



Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras Región Sur, Hidalgo, México

Volumen XX No (2). Julio-Diciembre 2020. Pág. 11-28

ISSN: 0121-1048 IMPRESO ISSN: 2422-3220 EN LÍNEA

Sánchez-Trujillo, Magda Gabriela

*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Escuela Superior Tepeji del Río, Av. Del Maestro S/n. Tepeji del Río, México. magdags@uaeh.edu.mx
Autor corresponsal*

Reséndiz Vega, Marisol

*Universidad Tecnológica Tula-Tepeji Colonia el 61 Tula de Allende, México.
marisol.resendiz@utt.edu.mx*

Resumen

El cambio climático se presenta como uno de los grandes retos del siglo XXI. Ser capaces de medir sus avances, retrocesos y oportunidades es clave para poder generar estrategias efectivas en las organizaciones. La Huella de Carbono-producto y el análisis de ciclo de vida son indicadores que aportan información para optimizar procesos de fabricación y, por otro lado, contribuir a la reducción de las emisiones de GEI y a una mayor conciencia medioambiental, lo cual supone una ventaja de cara también a los consumidores. Sin embargo, el tema económico se ha priorizado al ambiental, otro punto es, el no contar con herramientas ad hoc para determinar la HC en el giro manufacturero textil en México. Los resultados de emisiones de ACV utilizando SimaPro arrojaron 16,335.64t CO₂ eq/año, lo cual contrasta con resultados calculados con la herramienta de Semarnat-México que fue de 179.01t CO₂/año, de modo que, los criterios para incluir variables difieren considerablemente, por lo que se deriva el contar con una metodología estandarizada que incluya información de la cadena de suministro, proveedor y cliente..

Palabras clave: Huella de carbono, análisis de ciclo de vida, medioambiente.

Códigos JEL: Q51, Q53, Q56

^{*} Citar: Sánchez-Trujillo, M., Reséndiz, M. (2020). Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México. *Inquietud Empresarial*, 20(2), 11-28.

Analysis of life cycle and carbon footprint in the production process jeans. Case study producing plants southern region hidalgo, México

Abstract

Climate change is presented as one of the great challenges of the 21st century. Being able to measure their progress, setbacks and opportunities is key to generating effective strategies in organizations. Carbon footprint-product and life-cycle assessment are indicators that provide information to optimize manufacturing processes and, on the other hand, contribute to reducing GHG emissions and increased environmental awareness, which is an advantage of also to consumers. However, the economic issue has been prioritized over the environment, another point is, not having ad hoc tools to determine the HC in the textile manufacturing business in Mexico. he results of ACV using SimaPro emissions was 16,335.64t CO₂ eq / year, which contrasts with results calculated with the Semarnat-Mexico tool 179.01t CO₂ / year, so that the criteria for variables differ considerably, which requires a standardized methodology that includes information supply chain, supplier and customer.

Keywords: Carbon footprint, Life-cycle assessment, environment.

JEL Classification: Q51, Q53, Q56

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global compromete el desarrollo sostenible y el bienestar de la humanidad. Los estudios científicos muestran que el planeta se enfrentará a desastres humanos y naturales irreversibles si la concentración atmosférica de CO₂ continúa por encima de 350 partes por millón (Fernández-Reyes, R. 2015, ECODES, 2016 y OMM 2018).

Aunado a lo anterior, el planeta está cada vez más poblado, y existe menos espacio para depositar los residuos en cuya superficie progresivamente se genera cada vez más daño, es necesario tomar medidas (González Ordaz y Vargas-Hernández, 2017). El modelo económico capitalista tiene una profunda y directa relación con el calentamiento global. El método de este sistema, impulsa al aumento de la producción y del consumo masivo de mercancías, por lo

tanto, la degradación del medio ambiente, el daño en los ecosistemas, la pérdida de los recursos y la generación masiva de desechos.

La Organización de Naciones Unidas (ONU) en 2015, acordó la Agenda 2030, la cual habla sobre un plan de acción a favor del Desarrollo Sostenible (Centro de Noticias de la ONU, 2015). Dicha agenda plantea 17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan los aspectos: económico, social y ambiental, dentro de las cuales se destaca en el aspecto ambiental el objetivo número 7: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Para cumplir el primer objetivo del plan 2020, de reducir las emisiones de Gases de Efectos Invernadero (GEI), la Comisión Europea ha adoptado un paquete de nuevas medidas, donde se utilicen los recursos de manera más sostenible. Las acciones propuestas contribuirán a *cerrar el círculo* de

los ciclos de vida de los productos a través de un mayor reciclado y reutilización, que se pretende aportarán beneficios tanto al medio ambiente como a la economía. Estos planes extraerán el máximo valor y uso de todas las materias primas, productos y residuos, fomentando el ahorro energético y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Europa, 2017).

Al aumentar la concentración de GEI, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta, por lo que varias organizaciones, entre ellas la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

en México (Semarnat, 2019a), han decretado un plan de acción climática con acciones al 2030 que entre otras metas busca la disminución de emisión de CO₂.

A nivel internacional, este aspecto es considerado también dentro de la ISO 14001 en el punto 7.1. Las empresas deben conocer el Análisis de Ciclo de vida (ACV) y Huella de Carbono (HC) para tomar acciones enfocadas a su disminución. Por tanto, la huella de carbono permite identificar tanto la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad, como las fuentes de emisiones de estos GEI y establecer medidas eficaces de reducción (Espíndola, C. y Valderrama, J.O. 2012).

Ante esta breve descripción, identificar las principales fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) al analizar la huella de carbono – producto, ya sea de forma

directa o indirecta², permite cuantificar el impacto sobre el cambio climático e identificar las posibilidades de reducción de contaminantes y mejor manejo de recursos desde un punto de vista medioambiental al definir objetivos de mitigación a corto, medio y largo plazo de consumo energético.

La manufactura textil en México, es uno de los sectores que más ha impactado la apertura económica y comercial ya que se mantuvo hasta 2001 como el principal proveedor de productos textiles a Estados Unidos. Actualmente China y México mantienen una fuerte competencia en este mercado Gracia-Hernández, Maximiliano. (2013). Bangladesh y China son los dos países del sudeste asiático que han liderado las listas de exportaciones de mezclilla de los Estados Unidos durante los últimos años junto con México.

El crecimiento del sector en específico los productos de mezclilla obedece a varios factores, entre los que se encuentran la calidad, y durabilidad, nivel de comodidad, bajo mantenimiento, así como la evolución del comercio electrónico que ha facilitado los canales de distribución (Cotton incorporated 2011, fashionpress24 2018) consideran que el pantalón de mezclilla, en comparación con otras prendas en México, continúa ganando espacio en el mercado, pero especialmente entre las mujeres, debido a su diversificación y comodidad.

