018). *La Huella de Carbono y la campaña de marketing verde*, Editorial El Conejo. 27-38. (Quito, Ecuador).

Techno Screen, (2017), *Manual de Gestión Ambiental*, San Salvador. 31-44. (El Salvador).

Carbon Trust (2008). *Code of Good Practice for claims relative to product-related life cycle greenhouse gas(GHG) emissions*. Draft. (Reino Unido).

Wiedmann, T. y Jan Minx (2011). *A Definition of 'Carbon Footprint'*. ISA Reino Unido Research Report.ISA Research & Consulting. (Reino Unido).

Vanegas, C. M. (2009). *Gestiopolis*. <https://n9.cl/hvjyf>. Consultado el 27 de octubre 2021.

Quintero, J. (2011). *Investigación documental de la contaminación del aire*. <https://n9cl/3lj-z8>. Consultado el 5 de noviembre de 2021.

MITECO. (2019). Ministerio para la transición ecológica. *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. (España)

Asociación Española para la Calidad (2019). *Calidad abierta, transformadora y líder, GHG Protocol*, <https://n9.cl/gn9u1>. Consultado el 17 de noviembre de 2021.

Green Developmente. (s/f). *Huella de Carbono, Protocolo de Medición y su importancia*, <https://n9.cl/3lje0>. Consultado el 10 de noviembre de 2021.

Cero CO<sub>2</sub> (2016). *Cálcula y compensa tus emisiones de CO2*, <https://n9.cl/rzsj0>. Consultado el 15 de noviembre de 2021.

Sabaté, (2015). *Reduciendo la Huella de Carbono*, Green Print, <https://n9.cl/7ke80>. Consultado el 30 de octubre de 2021. (Barcelona, España).

MARN. (2018). *Combustibles limpios y vehículos más eficientes en el salvador. Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros*. (El Salvador).

Eyzaguirre J., De la Cueva P. (2017) *Guía para la Integración de Consideraciones Climáticas en la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos en El Salvador*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (El Salvador)

# ANEXOS

## ANEXO A. FACTORES DE EMISIÓN

**Tabla A.1** Factores de emisión

Consumo	Factor de emisión	Unidades	Densidad	Unidades	Poder calorífico	Unidades	Fuente
Electricidad	0.6798	kg CO <sub>2</sub> /kWh					MARN 2011: Factores de emisión de la red eléctrica de El Salvador
Agua	0.083576	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>					Universidad de Córdoba, Colombia.
Diésel	0.0000741	kg CO <sub>2</sub> /kJ	3.2	kg/gal	43300	kJ/kg	Factores de emisión por defecto para fuentes de combustión estacionarias (IPPC 2006)
Gasolina	0.0000693	kg CO <sub>2</sub> /kJ	2.76	kg/gal	43950	kJ/kg	
GLP	0.0000631	kg CO <sub>2</sub> /kg	584.1	kg/m <sup>3</sup>	63100	kJ/kg	
Papel	3.230	kg CO <sub>2</sub> /kg papel					Revista Espacio: Revisión de los factores de emisión en las metodologías de huella de carbono en Colombia.
Viajes							Calculadora CERO CO <sub>2</sub>
DQO	21	kg CO <sub>2</sub> /kg CH <sub>4</sub>					IDB: Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales
	0.3	kg CH <sub>4</sub> /kg DQO					

## ANEXO B. Calculadora CERO CO<sub>2</sub>.

### Cálculo de Huella de Carbono por desplazamiento en avión

#### 1. Kilómetros recorridos

Introduzca los kilómetros recorridos en avión en su desplazamiento.

Km

Si desconoce el número de kilómetros recorridos, utilice el mapa para realizar el cálculo. Señale en el mapa el punto de inicio y de llegada o a las distintas escalas del vuelo. El mapa le calculará automáticamente el número de kilómetros recorridos en avión.

[Usar mapa](#)

#### 2. Número de pasajeros

Introduzca el número de pasajeros del desplazamiento.

Pasajeros

#### 3. Tipo de desplazamiento

Indique el tipo de desplazamiento, solo ida o ida y vuelta.

#### 4. Resultado

El resultado del desplazamiento en avión es de: **2088.00** Kg de CO<sub>2</sub> eq

### Cálculo de Huella de Carbono por desplazamiento en avión

#### 1. Kilómetros recorridos

Introduzca los kilómetros recorridos en avión en su desplazamiento.

Km

Si desconoce el número de kilómetros recorridos, utilice el mapa para realizar el cálculo. Señale en el mapa el punto de inicio y de llegada o a las distintas escalas del vuelo. El mapa le calculará automáticamente el número de kilómetros recorridos en avión.

[Usar mapa](#)

#### 2. Número de pasajeros

Introduzca el número de pasajeros del desplazamiento.

Pasajeros

#### 3. Tipo de desplazamiento

Indique el tipo de desplazamiento, solo ida o ida y vuelta.

#### 4. Resultado

El resultado del desplazamiento en avión es de: **9009.00** Kg de CO<sub>2</sub> eq

### Cálculo de Huella de Carbono por desplazamiento en avión

#### 1. Kilómetros recorridos

Introduzca los kilómetros recorridos en avión en su desplazamiento.

Km

Si desconoce el número de kilómetros recorridos, utilice el mapa para realizar el cálculo. Señale en el mapa el punto de inicio y de llegada o a las distintas escalas del vuelo. El mapa le calculará automáticamente el número de kilómetros recorridos en avión.

[Usar mapa](#)

#### 2. Número de pasajeros

Introduzca el número de pasajeros del desplazamiento.

Pasajeros

#### 3. Tipo de desplazamiento

Indique el tipo de desplazamiento, solo ida o ida y vuelta.

#### 4. Resultado

El resultado del desplazamiento en avión es de: **5945.00** Kg de CO<sub>2</sub> eq

### Cálculo de Huella de Carbono por desplazamiento en avión

#### 1. Kilómetros recorridos

Introduzca los kilómetros recorridos en avión en su desplazamiento.

Km

Si desconoce el número de kilómetros recorridos, utilice el mapa para realizar el cálculo. Señale en el mapa el punto de inicio y de llegada o a las distintas escalas del vuelo. El mapa le calculará automáticamente el número de kilómetros recorridos en avión.

[Usar mapa](#)

#### 2. Número de pasajeros

Introduzca el número de pasajeros del desplazamiento.

Pasajeros

#### 3. Tipo de desplazamiento

Indique el tipo de desplazamiento, solo ida o ida y vuelta.

#### 4. Resultado

El resultado del desplazamiento en avión es de: **2367.00** Kg de CO<sub>2</sub> eq