Los datos anteriores ofrecen un contexto importante del papel de la manufactura y la industria de la mezclilla en los niveles nacional e internacional.

² Emisiones directas son liberadas *in situ* en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, emisiones originadas por el sistema de calefacción o la quema de combustibles fósiles. Las

emisiones indirectas son consecuencia de las actividades de la organización, pero se originan en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización.

El INEGI (2019), señala que el 63% de la industria textil mexicana se encuentra ubicada en la región centro y noreste del país, en los estados de Puebla, Cd. De México, estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Jalisco, Guanajuato, Nuevo León, y San Luis Potosí.

En el estado de Hidalgo, la actividad industrial está diversificada en zonas, destacando la presencia importante de Parques Industriales. El Parque Industrial Tepeji, alberga empresas de giro alimenticio, productos agrícolas, automotriz, metal-mecánica, mineras, construcción, química, química farmacéutica, textil y confección siendo estos dos últimos los más predominantes, razón por la cual resulta importante para el estado y país.

La ubicación estratégica del municipio de Tepeji del Rio, respecto a vías de comunicación autopista federal México-Querétaro, la proximidad del Circuito Mexiquense y el Arco Norte, facilitan el acceso a las principales ciudades del país, de ahí que se considere como uno de los municipios de mayor potencial para el desarrollo económico y social.

No obstante, estas actividades conllevan a un mayor impacto antropogénico³, tal es así que el citado municipio está considerado como una cuenca atmosférica crítica (Proaire, 2016-2024), en materia de contaminación atmosférica, en virtud de las emisiones de aproximadamente 455 mil toneladas de contaminantes totales anuales de acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo, (Semarnath, 2019a. Por otra parte, la falta de

infraestructura para el manejo integral y disposición final de los residuos favorece la proliferación de tiraderos a cielo abierto, generando un severo impacto social, económico, ambiental y de salud. La presencia de grandes volúmenes de aguas residuales que provienen de la ciudad de México y parte del estado de México ha generado problemas de contaminación de los acuíferos de la zona. Debido a esta situación se considera prioritaria la protección de los acuíferos.

Metodologías como la cuantificación de huella de carbono permite medir el impacto en el medio ambiente de estas actividades. El artículo tiene como objetivo calcular la huella de carbono del pantalón de mezclilla mediante la aplicación de las directrices de la norma internacional ISO, basada en un ACV, identificando las fases de actividad que generan mayores emisiones de GEI. Así mismo, pretende recomendar acciones puntuales de mitigación y compensar el daño generado al ambiente en el corto y largo plazo.

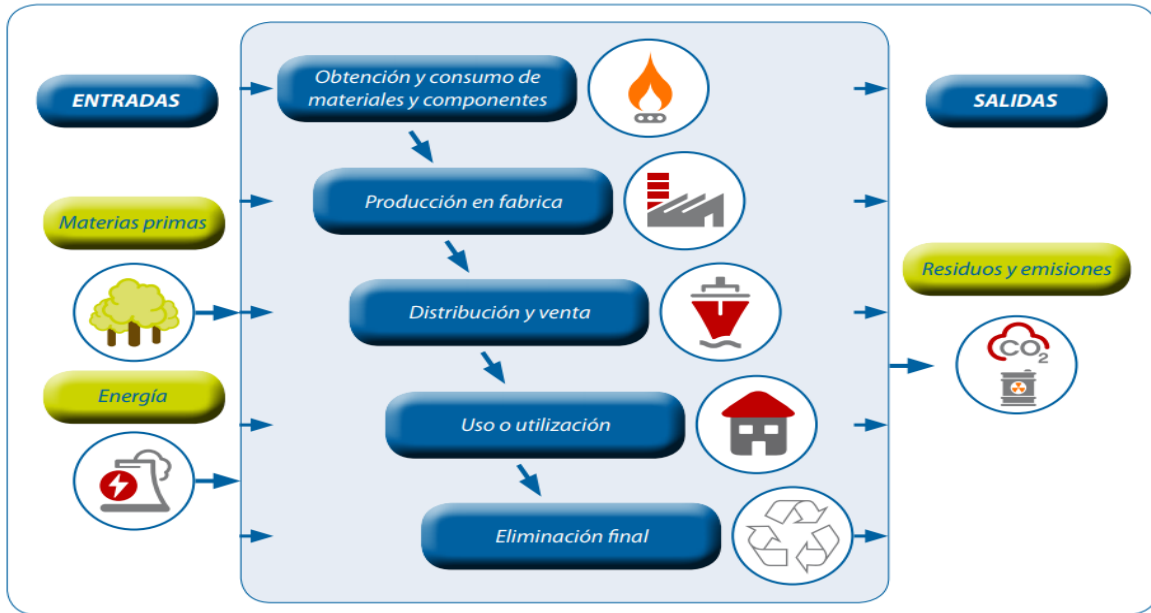
2. MARCO TEÓRICO

2.1. *Gestión del conocimiento Huella de Carbono de producto y el análisis de Ciclo de Vida*

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental que permite recopilación y evaluar las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida UNE en (ISO 14040, 2006) (figura 1).

³ Generado por la actividad humana.

FIGURA 1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.



Fuente: Gobierno Vasco 2009.

Los objetivos que se persiguen al realizar un ACV sobre un producto o proceso son diseñar productos más adecuados ambientalmente (ecodiseño), como mecanismo de evaluación de tecnologías empleadas, desarrollo de políticas ambientales o identificar estrategias para disminuir el daño al medio ambiente e incluso como marketing para mejorar la imagen de la empresa (Ihobe, 2014). Los pasos a seguir están definidos por etapas.

Etapas 1. Definición de objetivos y alcance se especifica el motivo por el cual se realiza el estudio de ACV, los más común suelen ser comparar dos productos o procesos para saber cuál es el que presenta un menor impacto ambiental, o determinar, para un producto o proceso, qué aspecto o etapa del proceso productivo es el que más afecta al medio ambiente.

El alcance también incluye el proceso de asignación de valores, según el cual se designarán las cargas ambientales para identificar que productos se encuentran fuera de los límites del estudio Haya, (2016). También en esta etapa se debe determinar la unidad funcional, donde van referidos todos los datos del sistema: consumos o emisiones.

Esta unidad puede ser física, si se refiere a una determinada característica material, o funcional, la selección de la unidad funcional es un proceso importante, sobre todo si el objetivo es la comparación entre dos sistemas (Clemente et al., 2005).

Etapas 2. Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV)

Consiste en la recogida de datos para poder cuantificar tanto las entradas como las salidas de materia y de energía del sistema a estudiar. Es importante tener cuidado en el

levantamiento de información para tener resultados fiables. Para esta etapa, cada uno de los procesos es considerado como un subsistema, y para cada uno de ellos se debe determinar las materias primas empleadas, los productos auxiliares necesarios, la energía utilizada y las emisiones.

Etapa 3. Evaluación de impactos de ciclo de vida (EICV)

Aquí se interpreta y evalúan los impactos ambientales con la información obtenida en la etapa anterior, asociando los datos del inventario a las categorías ambientales pertinentes (Clemente et al., 2005). Con base en la norma UNE en ISO 14042:2001, esta etapa se subdivide en los siguientes procesos:

Clasificación. Agrupar las diferentes intervenciones ambientales según las categorías de impacto ambiental a las que afectan.

Caracterización. Evalúa el efecto total del sistema sobre cada una de las categorías de impacto ambiental. Estas dos etapas son de obligado cumplimiento durante la realización de un ACV, mientras que las dos siguientes son opcionales según el objetivo del estudio a realizar:

Normalización. Relaciona los resultados obtenidos en la etapa de caracterización con respecto de ciertos valores de referencia, lo que permite observar su importancia con respecto de otras categorías de impacto.

Valoración. Permite establecer un valor relativo de cada categoría de impacto ambiental para poder compararlas entre sí y así poder priorizar cuáles serían las acciones más importantes para reducir el impacto ambiental. La evaluación de impactos es, por tanto, imprescindible dado que los resultados obtenidos directamente de la etapa anterior

resultan difíciles de interpretar sin la realización de esta evaluación de impactos. Por todo eso, se hace necesario estudiar todas estas contribuciones de manera conjunta según unos determinados parámetros conocidos, reduciendo así el número de variables que influyen como impacto ambiental.

Etapa 4. Interpretación y revisión de los resultados

La información obtenida en las etapas anteriores se combina para interpretar los resultados. De esta manera, es posible determinar qué aspecto del ciclo de vida del proceso o producto genera mayor impacto ambiental, (Clemente et al., 2005).

2.2. *Normativa del ACV*

La normativa que rige el funcionamiento de los estudios de ACV viene marcada por las directrices de la ISO (International Organization for Standardization). **ISO 14040 (2006):** Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Principios y Estructura. Indica las aplicaciones y limitaciones que presentan los estudios de ACV.

ISO 14040 (2006): Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Requerimientos y Directrices. Indica los mecanismos de actuación para la realización del inventario, estudios de evaluación de impacto e interpretación de resultados en los estudios de ACV. Por su parte la Huella de carbono, es la suma de emisiones de gases de efecto invernadero y remociones en un sistema producto expresadas como CO₂ equivalente con base en un análisis de ciclo de vida utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático (UNE-CEN ISO/TS 14067:2015) (Figura 2).

FIGURA 2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.

Huella de Carbono

Categoría de Impacto Ambiental	Unidad de referencia	Impacto de caracterización
Calentamiento global	Kg.Eq CO ₂	Potencia de calentamiento global
Consumo de recursos energéticos	Mj	Cantidad consumida
Reducción de la capa de Ozono	Kg. Eq. CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de Ozono (PAO)
Eutrofización	Kg. Eq. de NO ₃	Potencial de Eutrofización
Acidificación	Kg. Eq. SO ₂	Potencial de Acidificación
Consumo de materias primas	Tm	Cantidad consumida
Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg. Eq. C ₂ H ₄	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)

ACV

Fuente: Concepto Huella de Carbono. Gobierno Vasco 2009

En el Protocolo de Kioto ⁴1997, se consideran gases de efecto invernadero los siguientes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de nitrógeno (N₂O), compuestos halocarbonados, hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃) (Pachauri y Reisinger, 2007). Dado que el CO₂ es, de todos los gases de efecto invernadero anteriormente citados, el que se emite a la atmósfera en mayor proporción, es el que se usa como referencia para la medición de la huella de carbono.

Al aplicar la huella de carbono producto de una organización y a sus fuentes emisoras, se requiere determinar el alcance de las emisiones, los cuales agrupan las fuentes emisoras de GEI que puede generar una organización. Se distinguen 3 alcances: alcance 1 considera emisiones vía combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controladas por la empresa. Incluye fugas (*por ejemplo, fugas de aire*

acondicionado, fugas de CH₄ de conductos), alcance 2 son emisiones indirectas de GEI debidas a electricidad consumida por la empresa, alcance 3 incluye el resto de emisiones indirectas de GEI como pueden ser, extracción y producción de los materiales y combustibles consumidos, uso de productos vendidos, etc. (Figura 3)

Así, para realizar el cálculo de Huella de Carbono, la SEMARNAT (2020), dispone de una calculadora que emplea la información aportada por el *Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard*⁵ (*GHG Protocol*) realizado por el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible. Estas metodologías, al igual que sucede en el caso de los estudios de ACV, vienen regidas por una serie de normativas aplicables a nivel internacional. El *GHG Protocol* es una de las técnicas más empleadas a nivel internacional.

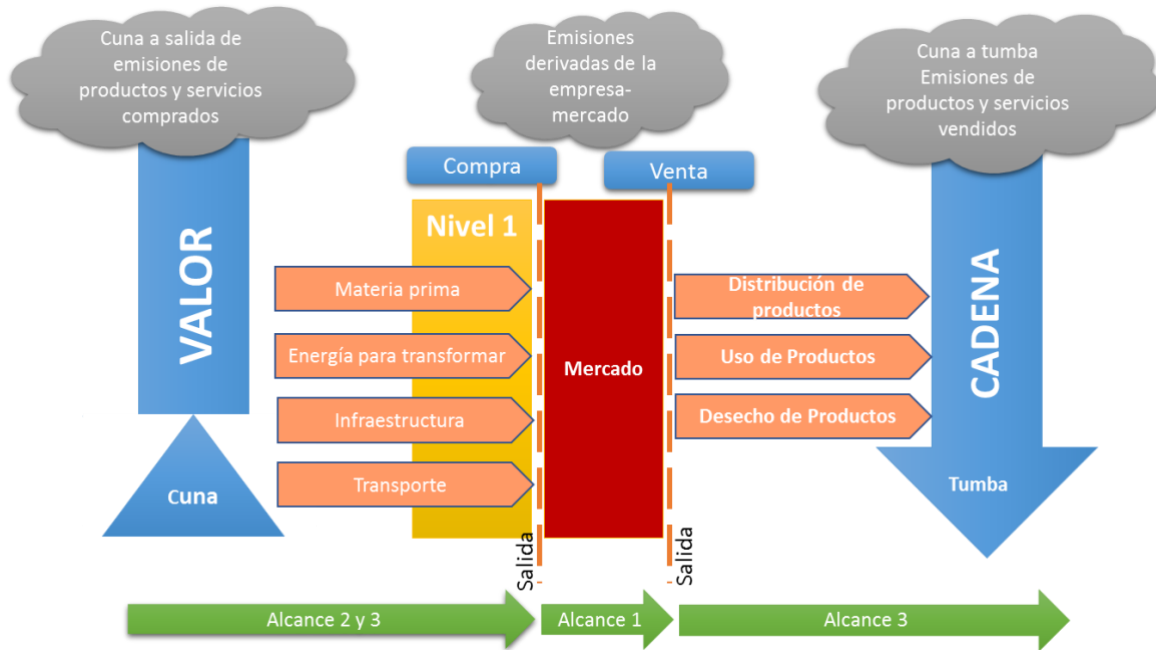
⁴ Son reglas de formalidad establecidas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo

reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.

⁵ Término que significa. Norma corporativa del protocolo de gases de efecto invernadero

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

FIGURA 3. ALCANCES HUELLA DE CARBONO.



Fuente: Elaboración propia. Alcances de huella de carbono. Adaptado de Greenhouse gas protocol (GHG) 2010.

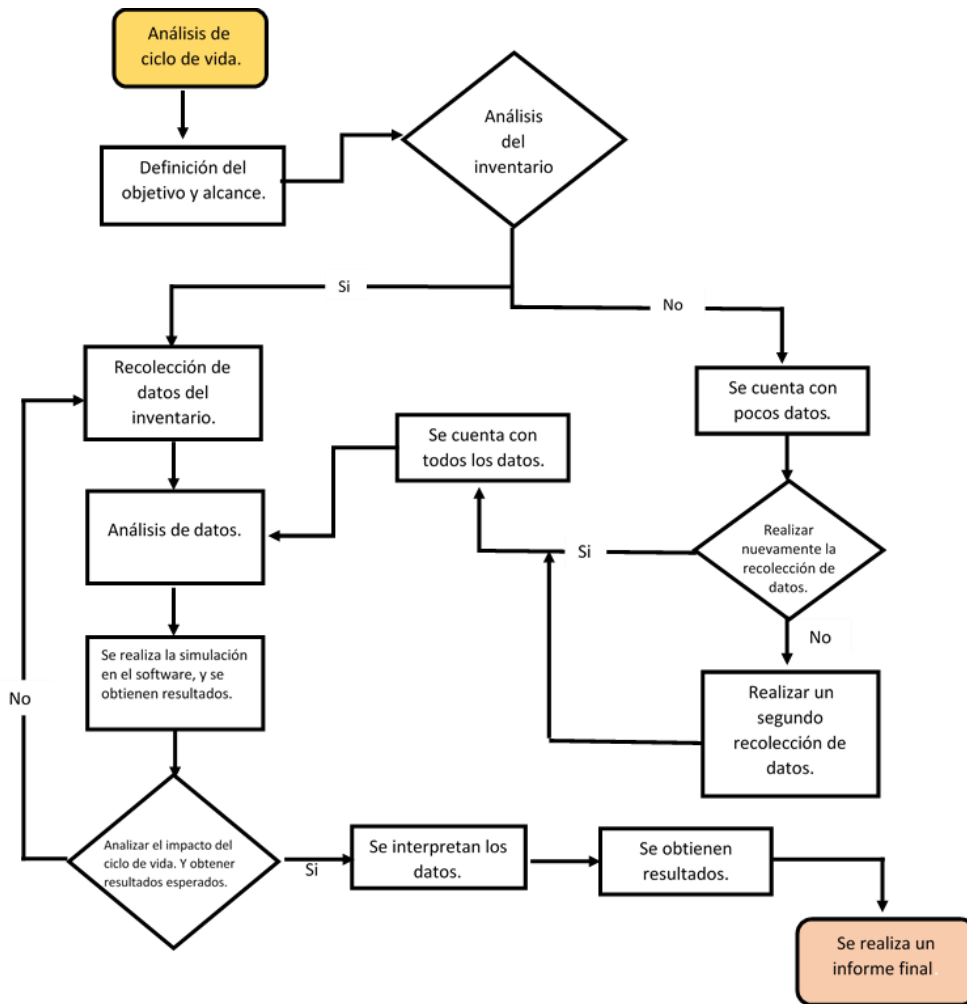
3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el artículo es la propuesta por ACV e incorpora el método ReCiPe (2009), que consta de la definición de alcances y objetivos, obtención y análisis del inventario, mediante el software SimaPro que es una herramienta de gestión ambiental que sirve para analizar ACV mediante el uso de bases de datos (Althaus, et al., 2007 y Ecoinvent, 2011), de inventario de la empresa y evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto proceso o actividad. Por lo tanto, se propone medir el impacto de la huella de carbono (emisiones de CO₂) que provienen de la elaboración de pantalones de mezclilla (figura 4).

Para el análisis de la huella de carbono se empleó la metodología Greenhouse Gas Protocol V1.01 del software SimaPRO, a partir de los datos de inventario. Este método permite obtener el CO₂ eq. (Iribarren et al., 2015). Para la evaluación, las emisiones calculadas en la fase de ACV se transforman en unidades propias de categoría de impacto (masa de CO₂ equivalente-CO₂ eq.) a través de los factores de caracterización.

En este caso, como metodología de evaluación de impactos se emplea Fifth Assessment Report (IPCC 2013), también integrado en la herramienta informática SimaPRO, misma que obtiene el potencial de calentamiento global (GWP, en su acrónimo en inglés) de cada uno de los GEI a 100 años.

FIGURA 4. METODOLOGÍA



Fuente: Elaboración propia.

3.1. Desarrollo: Delimitación de Alcances y Objetivos

→ Producto en estudio: Pantalón de mezclilla

→ Unidad funcional = 32,000 piezas a la semana.

Dentro del sistema se consideran los siguientes procesos (subsistemas) producción y obtención de la fibra de algodón, fabricación de la tela de

mezclilla, confección y bordado, embalaje, uso y final de vida útil. (Figura 5).

Objetivo que se persigue

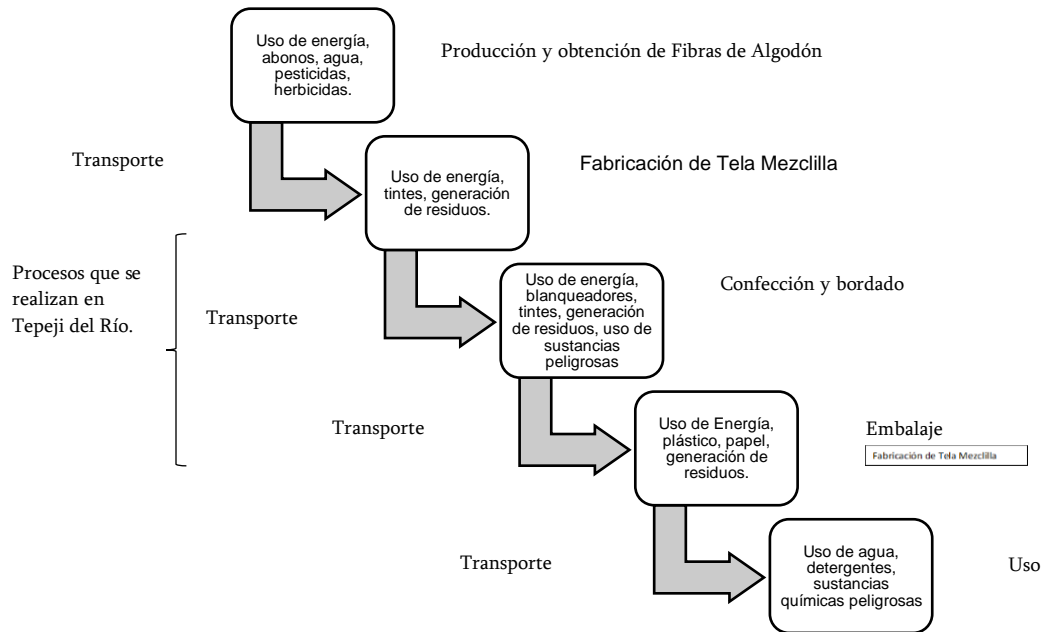
→ Determinar la Huella de Carbono de alcance 2 (Alcance Mixto), que se genera en el proceso de elaboración de pantalones de mezclilla para proponer medidas de mitigación orientadas a los objetivos ODS.

Obtención y Análisis del Inventario

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

- El proceso de recabar datos se realizó por cada una de las etapas del ciclo de vida del producto, con base en los registros de las empresas y entrevistas con los directivos, responsables de las-

FIGURA 5. DESCRIPCIÓN DEL ACV DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA Y CICLO DE ELABORACIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

áreas y personal operativo, así como con el asesor ambiental de la empresa.

- Obtención del Algodón. Las empresas reconocieron que se obtiene de países como la India; por lo que se realizaron estimaciones del consumo/gasto.
- Elaboración y teñido de la mezclilla. Procesos que se llevan a cabo en Estados Unidos. por lo que gran parte de datos son estimados de acuerdo con procesos estandarizados e información en archivos de la empresa.
- Confección y Bordado. Son procesos que se realizan en Tepeji, que se pudieron observar físicamente e interactuar con personal de manufactura. Se elaboraron inventarios de entrada y salida (Ver Anexos 1, 2 y 3).

- Distribución. Proceso que inicia en Estados Unidos, ya que toda la producción se traslada en tráileres.
- Uso y disposición final. En este punto, se aplicaron 100 cuestionarios en Tepeji del Río Hidalgo para contar con la información requerida por el software (Anexo 4), Se calculó la muestra (Anexo 5) y finalmente se graficaron los resultados (Anexo 6),

Para realizar el análisis del inventario de entrada, lo primero fue estandarizar la información de los materiales tomando como unidad de medida un kilogramo (kg) de material y el mismo sistema de unidades para homogeneizar los datos del proceso, generar el inventario y posteriormente alimentar y evaluar los resultados obtenidos en el software.

4. RESULTADOS: MEDICIÓN HUELLA DE CARBONO

A continuación se presentan los procesos con mayor emisión de CO₂ que genera la producción de pantalones de mezclilla, según los componentes mencionados en el apartado metodológico en términos de consumo eléctrico, combustibles fósiles, agua, transporte.

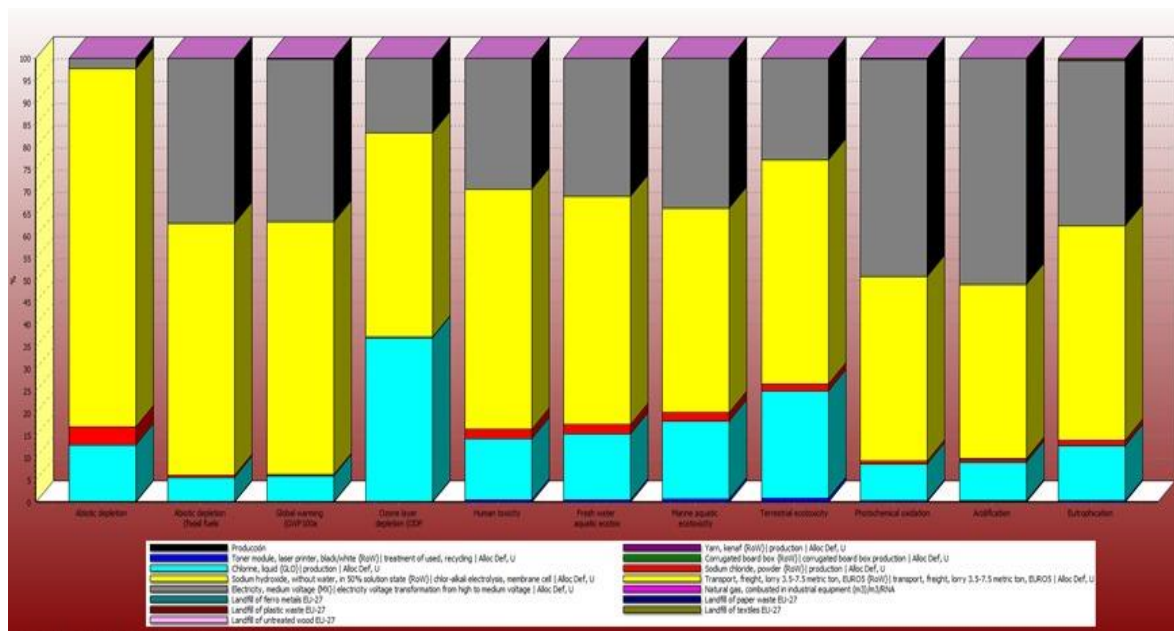
Los resultados indican que en el proceso de confección y bordado las actividades que más impacto ambiental generan son: transporte, consumo de electricidad y uso de cloro, los cuales corresponden con los GEI que aportan al calentamiento global a través de la HC (Ver tabla 1 y figura 6).

TABLA 1. PROCESOS QUE GENERAN MAYOR IMPACTO DURANTE LA CONFECCIÓN Y BORDADO DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA, IDENTIFICADOS EN EL ACV

Color	Amarillo	Gris	Azul
Proceso	Transporte	Electricidad	Cloro
Impacto	Calentamiento Global	Calentamiento Global	Calentamiento global Agotamiento de capa de Ozono

Fuente: Elaboración propia. Resultados calculados en Simapro

FIGURA 6. IMPACTOS IDENTIFICADOS EN EL ACV DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA.



Fuente: Elaboración propia. Resultados calculados en Simapro


Huella de Carbono método Greenhouse Gas Protocol V1.0, HC Alcance 2 (Mixto). En la tabla 2, se presenta la generación de HC por cada una de las etapas del ACV, producción y

obtención del algodón, fabricación de la mezclilla, confección y bordado son las que tienen una HC más alta (Ver tabla 2).

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

- Tabla 2 áreas y personal operativo, así como con el asesor ambiental de la empresa.
- Obtención del Algodón. Las empresas reconocieron que se obtiene de países como la India; por lo que se realizaron estimaciones del consumo/gasto.

TABLA 2. ALCANCE Y ETAPAS DEL ACV, PAÍS EN EL QUE SE REALIZA Y HC EN KGCO2 EQ POR ETAPA

Etapa del ACV	Producción y obtención de la fibra de algodón	Fabricación de la Tela de Mezclilla	Confección y Bordado	Distribución	Uso	Disposición final
País en donde se realiza.	India y otros	Estados Unidos E. U.	Tepeji del Río	E.U.- Tepeji del Río	Diversos	Diversos
Tonelada CO2 eq/año	9075.35t CO_{2eq}/año 20%	7714.05t CO_{2eq}/año 17%	16,335.64t CO_{2eq}/año 36%	4991.44t CO _{2eq} /año 11%	4991.44t CO_{2eq}/año 11%	2268.83t CO_{2eq}/año 5%
Tipo de HC	Indirecto	Indirecto	Directo	Directo/Indirecto	Indirecto	Indirecto
Alcance del ACV	Cuna					Tumba

Fuente: Elaboración propia. Con registros proporcionados por la empresa

HC del pantalón de Mezclilla, calculado con metodología ACV. Los procesos, durante el ciclo de vida del pantalón de mezclilla generaron un total de 340.32653 kilogramos de desechos de CO₂ eq. a la semana. Al tomar en cuenta la producción anual en la etapa de confección y bordado (producción), se producirían 16,335.648 toneladas CO₂/año.

5. CONCLUSIONES

En México la Ley de Cambio climático establece a las empresas como límite 25000 toneladas de CO₂ eq. como máximo para estar obligado a presentar un plan de acción.

Tomando como referencia la técnica de calculadora de huella de carbono (Anexo 7) proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2020), a través del Registro Nacional de Emisiones (RENE), basada en el Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol) en donde para el caso del sector manufacturero textil sólo considera las emisiones indirectas (transporte y consumo

energético), se obtiene una HC de **179.01 t CO₂/año**, dato que no obliga a las empresas a establecer medidas de mitigación de HC y por tanto al medio ambiente porque están dentro del límite permitido en México.

Sin embargo, durante este estudio se identificó que el uso de cloro en el proceso y la generación de residuos es lo que más incide en la generación de HC, debido a los procesos que por tendencia de moda de los jeans prelavados utilizan técnicas más agresivas para acelerar el envejecimiento de las prendas y darle una apariencia aún más desgastada.

El cálculo de la huella de carbono-producto constituye una doble oportunidad, por un lado, se constituye como una herramienta de la organización para reducir los costos y, por otro lado, contribuye a la reducción de las emisiones de GEI y a una mayor conciencia medioambiental, lo cual supone una ventaja de cara también a los consumidores.

La empresa que calcula su huella de carbono-producto, además de coadyuvar a la mitigación del cambio climático y objetivos ODS, ofrece otras ventajas: formar parte de esquemas voluntarios nacionales (registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono), regionales o privados, mejorar la imagen corporativa y el posicionamiento de la empresa, por el hecho de realizar acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones, así como identificar nuevas oportunidades de negocio, atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el cambio climático y el medio ambiente.

Derivado de los hallazgos, es necesario contar con una metodología estandarizada que incluya entre otras, información sobre la cadena de suministro, proveedor y cliente. El reto de las empresas es mejorar la eficiencia en el uso de los recursos para mantener y minimizar las emisiones que actualmente genera de forma significativa.

5.1. Recomendaciones

Es difícil gestionar y mejorar una actividad si no se dispone de una medición comparable y objetiva que la defina. Como ya se ha comentado anteriormente, con el cálculo de la huella de carbono se identifican todas las fuentes de emisión de GEI y por tanto, por lo que se sugiere la elaboración de un plan de mitigación para iniciar acciones de forma más precisa para reducir el consumo de materiales y medidas de eficiencia energética.

Las medidas a implantar reúnen características particulares las empresas estudiadas relacionadas con los resultados obtenidos. Por lo tanto, estas opciones no abarcan la totalidad de las soluciones posibles. Las recomendaciones son elaboradas en base

a Oficina Española de Cambio Climático (OECC) 2016.

Medidas generales:

- Mantenimiento a las instalaciones
- Incorporación de buenas prácticas entre los empleados (encendido y apagado de equipos, focos vestimenta adecuada a la temperatura, etc.).

Electricidad:

- Instalación de sistemas de cogeneración
- Instalación de paneles solares fotovoltaicos.

Iluminación

- Aprovechamiento de la luz natural mediante sensores de luz
- Sustitución lámparas de bajo consumo
- Instalación de detectores de presencia en zonas de uso esporádico
- Iluminación con lámparas LED
- Limpieza regular de ventanas y lámparas.

Transporte

- Fomento de forma de transporte más respetuosos con el Medio ambiente:
- Gestión de rutas
- Transporte público y/o bicicleta
- Uso de vehículos menos contaminantes
- Realizar revisiones periódicas de vehículos
- Cambio de neumáticos y comprobación regular del estado de estos.
- Utilizar en neumáticos nitrógeno
- Evitar cargas innecesarias en el vehículo

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

6. REFERENCIAS

- Clemente, A. R., Anazawa, T. A., & Durrant, L. R. (2005). Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by soil fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32(4), 255-261. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822001000400001>
- Clemente, G., Sanjuán, N. & Vivancos J.L. (2005) "Análisis del Ciclo de Vida: Aspectos Metodológicos y Casos Prácticos". Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- Fundación Ecología y Desarrollo - ECODES. (2016). Sistema de Gestión Sostenible. Una Herramienta para la Promoción de la Responsabilidad Social de las Empresas. ECODES. Recuperado de http://ecodes.org/documentos/Manual_Basico_SGS_11.2006.pdf
- Cotton Incorporated (2011). Denim Jeans: State of the U.S. Market, *Supply Chain Insights*, julio <http://www.cottoninc.com/corporate/Market-Data/SupplyChainInsights/Denim-Jeans-State-of-the-U.S.-Market-07-11/Denim-Jeans-US-Market-07-11.pdf> > [20 de febrero de 2014].
- Espíndola, C. & Valderrama, J.O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- European Union. (2017). *Life-cycle in practice. Life and Circular Economy*, 22. https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_es
- Althaus, H. J., Chudacoff, M., Hischier, R., Jungbluth, N., Osses, M., Osses, M., & Primas, A. (2007). Life Cycle Inventories of Chemicals. *Ecoinvent Report*, 8(2).
- Ecoinvent (2011). Swiss Centre of Life Cycle Inventories 2011. Recuperado de <http://www.ecoinvent.org/database/>.
- Ecoinvent (2011). Swiss Centre of Life Cycle Inventories 2011. <http://www.ecoinvent.org/database/>.
- Gracia-Hernández, M. (2013). Competencia entre México y China en el interior del mercado de Estados Unidos. *Economía, sociedad y territorio*, 13(41), 37-78.
- Fashionpress24 (Noviembre-2018), World Denim industry & market share, comparison. Recuperado de <http://www.fashionpress24.com/world-denim-industry-market-share-comparison/>
- Fernández-Reyes, R. (2015). La comunicación de la huella de carbono como herramienta ante el cambio climático. *Razón y Palabra*, 19(89).
- González Ordaz, G. I., y Vargas-Hernández, J. G. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Economía Coyuntural*, 2, 105.
- Haya, L. E. (2016). Análisis de Ciclo de Vida. Recuperado de [http://C:/Users/Rossa/Downloads/teoria_acv_migma1%20\(2\).pdf](http://C:/Users/Rossa/Downloads/teoria_acv_migma1%20(2).pdf)
- Ihobe. (2014). Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Metodología y aplicación práctica (principios generales). Programa de Formación de 2014. Gobierno Vasco.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2019). Sistema de Cuentas Nacionales de México Fuentes y metodologías. Año base 2013. México. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/pibact/2013/metodologias/METODOLOGIA_CBYSB2013.pdf
- IPCC, (2013). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Eds.)]. *IPCC. Geneva. Switzerland. 104 pp.* <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>
- Iribarren, D., Peters, J.F., Susmozas, A., Cruz, P.L. y Dufour, J. (2015). "The Carbon Footprint Handbook". Capítulo 5: "Carbon Footprints and Greenhouse Gas Emission Savings of Alternative Synthetic Biofuels" (pp. 101-124).
- ISO 14040 (2006). Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. International Organization for Standardization. Julio 2006 [en línea] <https://www.iso.org/standard/37456.html> 02/08/2016
- Ley General de Cambio Climático (2018). Diario Oficial de la Federación DOF. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5251112&fecha=06/06/2012.
- Oficina Española de Cambio Climático (OECC). (2016). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Guía para el cálculo de Huella de Carbono*. Madrid.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20\(2013-NOW\)/sp/isofocus_113.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20(2013-NOW)/sp/isofocus_113.pdf).
- Organización Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2018). Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2007). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. México. Archivado desde el original el 22 de noviembre de 2015. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2019a). Recolectan trabajadores de Semarnat 160 toneladas de residuos durante jornada de limpieza. [Comunicado de prensa].

<https://www.gob.mx/semarnat/prensa/recolecta-semarnat-106-toneladas-de-residuos-durantes-jornada-de-limpieza>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2019b). *Visión Nacional Hacia una gestión Sustentable*. Boletín. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2020). *Registro Nacional de Emisiones para el reporte de emisiones de compuestos y gases de efecto*

invernadero. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2016). *Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Hidalgo 2016-2024 (PROAIRE)*, México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249576/ProAire_Hidalgo.pdf

Recipe Methodology (2009). *ReCiPe Mid/Endpoint method, version November*. <http://lca-recipe.net>.

Velasco Santos, Paola. (2017). *Deshilando etnográficamente la mezclilla: materialidad y entramados socio ambientales paradójicos*. *Alteridades*, 27(54), 95-106.

ANEXOS

ANEXO 1. ENTRADAS Y SALIDAS EN LA PRODUCCIÓN DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2. INVENTARIO COMPLETO PROCESO CONFECCIÓN Y BORDADO (ELABORACIÓN PROPIA).

32000	pantalones		
Entradas	Cantidad	Unidad	<5%
Papel plotter	42.00	kg	SI
Tinta	0.02160	kg	SI
Mezclilla	18,432.00	kg	NO APLICA
Manta	3,511.2960	kg	NO APLICA
Hilo	0.7620	kg	SI
Talco	1.00	kg	SI
Avíos	0.2880	kg	SI
Cartón	4.80	kg	SI
Plástico	0.3250	kg	SI
Lija	0.0240	kg	SI
Aerosol	5.6320	kg	SI

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

Agua de extracción	2,650.00	m3	NO APLICA
Energía	32,500.00	Kw	NO APLICA
Cloro	2,500.00	kg	NO APLICA
Sal	1,000.00	kg	SI
Suavizante	1,200.00	kg	SI
Sosa	3.00	kg	SI
Polímero	50.00	kg	SI
Amina neutralizante	17.00	kg	SI
Gas natural	14,384.46	m3	NO APLICA

Salidas

Agua de descarga	2,400.00	m3
Aceite	1.625	kg

TOTAL	26,768.149	kg
-------	------------	----

Regla de corte del 5% de las entradas 26,768.149 100% 1,338.407

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3. INVENTARIO CONFECCIÓN Y BORDADO. INSUMOS EN ORDEN DE PROCESO (ELABORACIÓN PROPIA).

32000 pantalones = 18432 kg

Entradas	Cantidad	Unidad	
Papel plotter	525.00	m	
Tinta	20.00	ml	
Mezclilla	38,400.00	m	
Manta	17,556.48	m	
Hilo	3,291,840.00	m	
Talco	1,000.00	gr	
Avíos	288.00	gr	
Cartón	4,800.00	pzas	
Plástico	325.00	gr	
Lija	24.00	gr	
Aerosol	5,632.00	gr	
Agua de extracción	2,650.00	m3	kg *
Energía	32,500.00	Kw	
Gas natural	14,384.46	m3	

Lavado

Cloro	2.50	ton
Sal	1.00	ton
Suavizante	1.20	ton
Sosa	3.00	kg
Polímero	50.00	kg
Amina neutralizante	17.00	kg

En la planta de tratamiento


Coagulante	3,100.00	kg
Floculante	48.00	kg

Salidas

Agua de descarga	2,400.00	m3
Aceites	1.63	kg

Transporte

ANEXO 4. CUESTIONARIO APLICADO PARA OBTENER DATOS DE LA ETAPA DEL CICLO DE VIDA “USO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA”



Encuestas

Código de edad: _____

Código de edad:

JV de 15 a 17 años

AS de 18 a 24 años

AD de 25 a 65 años

La presente encuesta tiene fines académicos, dichos datos serán utilizados en el proyecto “Estimación de huella de carbono del pantalón de mezclilla, mediante un análisis de Ciclo de Vida (ACV)”.

Elija la respuesta que más se aproxime a su caso.

- 1.- ¿Cuántas veces al mes lava su pantalón de mezclilla?
a) 1 a 5 b) 6 a 10 c) +10 d) no lo lavo
- 2.- ¿Cuántas veces utilizas su pantalón de mezclilla antes de lavarlo?
a) 1 a 5 b) 6 a 10 c) 11 a 15 d) +15
- 3.- ¿Qué detergente utiliza para lavar su ropa?
a) En polvo b) En pasta c) En líquido d) Solo uso agua
- 4.- Para lavar su pantalón de mezclilla, ¿Qué método utiliza?
a) Es lavado a mano b) Es lavado en lavadora c) Lo mando a la tintorería/lavandería
- 5.- ¿Cuánto tiempo le lleva lavar su pantalón de mezclilla?
a) 5 a 10 min b) 11 a 15 min c) 16 a 20 min d) +20 min
- 6.- ¿Cuántos litros de agua utiliza para lavar su pantalón?
a) 1 a 5 lts b) 6 a 10 lts c) 11 a 15 lts d) +15 lts
- 7.- ¿Qué hace con el agua utilizada en el lavado de su prenda?
a) Lavo otras prendas o cosas b) Riego con ella plantas o árboles c) Se va por el drenaje o desagüe
- 8.- ¿Qué hace con su prenda cuando acaba su fin de vida?
a) La dono o vendo b) La reutilizo c) Se va a la basura

ANEXO 5. TABLA CONCENTRADORA DE LA MUESTRA A QUIENES SE LES APLICÓ EL CUESTIONARIO USO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL PANTALÓN DE MEZCLILLA.

	F	M	Total
JV	14	15	29
AS	17	14	31
AD	30	10	40
		Total	100

ANEXO 7. CALCULADORA DE HUELLA DE CARBONO, PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones

Tus emisiones anuales son: 179.01 tCO₂e/año

Versión 7.0
Mar. 2019

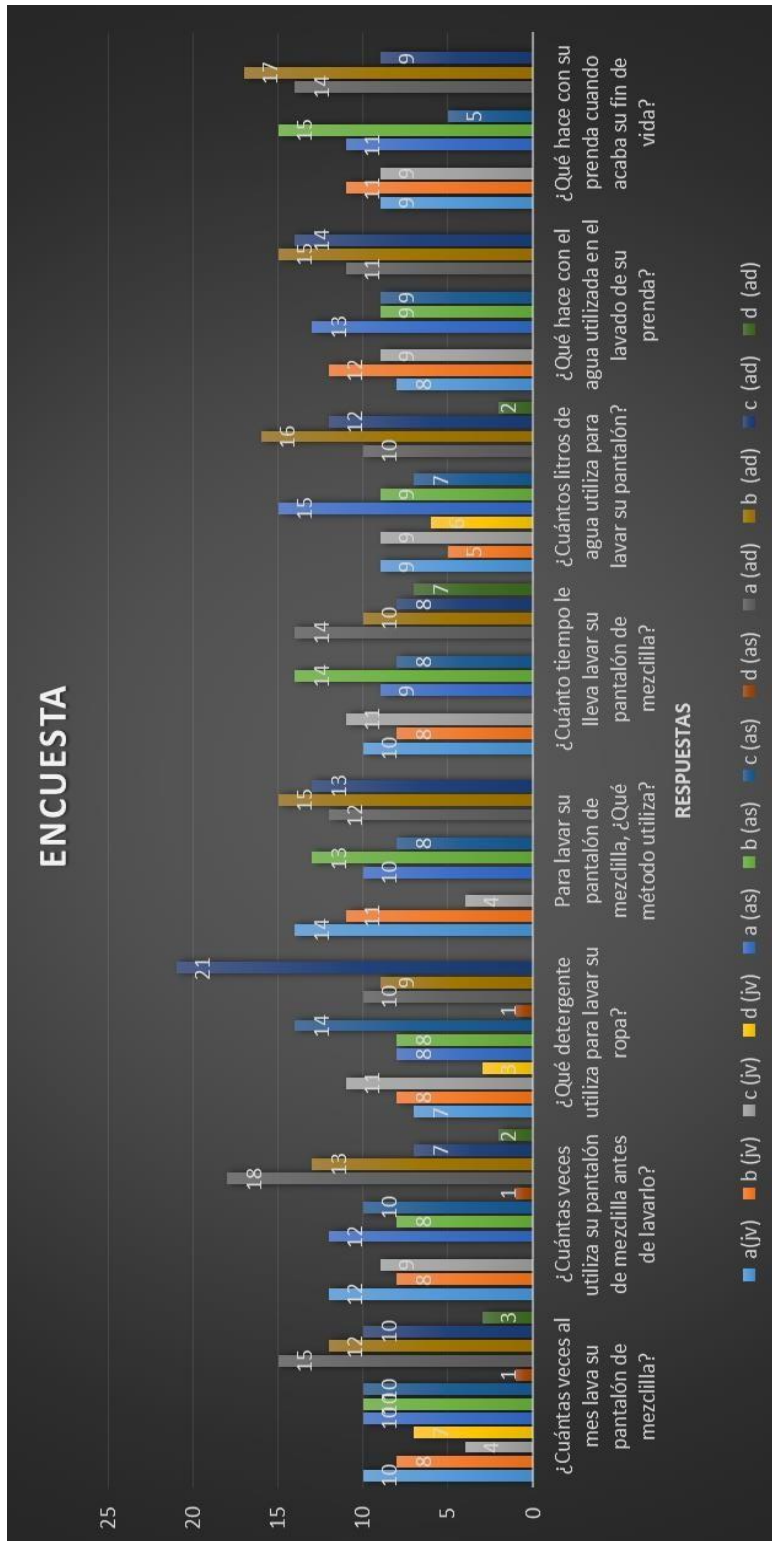
NOTA: El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujtos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad
2.- Ingresar el dato de actividad en las unidades
REINICIAR

Sector	Subsector	Actividad	Fuente de Emisión	Instrucciones	Dato de Actividad	Unidad	Emisiones GEI [tCO ₂ e]	Emisiones CO ₂ [tCO ₂]	Emisiones CH ₄ [tCH ₄]	Emisiones N ₂ O [tN ₂ O]
Industrial	Industria_Teñil	Confección_de_prendas_de_vestir	Únicamente reporta consumo energético - Energía y Transporte	No ingresar información emitida al sector "Energía y Transporte"		NA	-	-	-	-
Energía	Energía_eléctrica	Consumo_energía_eléctrica	Consumo energético eléctrico	ingresar o seleccionar	30.32	MWh	47.31	-	-	-
Transporte	Transporte_Terrestre	Camiones_Tractocamiones	Diesel_D	ingresar o seleccionar	45,883	l	131.09	129.10	0.01	0.01

Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras región sur, Hidalgo, México

ANEXO 6. RESULTADOS DE ENCUESTA DISPOSICIÓN FINAL PANTALÓN DE MEZCLILLA.



Fuente. Elaboración propia. Datos de encuesta.